

姜的研究现状及关键问题的 CiteSpace 知识图谱可视化分析

谢福玉¹, 吴孟霞¹, 高子希¹, 黄友², 杨莎莎³, 王越¹, 周航¹, 张月¹, 廖婉^{1*}, 胡慧玲¹, 张臻^{1*}

1. 成都中医药大学药学院 西南特色中药资源国家重点实验室, 四川 成都 611137

2. 西南交通大学生命科学与工程学院, 四川 成都 610031

3. 中国中医科学院中药资源中心 道地药材品质保障与资源持续利用全国重点实验室, 北京 100700

摘要: **目的** 通过文献计量学软件 CiteSpace 对姜的研究现状及热点进行可视化分析, 为姜的相关研究提供参考。 **方法** 系统检索中国知网、Web of Science 数据库中关于姜的中英文文献, 时间限定为 2004 年 1 月 1 日—2024 年 9 月 1 日, 将检索结果导入 CiteSpace 6.4.R1 进行发文量、作者、研究机构、关键词分析。 **结果** 最终纳入分析的中英文文献分别为 855、4 082 篇。发文量分析表明, 姜的英文发文量远超中文, 且呈上升趋势; 作者共现网络分析表明, 姜的中英文文献作者之间均形成了多个相对稳定的合作团队; 研究机构共现网络分析表明, 与中文文献研究机构相比, 英文文献研究机构之间的合作网络更加庞大; 关键词分析表明, 姜的中英文文献研究重点不同, 中文文献研究多在中医药理论指导下开展, 整体更具传统中医药特色; 英文文献研究则多立足现代生物学视角开展机制研究。 **结论** 姜的研究目前处于持续深化、稳步上升的发展态势, 姜及其活性成分的药理作用与机制研究、干姜经典配伍的内在机制揭示、姜纳米囊泡的创新药物研发等是当下的主流研究内容, 干姜“温中助阳”现代生物机制阐释、姜活性成分防治神经退行性疾病潜力挖掘等或将成为姜的未来研究趋势。

关键词: 姜; 生姜; 干姜; CiteSpace; 文献计量学; 姜纳米囊泡; 神经退行性疾病

中图分类号: G350; R282.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2025)16-5925-13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.16.020

Visual analysis of CiteSpace knowledge graph of research status and key issues on *Zingiber officinale*

XIE Fuyu¹, WU Mengxia¹, GAO Zixi¹, HUANG You², YANG Shasha³, WANG Yue¹, ZHOU Hang¹, ZHANG Yue¹, LIAO Wan¹, HU Huiling¹, ZHANG Zhen¹

1. State Key Laboratory of Southwestern Chinese Medicine Resources, School of Pharmacy, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, China

2. School of Life Science and Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

3. State Key Laboratory for Quality Ensurance and Sustainable Use of Dao-di Herbs, National Resource Center for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

Abstract: Objective To visualise and analyse the research status and hotspots of Jiang (*Zingiber officinale*) by using the bibliometric software CiteSpace, and provide reference for the related research of *Z. officinale*. **Methods** The system searched the Chinese and

收稿日期: 2025-04-21

基金项目: 四川省自然科学基金面上项目 (2024NSFSC0712); 四川省卫生健康委员会科技项目青年苗圃项目 (24QNMP011); 四川省中医药管理局中医药科研专项 (2023MS600); 中国国家留学基金委项目 (202308510149); 成都中医药大学药学院/现代中药产业学院青年教师专项 (2024JCRC04); 成都中医药大学杏林学者青基人才专项 (QJRC20202027)

作者简介: 谢福玉, 女, 硕士研究生, 研究方向为中药新制剂和新剂型研究。E-mail: 13870961975@163.com

***通信作者:** 张臻, 女, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为中药制剂新技术新剂型、中药复方功效与作用机制。

E-mail: zhangzhendr@126.com

廖婉, 女, 教授, 硕士生导师, 研究方向为中药炮制工艺与机制、中药药剂。E-mail: liaowan@cduetcm.edu.cn

English literature on *Z. officinale* in the China Knowledge Network (CNKI) and Web of Science databases, with a time limit from January 1, 2004 to September 1, 2024, and imported the search results into CiteSpace 6.4.R1 for the analyses of the number of publications, authors, research institutions, and keywords. **Results** The final number of Chinese and English literature included in the analysis was 855 and 4 082, respectively. The analysis of the number of papers showed that the number of papers published by *Z. officinale* in English was far higher than that in Chinese, and the overall trend of English research was on the rise. Author co-occurrence network analysis showed that several relatively stable cooperation teams were formed among the Chinese and English authors of *Z. officinale*'s research. The co-occurrence network analysis of research institutions showed that compared with Chinese research institutions, the cooperation network between English research institutions was larger. The keyword analysis showed that *Z. officinale*'s research focus was different in both Chinese and English. The Chinese research was mostly carried out under the guidance of traditional Chinese medicine theory, which has the characteristics of traditional Chinese medicine as a whole. In English studies, most of the literature is based on the perspective of modern biology to carry out mechanism research. **Conclusion** Currently, the research of *Z. officinale* is in a continuous deepening and steady upward trend. At present, the researches on the pharmacological effects and mechanisms of *Z. officinale* and its active components, the internal mechanism of the classic compatibility of Ganjiang (*Zingiberis Rhizoma*), and the innovative drug development of ginger nanovesicles are the mainstream research contents. The explanation of the modern biological mechanism of “warming the middle and assisting yang” of *Zingiberis Rhizoma* and the exploration of the potential of active components in *Z. officinale* in the prevention and treatment of neurodegenerative diseases may become the future research trends of *Z. officinale*.

Key words: *Zingiber officinale* Rosc.; *Zingiberis Rhizoma* Recens; *Zingiberis Rhizoma*; CiteSpace; bibliometrics; ginger nanovesicles; neurodegenerative diseases

自战国时期以来,姜科植物姜 *Zingiber officinale* Rosc.的根茎便作为药物经常出现在《神农本草经》《本草纲目》等经典中医古籍之中,被历代医家所推崇。《中国药典》2020 年版一部收录了 3 种姜的不同炮制品,分别是生姜 *Zingiberis Rhizoma Recens*、干姜 *Zingiberis Rhizoma*、炮姜 *Zingiberis Rhizoma Praeparatum*^[1]。其中生姜是由姜的新鲜根茎净制所得,味辛,性微温,归肺、脾、胃经,具有解表散寒、温中止呕、温肺止咳、解毒的功效;干姜是在生姜的基础之上干燥所得,味辛,性热,归脾、胃、肾、心、肺经,具有温中散寒、回阳通脉、温肺化饮的功效;炮姜则是在干姜基础之上经砂烫所得,味辛,性热,归脾、胃、肾经,具有温经止血、温中止痛的功效。以上三者功效主治虽有差异,但植物基原相同,化学组成相似,均含有挥发油类、姜辣素类、二苯基庚烷类、微量元素、氨基酸类、多糖等化学成分^[2]。

目前以姜及其化学成分作为主要研究对象的中英文文献众多,涉及中药学、化学、农学、生物学、食品学等多个方面,长期以来备受关注。然而,因其研究内容广泛,调研单一专业方向的研究文献难以准确评估姜的发展历程与发展趋势,而调研所有专业方向的研究文献又费时费力。针对该问题,基于 CiteSpace 可视化知识图谱的文献计量学是一种有效的分析研究手段。CiteSpace 是一款能够对文

献进行可视化分析的软件,该软件可同时分析多个不同研究方向的文献,并将文献关键信息以共现网络的形式呈现,有助于快速综合分析某一领域的发展状况^[3]。故本研究采用 CiteSpace 软件对 2004 年 1 月 1 日—2024 年 9 月 1 日与姜有关的中英文文献进行分析,梳理姜研究领域各合作团队的主要研究方向,解析当前姜在经典中医药理论、药理作用机制、临床疾病防治、药物研发与递送系统创新、食品开发与加工、植物种植栽培等多个方面的研究热点,并探讨姜在医药学领域的未来发展趋势,以期姜的药效机制揭示与创新药物研发提供参考依据。

1 数据获取与筛选

中文文献来源于中国知网 (China National Knowledge Infrastructure, CNKI) 数据库,检索条件:主题词“姜”;检索年限 2004 年 1 月 1 日—2024 年 9 月 1 日;检索期刊来源于科学引文索引 (SCI)、工程索引 (EI)、中文核心期刊要目总览 (北大核心)、中文社会科学引文索引 (CSSCI)、中国科学引文数据库 (CSCD)、中国人文社会科学期刊综合评价指标体系 (AMI)。通过人工筛选剔除数据库中的重复发表文献、会议论文、新闻、报纸以及“姜黄”“片姜黄”“高良姜”等非姜基原的不相关植物或药材内容,最终纳入文献为 855 篇。

英文文献来源于 Web of Science 核心合集数据

库，检索式为(((((((TS = (Jiang)) OR TS = (Shengjiang)) OR TS = (Zingiberis Rhizoma Recens)) OR TS = (Zingiber officinale Rosc.)) OR TS = (Ganjiang)) OR TS = (Zingiberis Rhizoma)) OR TS = (Paojiang)) OR TS = (Zingiberis Rhizoma Praeparatum)) OR TS = (Zingiber officinale)) OR TS = (Zingiber officinale Roscoe)) OR TS = (ginger); 检索年限 2004 年 1 月 1 日—2024 年 9 月 1 日; 文献类型 “Article” 和 “Review Article”。通过人工筛选剔除 “*Zingiber zerumbet* Smith” “*Renealmia alpinia*” “*Zingiber corallinum* Hance” “*Curcuma longa* L.” 等其他非 *Zingiber officinale* 基原的不相关植物或药材内容，最终纳入文献为 4 082 篇。

2 方法

将纳入的中、英文文献分别以 “Refworks” 格式、“纯文本文件” 格式导出，以 “download_*.txt” 命名，并导入 CiteSpace 6.4.R1 进行去重、转化、分析。参数设置为 (1) 时间分区 (time slicing): 2004—2024 年，时间切片为 1 年; (2) 节点类型 (node types): 分别选择 “作者” “研究机构” “关键词” 进行分析; (3) 节点筛选方式 (selection criteria): 中英文文献作者及研究机构阈值设置 g -index ($k=25$), Top N=50, Top N%=10.0; 中文文献关键词阈值设置前、中、后 3 段 Thresholds (c、cc、ccv) 均为 2、1、20; 英文文献关键词阈值设置前段 Thresholds (c、cc、ccv) 为 2、2、20，中段为 4、3、20，后段为 5、4、20; (4) 剪切方式 (pruning): 中文文献作者、研究机构、关键词均未选择修剪算法; 英文文献作者、研究机构、关键词分析均采用 pathfinder 算法对图谱进行简化; (5) 突现检测算法: Kleinberg 算法，中英文文献突现参数均设置为 Number of States=2、 $\gamma=1.0$ 、Minimum Duration=2，均按突现强度 (strength) 排序。对导入的数据进行网络可视化分析，探究其发文量、作者共现性、研究机构共现性、关键词共现性、关键词聚类、关键词突现等情况。

3 结果与分析

3.1 发文量分析

发文量分析可快速了解该领域的研究历程与发展状况。对 2004—2024 年姜相关的中英文文献进行发文量分析，如图 1 所示，2004—2024 年国内对姜的研究趋势整体呈现平缓的 “波浪形”，波动幅度较小，平均每年发文量约 40 篇。姜的英文文献发

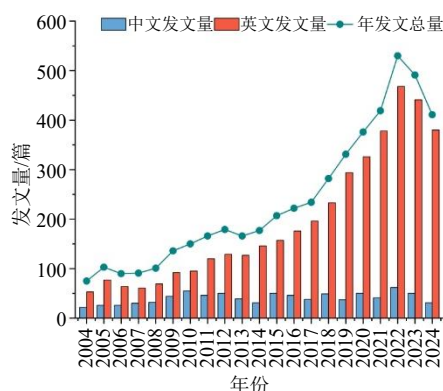


图 1 中英文文献发文量年度分布

Fig. 1 Annual distribution of Chinese and English literature

表以 2022 年为界总体可分为 2 个阶段: 第 1 阶段为波动上升阶段 (2004—2022 年)，此阶段前期发文量虽存在一定的波动，但整体呈上升趋势，其中 2022 年英文发文量高达 468 篇，与中文文献最高发文量年份一致，表明该年份姜的国内外研究热度均达到峰值。第 2 阶段为逐渐下降阶段 (2022—2024 年)，此阶段内英文文献发文量出现逐年下降趋势，推测原因可能有以下 2 个方面: 其一是前期研究文献已较为饱和; 其二是本研究数据仅覆盖至 2024 年 9 月 1 日，导致 2024 年的年发文量数据存在一定误差，但并不影响前述趋势的有效性。

总体而言，与姜的中文文献研究相比，英文文献研究发展迅速，每年发文量均远超中文文献，可见姜的国际热度较高，其后续发展仍然具有波动上升的潜力。

3.2 作者共现网络分析

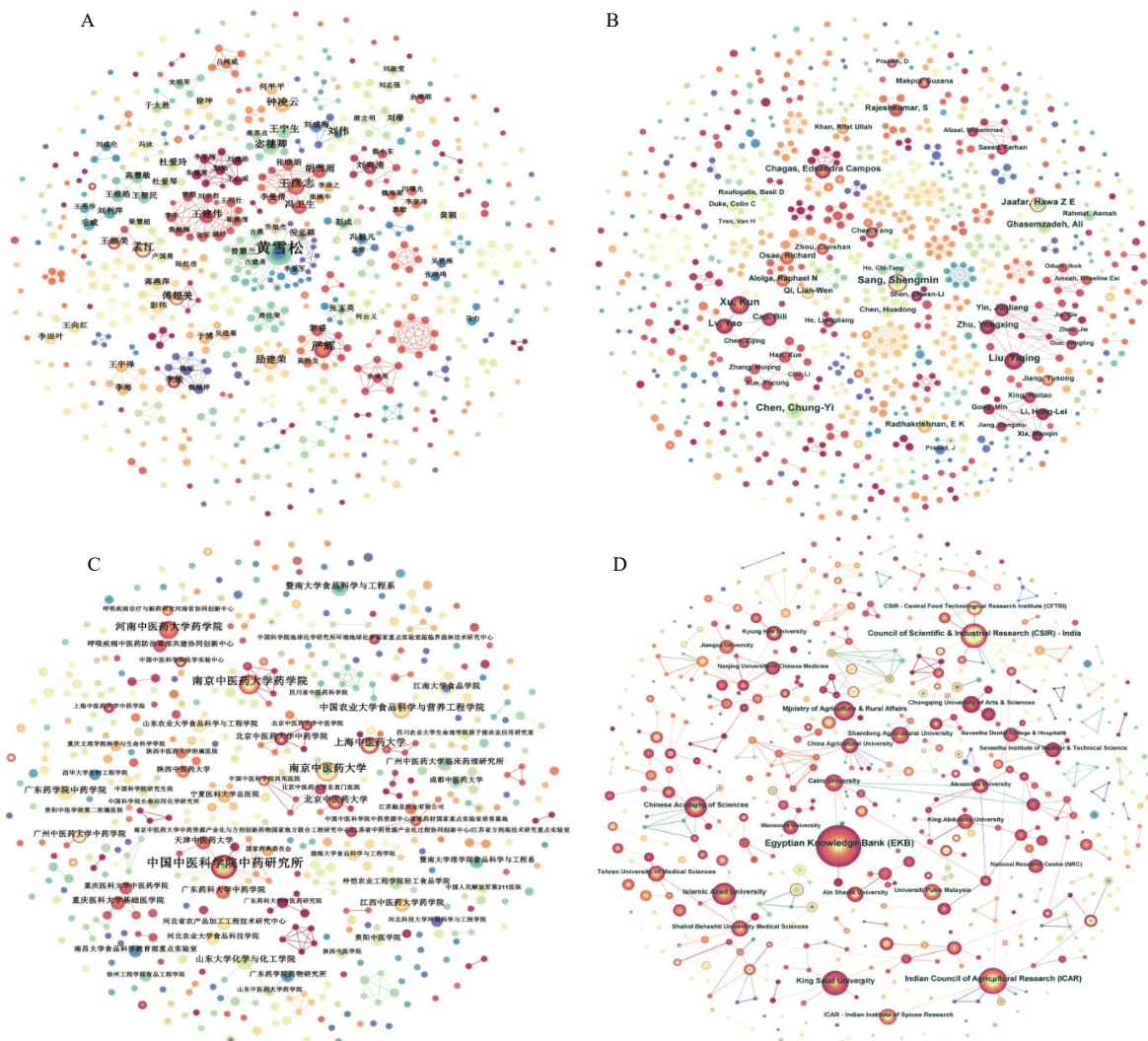
对 2004—2024 年发文作者进行共现网络分析可快速锁定该领域的高产出作者及各作者间的合作关系。中文数据库所纳入的 855 篇文献中共包含了 2 963 位作者，其中发文量排名前 10 的作者如表 1 所示，中文文献作者共现图谱如图 2-A 所示。姜的中文文献作者之间形成了多个相对稳定的合作团队。其中主要包括: (1) 以黄雪松、曾慧兰等为代表的团队，主要研究方向是 6-姜酚诱导白血病细胞凋亡的机制^[4]; (2) 以孟江、王淑美等为代表的团队，主要研究方向是姜炭的药理作用及炮制前后差异^[5]; (3) 以王彦志、冯卫生等为代表的团队，主要研究方向是姜的化学成分分析^[6]; (4) 以严辉、郭盛等为代表的团队，主要研究方向是不同产地干姜的质量分析与评价^[7]; (5) 以王建伟、张军为代

表 1 中英文文献发文量排名前 10 的作者
Table 1 Top 10 authors in publication volume of Chinese and English literature

序号	中文文献		英文文献	
	作者	发文量/篇	作者	发文量/篇
1	黄雪松	25	Sang Shengmin	25
2	孟江	12	Xu Kun	23
3	王彦志	10	Liu Yiqing	22
4	钟凌云	10	Chen Chungyi	21
5	严辉	9	Jaafar Hawa	17
6	杜爱玲	8	Ghasemzadeh Ali	16
7	王宁生	8	Lv Yao	13
8	宓穗卿	8	Chagas Edsandra Campos	13
9	王向红	8	Zhu Yongxing	13
10	韩燕全	8	Makpol Suzana	13

表的研究团队，主要研究方向是 6-姜烯酚改善 2 型糖尿病的作用机制^[8]。

在英文数据库中，所纳入的 4 082 篇文献共包含了 18 010 位作者，其中发文量排名前 10 的作者如表 1 所示，英文文献作者共现图谱如图 2-B 所示。与姜有关的英文文献作者合作情况与中文文献相似，均形成了多个合作紧密的研究团队。其中主要包括：（1）以 Sang Shengmin、Chen Huadong 等为代表的团队，主要研究方向是 6-姜烯酚的代谢物活性^[9]；（2）以 Xu Kun、Lv Yao 等为代表的团队，主要研究方向是外界环境对生姜生长特性的影响^[10]；（3）以 Liu Yiqing、Zhu Yongxing 等为代表的团队，主要研究方向是生姜在涝灾、寒冷等不利胁迫下的生物学变化^[11]；（4）以 Alolga Raphael N、Osae



A-中文文献作者共现图谱；B-英文文献作者共现图谱；C-中文文献研究机构共现图谱；D-英文文献研究机构共现图谱。

A-co-occurrence map of authors in Chinese literature; B-co-occurrence map of authors in English literature; C-co-occurrence map of research institutions in Chinese literature; D-co-occurrence map of research institutions in English literature.

图 2 中英文文献作者、研究机构共现图谱

Fig. 2 Co-occurrence map of authors and research institutions in Chinese and English literature

Richard 等为代表的团队,主要研究方向是干燥技术对非洲生姜质量的影响^[12]; (5)以 Xing Haitao、Jiang Yusong 等为代表的团队,主要研究方向是生姜的基因组^[13]。

3.3 研究机构共现网络分析

对研究机构合作网络进行共现分析有助于快速了解该领域内各研究机构的合作情况。2004—2024 年发文量排名前 10 的中英文文献研究机构见表 2。对中文文献研究机构进行共现网络分析(图 2-C),其中包含 469 个节点和 225 条连线,图谱密度较低,各研究机构之间的合作关系较为分散。但进一步分析发现,该网络中各合作群之间的研究内容均较有针对性:(1)以中国中医科学院中药研究

所等为代表的合作群,主要研究内容是姜的不同炮制品之间的差异^[2]; (2)以南京中医药大学药学院等为代表的合作群,主要研究内容是探索姜的经典配伍内在机制^[14]; (3)以北京中医药大学等为代表的合作群,主要研究内容是苓甘五味姜辛汤等经典组方的药效机制^[15]; (4)以河南中医药大学药学院等为代表的合作群,主要研究内容是干姜、姜皮的化学成分分析^[16]; (5)以上海中医药大学等为代表的合作群,主要研究内容是干姜提取物的药理作用及其与附子配伍的物质基础^[17]等。由此可见,姜的中文文献研究机构共现图谱密度虽然较低,却各有所长,各机构之间进一步加强交流合作将有助于促进有关于姜的更深更广的研究。

表 2 中英文文献发文量排名前 10 的研究机构

Table 2 Top 10 research institutions in publication volume of Chinese and English literature

序号	中文文献		英文文献	
	研究机构	发文量/篇	研究机构	发文量/篇
1	中国中医科学院中药研究所	16	Egyptian Knowledge Bank (EKB)	250
2	广州中医药大学中药学院	12	Indian Council of Agricultural Research (ICAR)	96
3	南京中医药大学药学院	11	Council of Scientific & Industrial Research (CSIR)-India	89
4	南京中医药大学	10	King Saud University	84
5	河南中医药大学药学院	10	Islamic Azad University	73
6	暨南大学食品科学与工程系	9	Chinese Academy of Sciences	58
7	河北农业大学食品科技学院	9	Ministry of Agriculture & Rural Affairs	52
8	上海中医药大学	8	Universiti Putra Malaysia	46
9	山东大学化学与化工学院	8	Cairo University	45
10	中国农业大学食品科学与营养工程学	7	ICAR - Indian Institute of Spices Research	44

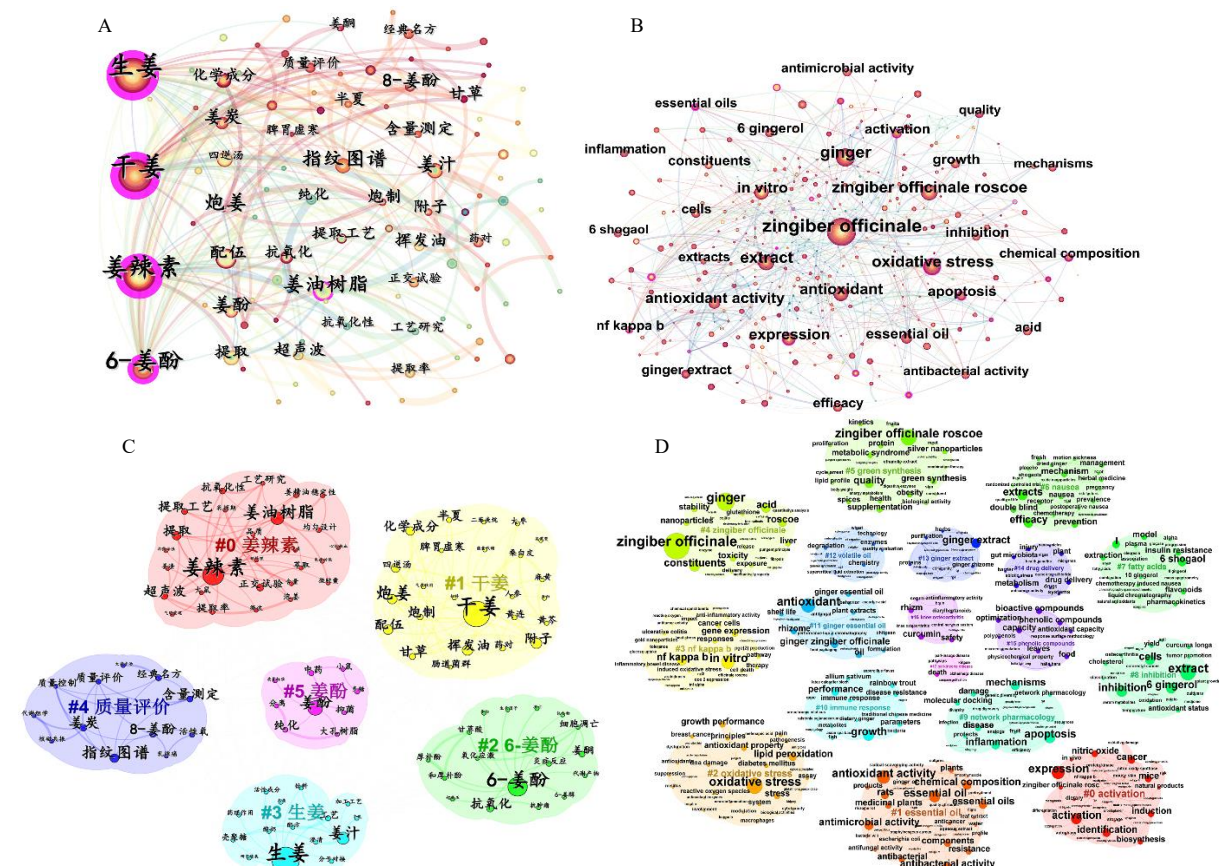
对英文文献研究机构进行共现网络分析(图 2-D),包含 567 个节点和 527 条连线。与中文文献研究相比,英文文献研究机构之间的合作更加紧密,整体形成了一个枝节交错的庞大合作群体。其中发文量最高的研究机构 Egyptian Knowledge Bank(埃及知识库,EKB)是世界上最大的数字图书馆之一^[18],其主要与同属埃及的 Cairo University(开罗大学)、Mansoura University(曼苏尔大学)等机构之间具有较为紧密的合作,合作内容涉猎较广,包括姜的食品学、化学、药学等研究^[19-20]。英文文献研究机构之间的合作内容更加广泛,并不只局限于某一特定学科方向,这在一定程度上有助于促进姜的全方位发展。

3.4 关键词共现网络分析

对关键词进行共现网络分析有助于快速捕获

该领域的研究热点与研究趋势。对中文数据库中与姜有关的文献关键词进行可视化分析,结果如图 3-A 所示。该关键词共现图谱中共包含 114 个节点和 300 条连线,其中排名前 15 的高频关键词见表 3。在中文文献中,出现频次最高的 4 个关键词生姜、干姜、姜辣素和 6-姜酚,不仅拥有最高的出现频次,同时也表现出较高的中介中心性(依次为 0.43、0.56、0.42、0.38)。高频次直观反映了当前研究领域的关注焦点,而高中介中心性则表明这些关键词在整个研究网络中扮演着关键节点的角色,连接着不同的研究主题。综合分析表明,在姜的众多炮制品中,生姜与干姜是当下的研究热点;在姜的化学成分研究中,姜辣素类化合物尤其是其代表性成分 6-姜酚是核心研究对象。

对姜有关的英文文献关键词进行可视化分析,



A-中文文献关键词共现图谱; B-英文文献关键词共现图谱; C-中文文献关键词聚类图谱; D-英文文献关键词聚类图谱。
A-co-occurrence map of keywords in Chinese literature; B-co-occurrence map of keywords in English literature; C-keywords cluster map of Chinese literature; D-keywords cluster map of English literature.

图 3 中英文文献关键词知识图谱

Fig. 3 Knowledge map of keywords in Chinese and English literature

表 3 中英文文献频次排名前 15 的关键词

Table 3 Top 10 keywords in terms of frequency in English and Chinese literature

序号	中文文献		英文文献	
	关键词	频次	关键词	频次
1	生姜	152	<i>Zingiber officinale</i>	985
2	干姜	141	ginger	464
3	姜辣素	94	oxidative stress	370
4	6-姜酚	76	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	363
5	姜酚	44	extract	356
6	姜油树脂	34	antioxidant	284
7	姜汁	28	<i>in vitro</i>	256
8	挥发油	21	antioxidant activity	250
9	附子	20	expression	247
10	炮姜	19	essential oil	183
11	配伍	16	apoptosis	180
12	指纹图谱	14	inhibition	175
13	化学成分	14	growth	169
14	提取	13	activation	167
15	四逆汤	13	6-gingerol	153

结果如图 3-B 所示。该关键词共现图谱共包含 422 个节点和 693 条连线, 排名前 15 的高频关键词见表 3。其中姜的简化植物学名“*Zingiber officinale*”和包含命名人(Roscoe)信息的标准植物学名“*Zingiber officinale* Roscoe”均高频出现, 这反映了学术写作中, 研究者对学名使用的规范程度存在差异, 部分文献采用标准植物学名以强调植物学来源的精确性, 而另一部分则使用更简洁的属种名。除学名外, 姜的常用英文俗名“ginger”也占据极高频次, 这表明英文文献中对于姜的指代并不统一, 学名(无论完整或简化形式)与通用俗名 ginger 被广泛且频繁地交替使用。此外, oxidative stress (氧化应激)、antioxidant (抗氧化剂)、antioxidant activity (抗氧化活性)也位居高频关键词前列, 这表明探究姜及其成分(如提取物、精油、姜辣素)的抗氧化能力、缓解氧化应激造成的损伤是近 20 年来姜的国际热点研究方向。

3.5 关键词聚类分析

3.5.1 中文文献的关键词聚类分析 基于关键词

共现图谱对其进一步聚类分析,系统梳理归纳各文献关键词,可更加清晰地展示该领域的主要研究内容。对与姜有关的中文文献关键词进行聚类,结果如图 3-C 所示,共形成 6 个聚类,聚类模块值 (Q) = 0.455 0 ($Q > 0.3$),平均轮廓值 (S) = 0.831 5 ($S > 0.5$),表明该聚类合理且显著。进一步分析 6 个聚类模块所包含的节点信息发现,发现姜的中文文献研究主要包括以下几个热点研究方向。

(1) 经典中医药理论研究: 聚类#1 中最大的关键词节点是“干姜”,结合该聚类模块其他关键词分析,有关干姜的中文文献研究主要聚焦于经典配伍方面。如“附子”“黄连”“黄芩”“半夏”等均代表了干姜的经典药对配伍;“四逆汤”代表了干姜的经典组方配伍。其中“附子”节点较大,发现相关文献的主题大多集中于干姜/附子配伍后的减毒存效机制探讨^[14,17],从已有研究来看,目前对于干姜/附子配伍机制的探讨视角相对较为局限,主要集中在化学成分含量变化这一方面,缺乏对药效学、药动学以及多靶点协同作用机制的深入研究。此外,在聚类#1 中,“脾胃虚寒”与“能量代谢”这 2 个节点均与干姜的经典功效“温中助阳”密切相关。脾胃虚寒作为干姜温中助阳的经典主治证候,体现了其传统中医药理论中的核心应用价值;而能量代谢则是对干姜温中助阳功效的现代生物学阐释,揭示了其潜在的作用机制。值得注意的是,能量代谢相关文献的发表时间多集中于近 5 年^[21],这一现象表明,干姜温中助阳功效的现代生物学内涵研究正处于发展阶段,具有广阔的研究前景。随着中医药现代化进程的加速推进,深入探究中药经典功效的现代生物学机制,有望成为未来中医药研究的热点方向。

(2) 药理活性研究: 聚类#2 和聚类#5 的最大节点关键词高度相似,均指向姜酚类化合物。姜酚作为姜中关键活性成分之一,已被广泛研究证实具有抗氧化、抗炎、抑菌、抗肿瘤等多种药理活性^[22]。聚类#2 和聚类#5 中所涉及的“抗氧化”“炎症反应”“抑菌”“细胞凋亡”“氧化应激”等关键词与姜酚的已知活性高度契合,其中“抗氧化”节点最大,提示抗氧化作用可能是姜酚类成分最为突出的药理活性。

(3) 食品加工研究: 聚类#3 中所包含的“酸奶”“饮料”“牛乳”“配方”等关键词均与食品相关,“工艺”“加工工艺”所对应的文献亦均指向食品学范畴^[23-24]。这表明生姜作为一种兼具药用与食

用价值的植物,其应用范围不仅局限于中医学,在食品科学领域也颇受青睐。进一步查阅相关节点所对应的文献发现,目前以生姜为原料开发的食物大多以姜汁为核心成分^[23-24],如姜汁芒果汁复合饮料、姜汁大豆奶酪、姜汁冻干粉泡腾片、姜汁发酵米乳饮料等,这一现象与该聚类中第 2 大节点关键词“姜汁”的出现高度契合,进一步印证了姜汁在生姜食品开发中的重要地位。

(4) 质量评价研究: 聚类#4 涵盖了多个与质量评价相关的关键词,包括“质量控制”“质量评价”“含量测定”等,其中最大的节点“指纹图谱”所对应的是姜及其炮制品质量评价过程中最常用的方法。“姜炭”是聚类#4 中第 2 大的节点关键词,其所关联的文献内容主要聚焦于炮制程度判别、炮制前后差异以及质控方法探索^[25],以此推测,当前姜的质量评价研究重点主要在于通过科学的方法优化炮制品的炮制工艺,从而确保其质量和疗效的稳定性和一致性。

(5) 成分提取研究: 由聚类#0 和聚类#5 所包含的“提取工艺”“纯化”等多个关键词可知,姜的活性成分提取纯化在中文文献中受到广泛关注。聚类#0 中最大的 2 个节点分别是“姜辣素”和“姜油树脂”,结合该聚类内所包含的“提取”“提取工艺”“工艺研究”等关键词,提示这 2 个成分是姜提取工艺研究的主要研究对象;同时“超声波”“微波”“萃取”等关键词则代表了几种较为常用的提取方法,其中“超声波”节点最大,提示超声波或许是姜活性成分的主流提取方法。

3.5.2 英文文献的关键词聚类分析 对与姜有关的英文文献关键词进行聚类,结果如图 3-D 所示,共形成 18 个聚类, $Q=0.760\ 1$ ($Q > 0.3$)、 $S=0.904\ 0$ ($S > 0.5$),表明该聚类合理且显著。进一步分析 18 个聚类模块所包含的节点信息发现,姜的英文文献研究主要包括以下几个热点研究方向。

(1) 药理作用机制研究: 对聚类#0、#2、#3、#8 所包含的关键词进行分析发现,姜及其活性成分的药理作用机制是该领域的研究热点。尤其是“oxidative stress”(氧化应激)、“apoptosis”(细胞凋亡)、“NF- κ B”(核因子- κ B)、“gene expression”(基因表达)等关键词的高频出现,进一步揭示了这些研究聚焦的核心分子机制,即抗氧化和抗炎作用机制。其中“NF- κ B”“tumor necrosis factor”(肿瘤坏死因子)、“TNF- α ”(肿瘤坏死因子- α)等关键词均

是与 NF- κ B 信号通路密切相关的细胞因子,提示 NF- κ B 信号通路在调节姜的抗氧化和抗炎作用机制中发挥着重要作用。

(2) 临床疾病防治研究:由聚类#6 中“nausea”(反胃)、“postoperative nausea”(术后恶心)、“motion sickness”(晕动症)等关键词,聚类#3 中“ulcerative colitis”(溃疡性结肠炎)、“inflammatory bowel disease”(炎症性肠病)等关键词,以及聚类#10 中“immune response”(免疫反应)、“disease resistance”(抗病性)等关键词分析可知,姜常被应用于恶心呕吐、炎症以及免疫性疾病的防治,这些疾病也是姜在临床上的传统应用。此外,聚类#16 和聚类#17 中“central nervous system”(中枢神经系统)、“brain”(大脑)、“Parkinson’s disease”(帕金森病)、“Alzheimer’s disease”(阿尔茨海默病)等均为近 3 年新出现的关键词,这或许暗示着姜在神经退行性疾病方面也具有一定的防治效果。

(3) 药物研发与递送系统创新研究:由聚类#9、#14 中近 5 年新出现的“network pharmacology”(网络药理学)、“molecular docking”(分子对接)、“drug discovery”(药物发现)、“drug delivery”(药物递送)、“gut microbiota”(肠道菌群)、“nanovesicles”(纳米囊泡)等关键词可知,目前姜的英文文献研究重心逐渐聚焦于现代药物研发的两大核心前沿领域,即药物研发与递送系统创新研究。在药物研发层面,“network pharmacology”和“molecular docking”作为关键技术手段,可通过计算机辅助分析揭示疾病的多靶点调控机制,优化药物设计,为药物研发提供高效途径。在药物递送层面,克服现有疗法的生物屏障限制、提升靶向性和降低不良反应一直是核心议题。“gut microbiota”(肠道菌群)作为新兴热点,其相关研究不仅关注肠道菌群与疾病之间的关联,还深入挖掘肠道菌群及其代谢物作为潜在治疗靶点的巨大潜力^[26];而“nanovesicles”,尤其是源自于姜的纳米囊泡,凭借其良好的载药特性和生物活性^[27],未来或许可成为“药辅合一”的新型递药载体,为药物递送研究带来突破性进展。

(4) 食品防腐保鲜研究:聚类#5、#10、#11、#12 等多个聚类模块中均出现了诸如“fruits”(水果)、“meat”(肉类)、“shelf life”(食品保质期)、“tenderization”(肉类嫩化)等与食品相关的关键词,查看对应文献发现,姜及其提取物还常被应用于食

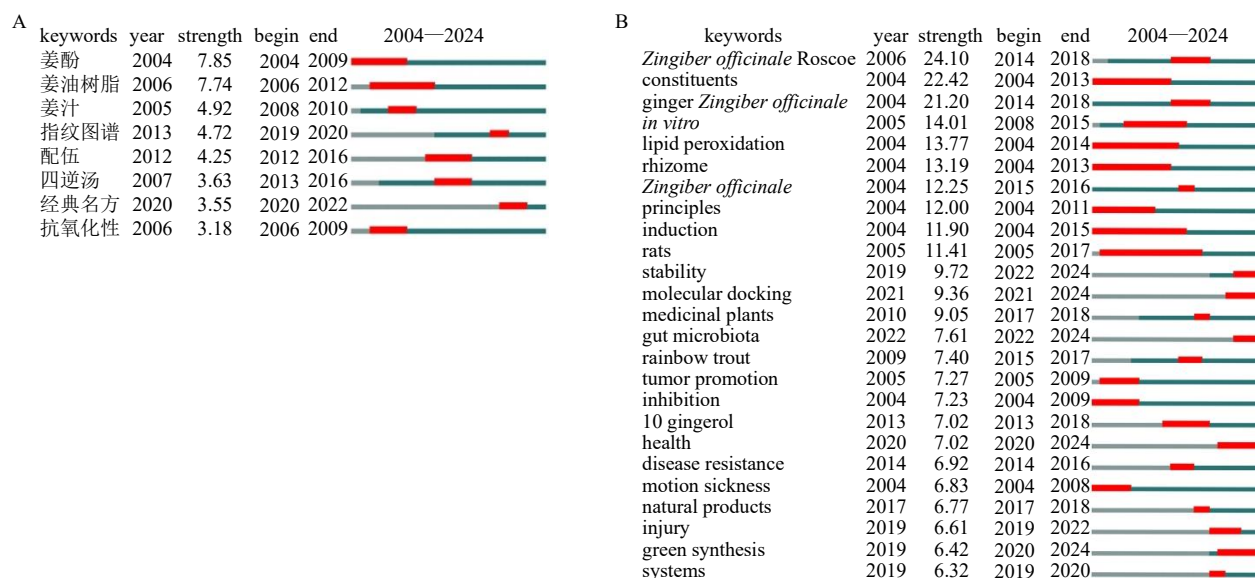
品保鲜、肉质嫩化等食品学研究中^[28-29]。进一步查看分析这些关键词的关联节点,推测姜的品质保鲜功能或许与其抗菌、抗氧化活性有关;根据与“meat”“tenderization”等相关的节点“proteolytic activity”(蛋白水解活性)、“protein solubility”(蛋白质溶解度)等关键词推测,姜的肉质嫩化功能或许与其自身含有的植物蛋白酶有关。生姜蛋白酶是一种巯基蛋白酶,具有较强的蛋白水解活力,可通过水解肉类蛋白使肌纤维之间的连接键断裂,从而降低肉的硬度,提高嫩度^[29]。

(5) 植物姜的种植栽培研究:聚类#1、#8 中包含多个与农业学相关的关键词节点,如“rhizome rot”(根茎腐烂)、“bacterial wilt”(烟草青枯病)、“plant growth”(植物生长)、“cultivars”(栽培品种)等,节点文献所涉及的内容主要与姜的病害防治、种质资源、生长特性等有关^[30-31],其中由烟草青枯病等原因导致的姜根茎腐烂是目前姜种植栽培方面的主要研究内容。

3.6 关键词突现分析

关键词突现分析有助于快速明晰该领域内研究热点的更新迭代。对 2004—2024 年中英文文献进行关键词突现分析,按突现强度排序,结果见图 4,经检验,突现稳定性良好。图中“strength”表示关键词突现强度,强度越高该关键词影响力越大,“begin”和“end”分别表示突现词的开始时间和结束时间。在中文数据库中,“姜酚”“姜油树脂”不仅突现强度最高且持续时间最长。在突现持续时间内,“姜酚”相关文献主要包括 2 个方面:(1)姜酚的提取分离纯化^[32],常用的分离纯化方法是大孔树脂吸附法;(2)姜及其炮制品或提取物的成分分析与含量检测^[33],常用的含量检测方法是高效液相色谱法。“姜油树脂”相关文献也主要聚焦于 2 个方面:(1)姜油树脂的提取工艺研究,其中最热门的方法是超临界二氧化碳萃取法^[34];(2)姜油树脂的制剂工艺研究,该部分研究包含 2 个分支,其一是采用乳化技术解决姜油树脂水溶性差的问题^[35],其二是采用环糊精包合、微囊化等新技术解决姜油树脂稳定性差的问题^[36]。

由英文文献突现关键词可知,姜的英文文献研究早期(2004—2017 年)主要聚焦于姜根茎的化学成分及其抗氧化机制等基础研究,这一结论可通过分析该时期内突现强度较高且持续时间较长的关键词得以印证,如“constituents”(成分)、“lipid



A-中文文献突现关键词；B-英文文献突现关键词。

A-emergent keywords of Chinese literature; B-emergent keywords of English literature.

图 4 中英文文献关键词突现分析

Fig. 4 Emergence analysis of keywords in Chinese and English literature

peroxidation”（脂质过氧化）、“rhizome”（根茎）、“induction”（诱导）、“rats”（大鼠）。在此之后，姜的研究逐渐从基础研究转向应用研究，如 2017 年之后出现的“stability”（稳定性）、“molecular docking”（分子对接）、“health”（健康）、“green synthesis”（绿色合成）等关键词皆可印证。此外，值得注意的是，“gut microbiota”（肠道菌群）虽在 2022 年才突现且持续时间较短，但其强度与前沿性表明该方向有望成为未来研究的新增长点。

4 研究热点前沿与存在问题分析

姜作为一种广为人知的药食同源类植物，凭借其丰富的药用价值与独特的食用特性，在国内外学术领域均积累了数量可观的研究文献。本研究基于文献计量学方法，梳理总结了 2004—2024 年全球学者对姜的研究方向及科研协作整体情况，并分析了其中具有较强影响力的研究机构和学术团体。本研究将分析近年内该领域的研究热点，并探讨未来极具潜力的研究方向，旨在为后续研究提供有益的参考和启示，推动该领域的持续健康发展。

4.1 姜及其活性成分抗炎作用显著但缺乏多组分协同机制研究

由中英文文献关键词计量分析可知，姜及其活性成分的抗炎、抗氧化作用研究是跨越研究周期最长的核心热点。姜辣素作为姜的主要活性成分群，可通过清除活性氧（reactive oxygen species, ROS）、

增强抗氧化酶活性、调节炎症与氧化应激通路等方式发挥强大的抗炎、抗氧化药理作用^[37]。因此，姜及其活性成分常被用于溃疡性结肠炎、膝骨关节炎等炎症性疾病的治疗^[38]。目前，已有大量研究探讨了姜的抗炎和抗氧化作用机制^[22]，但这些研究大多聚焦于单一成分对单一靶点或单一通路的调控作用，姜的多组分协同效应机制研究方面仍存在明显不足。此外，越来越多的研究表明，姜及其活性成分在调节肠道菌群紊乱方面也具有显著作用^[39]。肠道菌群失调已被证实与炎症反应的发生和加剧密切相关，调节肠道菌群是改善炎症反应的有效策略之一^[40]。然而，目前对于姜的抗炎活性与其调节肠道菌群之间的内在机制研究仍相对匮乏，这一方向有望成为姜未来研究的重要突破点之一。

4.2 干姜经典配伍理论的内在机制揭示需融合多视角进行分析

中文文献关键词聚类分析表明，干姜经典配伍研究在当前中文文献中占据重要地位，以现代科学技术手段解析干姜经典配伍的内在机制或将成为未来研究的重要趋势。干姜与附子是中药配伍中极具代表性的温里药对，《秘传证治要诀》^[41]中记载：“附子无干姜不热”，《本经疏证》^[42]亦指出：“有姜无附，难收斩将夺旗之功；有附无姜，难取坚壁不动之效”，进一步凸显二者配伍的协同增效特性。现代不少研究探讨了二者配伍后增效减毒的内在机

制,然而,现有研究多集中于中药配伍后化学成分含量的变化分析这一视角,如有研究表明二者配伍后既能促进附子乌头类总生物碱与干姜姜辣素类成分的溶出而发挥增效作用,同时又能降低附子中乌头碱的含量而发挥减毒作用^[14]。这一视角虽为基础且必要,却仅触及了中药配伍科学内涵的表层,未能深入阐释其内在的作用机制与生物效应,难以全面揭示配伍效应背后的复杂科学机制。因此,未来可结合代谢组学等现代化研究技术,从分子水平上深度解析中药配伍理论背后所影响的生物代谢途径、分子信号转导及蛋白基因表达等;并在此基础上进一步结合组分中药理念,开展中药创新药物研究,助力中医药现代化发展。

4.3 干姜“温中助阳”现代生物学机制与能量代谢密切相关

干姜作为经典的温里药,其核心功效在于“温中助阳”,因此常用于治疗因脾胃虚寒、阳气亏虚所致的疾病。传统中医理论认为,“阳气”是维持人体脏腑和生命活动基础,“温中助阳”的核心在于提振人体的“阳气”^[43]。而从现代生物医学的角度分析,“阳气”的关键功能在于温煦脏腑,为组织器官提供能量,这和线粒体的功能高度重叠;与中医里“阳气”在经络中运行为人体提供能量相似,线粒体可在细胞间穿梭和转移,若其转移受阻或破坏则会导致疾病发生^[44]。线粒体作为细胞的“能量工厂”,是机体能量代谢的核心执行者与调控中心^[45],因此,干姜“温中助阳”功效更深层次的生物学效应或许可以理解为干姜通过直接或间接改善线粒体功能来调节机体的能量代谢。不少学者通过实验研究探讨了干姜对能量代谢的调节作用,发现干姜可通过增强线粒体功能、增加线粒体数量、增加体内热量生成、促进糖原分解、增加 ATP 生成、减少 ATP 消耗、上调与能量代谢密切相关的蛋白水平等方式显著促进机体能量代谢^[21,46]。这些研究为干姜“温中助阳”功效的现代化机制阐释提供了坚实基础,对推动中药现代化发展具有深远意义。然而,从姜的研究领域整体来看,目前的研究数量仍相对有限,且研究深度有待进一步拓展。未来研究应立足传统中医药理论,运用现代科学方法与技术,深入阐释传统中药功效的科学内涵。

4.4 姜纳米囊泡作为“药辅合一”新型药物递送载体前景广阔

英文文献关键词中最新出现的“nanovesicles”

(纳米囊泡)是当前医药研究的前沿热点之一,凭借其优异的生物相容性、靶向性、低免疫原性以及天然来源等多方面优势,纳米囊泡在药物递送系统创新领域展现出巨大的应用潜力^[27]。姜纳米囊泡(ginger-derived nanovesicles, GDNVs)是一种从新鲜生姜中提取的纳米颗粒,内部包含 DNA、sRNA、mRNA、蛋白质等多种生物活性物质^[27]。研究表明,GDNVs 具有抗炎、抗氧化、调节肠道菌群等多种生物活性,口服后可选择性靶向结肠,并被结肠上皮细胞与巨噬细胞摄取,从而发挥对溃疡性结肠炎等肠道疾病的防治作用^[27,47-48]。鉴于 GDNVs 与脂质体在结构组成上的高度相似性,不少研究将其作为药物递送载体,负载姜黄素、阿霉素等药物用于治疗溃疡性结肠炎、结直肠癌等疾病^[27,49],成功实现了“药辅合一”的协同效应,展现出良好的治疗效果与应用前景。尽管当前姜外泌体的研究热度较高,但研究视角多聚焦于其制剂开发应用领域,而忽略了对提取方法的优化。这种研究侧重点的偏差,导致姜外泌体在实际应用过程中面临诸多瓶颈,如提取时间长、提取效率低等。鉴于此,后续研究不仅要持续深化对其制剂应用领域的探索,还需着重关注提取方法的改良,为姜外泌体的大规模制备和应用提供坚实的物质基础。

4.5 姜及其活性成分防治神经退行性疾病极具潜力

英文文献关键词聚类分析显示,姜不仅在抗炎、抗氧化、调节胃肠道等传统应用领域具有显著效果,还在神经退行性疾病的防治方面展现出潜在的积极作用。现代研究表明,氧化应激、神经炎症、肠道炎症以及肠道菌群失调与帕金森综合征、阿尔茨海默病等神经退行性疾病的发生发展密切相关^[50-51],而姜的活性成分如 6-姜酚、8-姜酚、6-姜烯酚等,可通过被动扩散穿透血脑屏障^[52],并通过调节氧化应激减轻神经毒性、调节炎症通路抑制炎症和细胞凋亡过程、调节肠道菌群改善胃肠道功能、修复紧密连接维持肠道完整性等多种机制发挥对神经退行性疾病的防治作用^[53-56]。然而,目前关于姜及其活性成分在神经退行性疾病治疗领域的研究仍处于初步阶段,相关文献数量有限,且对其作用机制的探讨大多停留在较为基础的层面。神经退行性疾病作为一种对人类健康构成严重威胁的疾病,其现有治疗药物大多仅能缓解症状,难以从根本上阻止疾病进程^[57],因此,开发新型治疗药物显得尤为迫切。姜及其活性成分凭借其多靶点、多途径的作用特性

有望成为该研究领域的重要突破点之一,为神经退行性疾病的治疗提供新的思路 and 方向。

5 结论与展望

本研究采用 CiteSpace 软件对 2004—2024 年以姜为主题的中英文文献进行发文量、作者、研究机构、关键词分析,发现姜的中文文献研究内容更加具有传统中医药特色,多基于经典中医药理论指导相关实践探索,但研究深度仍有待进一步拓展。结合中文文献关键词分析结果与我国作为中医药发源地的文化优势推测,“融合现代生物医学手段阐释中医经典理论的科学内涵”有望成为未来姜的中文文献研究的重要发展方向;相较而言,姜的英文文献研究则多立足于现代生物学视角,借助现代科学理论、方法与技术开展研究工作,就现有发展动态来看,姜及其活性成分的创新药物与递药系统研发、新适应证探索与治疗潜力评估将会成为未来英文文献研究的主流趋势。此外,目前国内外关于姜的研究还存在一些共性问题,如新制剂、新产品研究较多,但成果转化比例相对较低;新提取加工方法较多,但实际运用于工业大生产实践的方法却较为匮乏等。后续若能针对以上问题进一步加强国内与国际之间的交流合作,发挥各自优势,必能推动姜的研究实现更大突破。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 15-16, 104.
- [2] 杨秀娟, 王佳佳, 郭晶晶, 等. 生姜、干姜、炮姜的性效考证及其化学成分、药理活性的研究进展 [J]. 中药新药与临床药理, 2024, 35(4): 595-605.
- [3] 卿莹, 林薇, 陈元惠, 等. 基于文献计量学和全球专利的姜术研究进展可视化分析 [J]. 中草药, 2025, 56(8): 2869-2884.
- [4] 曾慧兰, 韩新爱, 古晨, 等. 6-姜酚诱导白血病细胞凋亡中细胞内活性氧及线粒体跨膜电位的改变 [J]. 中药材, 2010, 33(4): 584-587.
- [5] 莫毛燕, 朱琼花, 薛兴阳, 等. 姜炭炮制前后对虚寒性出血症大鼠尿液代谢组学分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(16): 1-4.
- [6] 胡雪雨, 王彦志, 宋志敏, 等. UPLC-ESI-Q-TOF MS 结合裂解规律分析姜科植物中二苯基庚烷类成分 [J]. 分析测试学报, 2022, 41(7): 1036-1044.
- [7] 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.
- [8] 王猛, 马朋, 靳雅倩, 等. 6-姜烯酚改善 db/db 小鼠胰岛

- 素敏感性研究 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2021, 27(5): 765-769.
- [9] Warin R F, Chen H D, Soroka D N, *et al.* Induction of lung cancer cell apoptosis through a p53 pathway by [6]-shogaol and its cysteine-conjugated metabolite M2 [J]. *J Agric Food Chem*, 2014, 62(6): 1352-1362.
- [10] Lv Y, Li Y Y, Liu X H, *et al.* Photochemistry and proteomics of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) under drought and shading [J]. *Plant Physiol Biochem*, 2020, 151: 188-196.
- [11] Han S, Han X W, Li Y T, *et al.* Genome-wide characterization and function analysis of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) ZoGRFs in responding to adverse stresses [J]. *Plant Physiol Biochem*, 2024, 207: 108392.
- [12] Alolga R N, Osae R, Apaliya M T, *et al.* Vacuum pressure combined with osmosonication as an innovative pre-drying technique for Ghanaian ginger: Evidence from the metabolome and quality characteristics of the dried product [J]. *Ultrason Sonochem*, 2021, 80: 105841.
- [13] Xing H T, Jiang Y S, Zou Y, *et al.* Genome-wide investigation of the *AP2/ERF* gene family in ginger: Evolution and expression profiling during development and abiotic stresses [J]. *BMC Plant Biol*, 2021, 21(1): 561.
- [14] 彭稳稳, 刘莎莎, 王亚, 等. 附子与干姜配伍前后对附子中 4 种乌头类生物碱成分含量的影响 [J]. 中国药学杂志, 2013, 48(4): 258-261.
- [15] 朱钟妍, 陈枫, 王旋. 基于网络药理学和分子对接探讨零甘五味姜辛汤治疗哮喘的潜在作用机制 [J]. 实用药物与临床, 2021, 24(9): 794-803.
- [16] 宋志敏, 张晓娟, 王彦志, 等. 姜皮化学成分研究 [J]. 中药材, 2022, 45(3): 616-619.
- [17] 徐姗姗, 陈长勋, 高建平. 干姜与附子配伍减毒的物质基础探讨 [J]. 时珍国医国药, 2006, 17(4): 518-520.
- [18] AbdelKader A F, Sayed M H. Evaluation of the Egyptian knowledge bank using the information systems success model [J]. *J Acad Librariansh*, 2022, 48(2): 102506.
- [19] Shalaby E A, Shanab S M M, Hafez R M, *et al.* Chemical constituents and biological activities of different extracts from ginger plant (*Zingiber officinale*) [J]. *Chem Biol Technol Agric*, 2023, 10(1): 14.
- [20] El-Shewehy D M M, Elshopakey G E, Ismail A, *et al.* Therapeutic potency of ginger, garlic, and pomegranate extracts against *Cryptosporidium parvum*-mediated gastro-splenic damage in mice [J]. *Acta Parasitol*, 2023, 68(1): 32-41.
- [21] 文建霞, 赵艳玲. 干姜水煎液对心肌细胞线粒体功能损伤的改善作用研究 [J]. 中国药房, 2021, 32(9): 1070-1076.

- [22] 谢燕飞, 王冉, 朱金华, 等. 6-姜酚对脂多糖致 RAW264.7 细胞炎症模型的作用及机制研究 [J]. 中药药理与临床, 2021, 37(3): 72-75.
- [23] 张秀媛, 王丽霞, 何扩, 等. 姜汁大豆奶酪制备工艺研究 [J]. 食品工业, 2010, 31(4): 74-76.
- [24] 张卉, 张晓军, 孙海娇, 等. 姜汁冻干粉泡腾片的制备及其配方优化 [J]. 食品研究与开发, 2016, 37(24): 67-70.
- [25] 石海培, 严辉, 申美玉, 等. HPLC 指纹图谱与一测多评法相结合的姜炭质量控制方法探索 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(05): 95-100.
- [26] Guo S S, Geng W Y, Chen S, *et al.* Ginger alleviates DSS-induced ulcerative colitis severity by improving the diversity and function of gut microbiota [J]. *Front Pharmacol*, 2021, 12: 632569.
- [27] Huang S J, Zhang M, Li X G, *et al.* Formulation, characterization, and evaluation of curcumin-loaded ginger-derived nanovesicles for anti-colitis activity [J]. *J Pharm Anal*, 2024, 14(12): 101014.
- [28] Sayadi M, Mojaddar Langroodi A, Jafarpour D. Impact of zein coating impregnated with ginger extract and *Pimpinella anisum* essential oil on the shelf life of bovine meat packaged in modified atmosphere [J]. *J Food Meas Charact*, 2021, 15(6): 5231-5244.
- [29] Naveena B M, Mendiratta S K, Anjaneyulu A S R. Tenderization of buffalo meat using plant proteases from *Cucumis trigonus* Roxb (Kachri) and *Zingiber officinale* roscoe (ginger rhizome) [J]. *Meat Sci*, 2004, 68(3): 363-369.
- [30] Zhou X, Ma H H, Xiong S J, *et al.* Evaluation of the inhibitory efficacy of eugenol against the pathogen of *Fusarium wilt* in ginger seedlings [J]. *Horticulturae*, 2023, 9(9): 1024.
- [31] Wang Y, Yang X M, Xu M G, *et al.* Effects of chloropicrin fumigation and azoxystrobin application on ginger growth and phosphorus uptake [J]. *Ecotoxicol Environ Saf*, 2022, 232: 113246.
- [32] 范婧娴, 刘友平, 李旻, 等. 大孔吸附树脂纯化干姜姜酚类成分工艺研究 [J]. 时珍国医国药, 2009, 20(11): 2818-2820.
- [33] 王维皓, 李娟, 高慧敏, 等. 从 HPLC 特征图谱分析姜在炮制过程中的化学成分变化 [J]. 药物分析杂志, 2009, 29(8): 1248-1252.
- [34] 曾凡逵, 黄雪松, 李爱军. 超临界二氧化碳萃取姜油树脂与溶剂浸提的比较 [J]. 食品科学, 2006(6): 155-157.
- [35] 陈雅雪, 陈秀兰, 陈杰, 等. 姜油树脂乳化体系的选择 [J]. 食品工业科技, 2006(10): 82-84.
- [36] 唐仕荣, 刘全德, 宋慧, 等. 响应曲面优化姜油树脂 β -环糊精包合工艺 [J]. 粮油加工, 2010(10): 19-21.
- [37] Ayustaningwarno F, Anjani G, Ayu A M, *et al.* A critical review of ginger's (*Zingiber officinale*) antioxidant, anti-inflammatory, and immunomodulatory activities [J]. *Front Nutr*, 2024, 11: 1364836.
- [38] Zhang F, Ma N, Gao Y F, *et al.* Therapeutic effects of 6-gingerol, 8-gingerol, and 10-gingerol on dextran sulfate sodium-induced acute ulcerative colitis in rats [J]. *Phytother Res*, 2017, 31(9): 1427-1432.
- [39] Abdullah, Ahmad N, Xiao J, *et al.* Gingerols: Preparation, encapsulation, and bioactivities focusing gut microbiome modulation and attenuation of disease symptoms [J]. *Phytomedicine*, 2025, 136: 156352.
- [40] Semo D, Reinecke H, Godfrey R. Gut microbiome regulates inflammation and insulin resistance: A novel therapeutic target to improve insulin sensitivity [J]. *Signal Transduct Target Ther*, 2024, 9(1): 35.
- [41] 明·戴原礼撰. 王英, 江凌圳, 竹剑平整理. 秘传证治要诀 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 80.
- [42] 邹澍. 本经疏证 [M]. 北京: 中国中医药科技出版社, 2012: 28.
- [43] 王棚, 韩冰, 刘静怡, 等. 基于“少阳为枢”理论辨治溃疡性结肠炎 [J]. 中医学报, [2025-08-10]. <https://link.cnki.net/urlid/41.1411.R.20240903.0849.006>.
- [44] Luo J J, Shen S W, Xia J J, *et al.* Mitochondria as the essence of *yang qi* in the human body [J]. *Phenomics*, 2022, 2(5): 336-348.
- [45] Brand M D, Orr A L, Perevoshchikova I V, *et al.* The role of mitochondrial function and cellular bioenergetics in ageing and disease [J]. *Br J Dermatol*, 2013, 169(Suppl 2): 1-8.
- [46] 米汪洋, 杨翠兰, 克迎迎, 等. 基于正常大鼠物质能量代谢状况探讨怀菊花的寒热药性 [J]. 中草药, 2021, 52(3): 799-807.
- [47] Teng Y, Ren Y, Sayed M, *et al.* Plant-derived exosomal microRNAs shape the gut microbiota [J]. *Cell Host Microbe*, 2018, 24(5): 637-652.e8.
- [48] Zhang M Z, Viennois E, Prasad M, *et al.* Edible ginger-derived nanoparticles: A novel therapeutic approach for the prevention and treatment of inflammatory bowel disease and colitis-associated cancer [J]. *Biomaterials*, 2016, 101: 321-340.
- [49] Zhang M Z, Xiao B, Wang H, *et al.* Edible ginger-derived nano-lipids loaded with doxorubicin as a novel drug-delivery approach for colon cancer therapy [J]. *Mol Ther*, 2016, 24(10): 1783-1796.
- [50] Teleanu D M, Niculescu A G, Lungu I I, *et al.* An overview of oxidative stress, neuroinflammation, and

- neurodegenerative diseases [J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(11): 5938.
- [51] Elfil M, Kamel S, Kandil M, *et al.* Implications of the gut microbiome in Parkinson's disease [J]. *Mov Disord*, 2020, 35(6): 921-933.
- [52] Simon A, Darcsi A, Kéry Á, *et al.* Blood-brain barrier permeability study of ginger constituents [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2020, 177: 112820.
- [53] Mairuae N, Noisa P, Palachai N. Phytosome-encapsulated 6-gingerol- and 6-shogaol-enriched extracts from *Zingiber officinale* Roscoe protect against oxidative stress-induced neurotoxicity [J]. *Molecules*, 2024, 29(24): 6046.
- [54] Angelopoulou E, Paudel Y N, Papageorgiou S G, *et al.* Elucidating the beneficial effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) in Parkinson's disease [J]. *ACS Pharmacol Transl Sci*, 2022, 5(10): 838-848.
- [55] Zahedi E, Naseri F M, Zamani E, *et al.* Ginger extract improves cognitive dysfunction via modulation of gut microbiota-derived short-chain fatty acids in *D-galactose/ovariectomy-induced Alzheimer-like disease* [J]. *Mol Neurobiol*, 2025, 62(4): 5095-5108.
- [56] Huh E, Choi J G, Noh D, *et al.* Ginger and 6-shogaol protect intestinal tight junction and enteric dopaminergic neurons against 1-methyl-4-phenyl 1,2,3,6-tetrahydropyridine in mice [J]. *Nutr Neurosci*, 2020, 23(6): 455-464.
- [57] Cui W T, Guo Z Y, Chen X Y, *et al.* Targeting modulation of intestinal flora through oral route by an antimicrobial nucleic acid-loaded exosome-like nanovesicles to improve Parkinson's disease [J]. *Sci Bull*, 2024, 69(24): 3925-3935.

[责任编辑 潘明佳]