

基于 CiteSpace 对丁香酚在食品领域中研究进展的 可视化分析

李佳璘, 王莉丽, 孙彤, 李秀霞, 励建荣

(渤海大学 a.食品科学与工程学院 b.海洋食品精深加工关键技术省部共建协同创新中心,
辽宁 锦州 121013)

摘要: **目的** 把握丁香酚在国内外食品领域中的研究现状、热点和趋势,有利于丁香酚的深入研究和应用拓展。**方法** 基于 CiteSpace 和文献计量在线分析平台,以“丁香酚”为主题词,以“食品”为检索学科,以检索到的 243 篇 CNKI 文献和 1 352 篇 WOS 文献为研究对象,对发文量、国家、期刊及作者进行量化分析,并通过关键词共现图谱、聚类图谱和突现图谱进行可视化分析。**结果** 国内外食品领域相关研究的年度发文量呈逐年上升趋势,我国发文总量位居世界第二,2021 年的发文量较 2017 年的增幅达到 154%,国内外发文量最高的期刊分别为食品领域顶级期刊《食品科学》和《Journal of Agricultural and Food Chemistry》,表明丁香酚在食品领域的相关研究具有较高的关注程度和学术水平。与 CNKI 数据库相比,WOS 数据库自 2020 年起发文作者较多,形成了一个相对紧密的合作网络。国内外对丁香酚的抗氧化、抗菌和检测技术等方面的研究均较早,目前的研究热点聚焦于纳米封装设计、提取工艺优化、抗菌效果和机理的深层探讨,研究主题集中在水产品中的应用和食品保鲜方面。**结论** 丁香酚的相关研究仍处于活跃的发展阶段,在食品领域具有良好的发展前景。

关键词: 丁香酚; 食品; CiteSpace; 可视化分析

中图分类号: TS202.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)11-0132-12

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.11.015

CiteSpace-Based Visualization Analysis of the Research Progress on Eugenol in Food Field

LI Jia-lin, WANG Li-li, SUN Tong, LI Xiu-xia, LI Jian-rong

(a. College of Food Science and Technology b. Provincial and Ministerial Collaborative Innovation Center for Key Deep Processing Technologies of Seafood, Bohai University, Liaoning Jinzhou 121013, China)

ABSTRACT: The work aims to grasp the current status, hot spots and trends of eugenol research in food field in China and abroad, which is beneficial for intensive studies and application expansion of eugenol. 243 CNKI articles and 1 352 WOS articles were retrieved with "eugenol" as the subject term and "food" as the subject field based on CiteSpace and bibliometric online analysis platform and then a quantitative analysis was conducted according to the publication number, country, journal and author. Meanwhile, visualization analysis was carried out through co-occurrence mappings, clustering mappings and emergent mappings of key words. The annual publication number had an increasing trend in the

收稿日期: 2022-11-30

基金项目: 国家重点研发计划蓝色粮仓科技创新重点专项(2019YFD0901702)

作者简介: 李佳璘(1998—),女,硕士生,主要研究方向为水产品贮藏加工及质量安全控制。

通信作者: 王莉丽(1980—),女,博士,副教授,主要研究方向为水产品贮藏加工及质量安全控制。

Chinese and international research field of food, and the total publication number of Chinese authors ranked second in the world, with an increase of 154% in 2021 compared with that in 2017. The journals with the largest publication number were both top journals "Food Science" and "Journal of Agricultural and Food Chemistry" in the food research field. The above results indicated that the research on eugenol in the food field had high academic quality and influence. Compared with CNKI database, the WOS database had more authors posting articles from 2020 onwards, forming a relatively tight collaborative network. The Chinese and international research on the antioxidation, antibacterial and detection technology of eugenol was early. The current research focuses on the design of nano encapsulation, the optimization of extraction process and the deeper exploration of antibacterial effect and mechanism. The research topics gather on the application in aquatic products and food preservation. In summary, the research on eugenol is still in an active development stage and has a good prospect in the field of food.

KEY WORDS: eugenol; food; CiteSpace; visualization analysis

丁香酚 (Eugenol) 是一种由愈创木酚取代烯丙基链组成的苯丙素基团, 是多种精油的主要生物活性物质, 约占精油成分的 45%~90%。丁香精油通常从丁香花蕾中提取, 具有抗菌、抗疟原虫、抗病毒、抗炎和抗氧化等多种药理作用, 广泛用于食品、药品、化妆品和农药中^[1-2]。根据 GB 2760—2014, 丁香酚被认为是一种安全的食品添加剂。近年来, 基于丁香酚良好的抗氧化^[3]和抗菌作用^[4], 它在食品领域受到越来越多的关注, 但利用科学文献数据对其进行量化分析却鲜有报道。

文献计量学是一种将数学与统计学相结合分析文献的方法^[5]。CiteSpace 是一种适用于研究各学科发展的文献计量和文献管理工具^[6-7]。CiteSpace 基于共引分析理论 (co-citation) 和寻径网络算法 (Path finder) 等, 对特定领域的文献进行计量, 通过一系列可视化图谱分析学科领域演化的关键路径及其特殊的知识拐点, 反映文献的引文历史、主题演变趋势及热点之间的内在联系, 探索学科演化的潜在动力机制和发展前沿^[8-11]。已有一些学者利用 CiteSpace 开展了相关领域文献的计量研究工作。张鑫等^[12]对鱼糜研究领域进行了文献计量分析, 发现研究热点由加工工艺和鱼糜品质向保鲜、抗冻剂转变, 研究重心“鱼糜蛋白”及“二级结构”已进入分子水平。周钰等^[13]分析了国内外抗食品过敏领域的研究现状、热点和趋势, 对探寻有望治疗疾病的肠道微生物等进行了展望。郝毫等^[14]对天然多酚在食品领域的研究文献进行了分布特征分析, 提出研究热点将聚焦于多酚提取纯化的工艺优化、体外消化及植物提取等方面, 为天然多酚在食品领域的研究提供了数据参考。此外, CiteSpace 的可解释性与可计算性有助于发掘新的科学理论^[15]。对丁香酚在食品科学领域的文献数据进行可视化分析, 把控其研究历史和研究热点, 有助于促进丁香酚在食品领域的深入研究和技术开发^[6, 16]。

文中以“丁香酚”和“eugenol”为主题词, 对中国知网 (China national knowledge infrastructure, CNKI) 和 WOS 2 个检索平台检索到的文献, 运用文献计量

在线分析平台和 CiteSpace 软件, 从发文量、期刊、合作网络及关键词等方面进行可视化分析, 以期为未来的研究提供新的思路, 为进一步开展相关研究和应用提供参考。

1 数据来源和研究方法

1.1 数据来源和转换

中文文献以中国知网 (China national knowledge infrastructure, CNKI) 为检索平台, 外文文献以 Web of Science (WOS) 为检索平台, 检索主题词分别为“丁香酚”和“Eugenol”, 检索学科分类分别设定为“食品”和“Food Science Technology”。对 1997 年 12 月 1 日至 2022 年 8 月 31 日的 CNKI 数据库核心期刊、WOS 数据库核心文献进行专业检索, 排除了新闻、会议通知, 以及学位论文中作者、年份信息不全、主题不明显等文献, 共检索到中文文献 243 篇、英文文献 1 352 篇^[17]。

对于检索的文献, CNKI 数据库的导出格式为“Refworks”, WOS 数据库的导出格式为“Plain text file”, 导出信息包含作者、研究机构、标题、发表年份、摘要、关键词等数据^[18]。将下载后的数据文件以“download_01.txt”命名保存, 并进行后续分析。

1.2 研究工具

采用 CiteSpace 6.1.R3 软件作为研究工具, 对年度发文量和相关发文明期刊进行统计, 分析丁香酚在食品领域中的研究现状^[19]。通过科研合作网络, 从发文作者和国家 2 个层次分析食品领域中丁香酚研究的相互合作关系。依据关键词共现图谱进行聚类分析和突现分析, 体现丁香酚在食品领域的研究热点和研究趋势^[20]。

1.3 分析方法

基于所检索到的文献, 针对文献的作者、国家合作网络、关键词共现、聚类 and 突现进行可视化分析。设置 CiteSpace 软件的参数: 时间切片选择 1997—2022 年, 每隔 1 年为 1 个片段, 节点类型选

择机构、作者和关键词,选择标准为 g-index, $k=30$ 。另外,对 CNKI 数据库中的发文期刊使用 Origin 2021 软件绘制;在 WOS 数据库中,利用文献计量在线分析平台 (<https://bibliometric.com>) 对各个国家的文献数量年度分布、关键词年度分布和国家合作网络图进行分析和绘制。英文发文期刊图利用 WOS 平台 (www.webofscience.com) 绘制。年发文量统计、年累计发文量统计和回归验证使用 Excel 2019 软件(美国微软公司)进行分析和绘制。

2 结果与分析

2.1 丁香酚在食品领域中的发文量及发文期刊分析

对检索到的 243 篇 CNKI 文献和 1 352 篇 WOS 文献进行统计分析,其年度发文量、年度累计发文量和回归验证结果分别如图 1 所示。由于文献检索日期截至 2022 年 8 月 31 日,因此 2022 年的文献数量在年度发文趋势上无参考价值。

WOS 数据库的年度发文量均远高于 CNKI 数据库的年度发文量,2 个数据库中的年度发文量和年度

累计发文量总体上均呈上升趋势。CNKI 的年度发文量变化趋势与 WOS 数据库一致,年度发文量增速的转折点在 2000 年和 2016 年,可能在这 2 年有经典文献的发表或关键技术的攻关推动了该领域的研究。如陈建烟等^[21]阐述了植物精油抗菌、抗氧化、抗病毒、消炎等多种生物活性的作用机理,并展望了植物精油在今后研究中的重点和突破方向。根据图 1 的数据对年度累计发文量进行了拟合分析,结果表明,CNKI 数据库的年度累计发文量呈指数增长 ($R^2=0.9819$),WOS 数据库的年度累计发文量呈二次幂增长 ($R^2=0.9995$),表明在食品领域中丁香酚相关研究的发文量不断增加,受到的关注越来越多。

在 WOS 数据库中,各国历年的发文数量如图 2 所示。丁香酚在食品领域的发文总量逐年增加,2021 年达到 90 多篇。25 年来发文总量超过 100 篇的国家有 5 个,分别是中国、美国、西班牙、印度和巴西。我国的发文总量为 205 篇,仅次于美国,位居第二。美国、法国和日本是较早开展该领域研究的国家,中国从 1998 年开始开展该领域的研究。我国自 2017 年起发文量大幅增大,之后几年保持稳定的上升趋势,2021 年的发文量达到 33 篇,较 2017 年增幅达到 154%,表明我国近年来对该领域的研究热度一直较高。

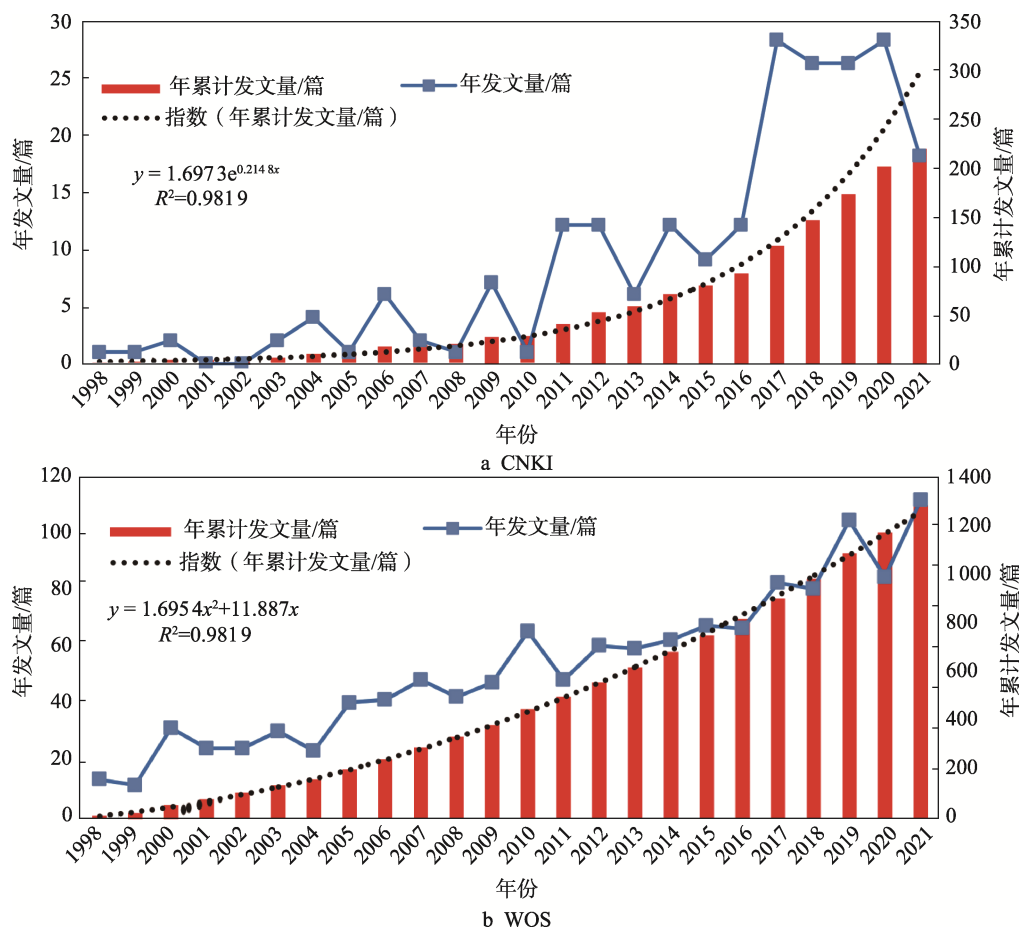


图 1 年度发文量、年度累计发文量统计及回归验证

Fig.1 Statistics and regression verifications for the annual publication number and annual cumulative publication number

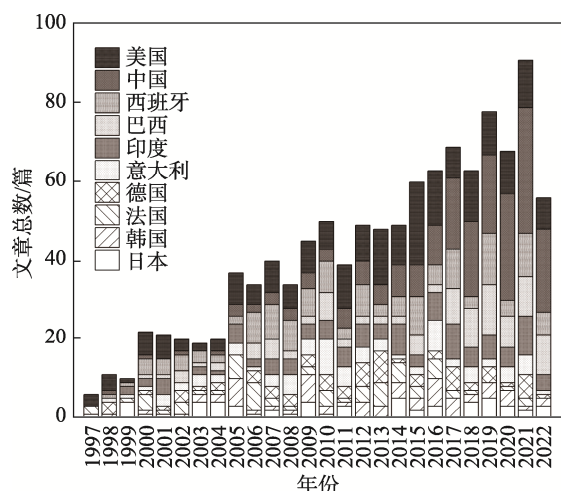


图 2 WOS 数据库中各国年度发文量统计

Fig.2 Statistics of annual publication number sorted by country in WOS database

243 篇 CNKI 文献来源于 82 种期刊, 1 352 篇 WOS 文献来源于 150 种期刊。在 CNKI 数据库中, 发文量前 10 位的期刊如图 3a 所示。《食品科学》是 CNKI 数据库中刊载量最多的期刊, 为 31 篇, 占比为 22%。《中国食品学报》的刊载量为 5 篇。丁香酚在食品领域中的研究文献较多地发表在食品科学学科的高质量核心期刊上, 涉及基础理论、调味品及工业应用等方面, 说明丁香酚在食品领域中具有较高的研究活力。在 WOS 数据库中, 发文量前 10 位的期刊如图 3b 所示。在发文量前 3 位的期刊中, 《Journal of Agricultural and Food Chemistry》《Food Chemistry》均为 TOP 1 区期刊, 发文量分别为 144 篇和 100 篇。此外, 在发文量前 10 位的期刊中, 《LWT Food Science and Technology》《Food and Chemical Toxicology》《International Journal of Food Microbiology》也都是 TOP 1 区期刊。说明在食品领域中, 丁香酚相关研究的学术质量和影响力初步获得了国际权威期刊的认

可, 进一步表明丁香酚在食品领域的相关理论和应用研究具有重要的价值。

2.2 食品领域中丁香酚相关研究的合作网络及合作关系分析

在 CNKI 数据库中检索到的相关文献涉及作者 600 人。在 WOS 库中检索到的相关文献涉及作者 889 人。在 CNKI 和 WOS 数据库中, 研究者的合作网络图分别如图 4a、b 所示。如图 4 所示, 每个节点代表一位作者, 节点上圆环的颜色代表发文年份, 圆环的厚度与该年份发文数量成正比^[22]。如图 4a 所示, 发文量最多的是北京工商大学食品与健康学院的孙宝国教授, 他采用膜蒸馏及超临界流体萃取等技术对食品香料风味物质的回收及应用做了大量研究工作^[23]。自 2021 年起, 发文较多的有上海海洋大学食品学院的谢晶教授团队和渤海大学食品与材料工程学院的孙彤教授团队。如图 4b 所示, 发文量最多的是维也纳大学生命科学学院的 Buchbauer G 教授, 他主要从事精油成分及其生理生化性能研究^[24]; 近期发文较多的有 National University of Sciences & Technology-Pakistan 的 Iqbal Arfa 教授。与 CNKI 数据库相比, WOS 数据库近期发文作者的节点较多, 作者间的合作相对紧密。总体说来, 近期许多学者进行了丁香酚在食品领域的研究, 且形成了一个较紧密的合作网络。

节点之间的连线代表作者间的合作, 连线越粗表示作者间的合作越紧密^[25]。如图 4a 所示, 共有连线 1 097 条, 密度为 0.006 1, 产生了 11 个作者集群。其中, 大部分作者处于一个相对稳定的合作者集群中, 乔宇、张莉会、廖涛和廖李等几位核心作者形成了一个较大的集群, 其他集群的作者数量较少。各集群内部的合作紧密, 但各集群间缺乏合作。如图 4b 所示, 共有连线 1 042 条, 密度为 0.002 6, 产生了 6 个非单一作者集群。国外的作者形成了若干个分散

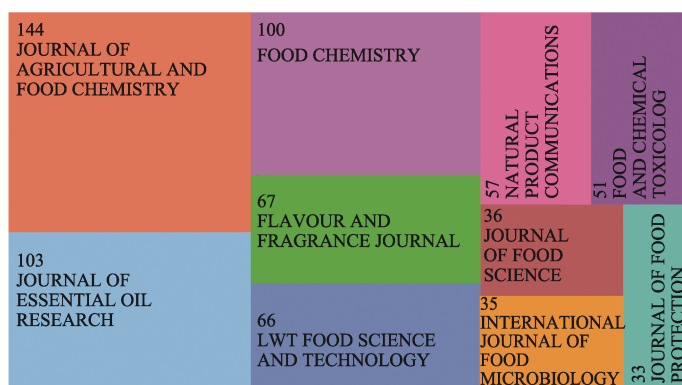
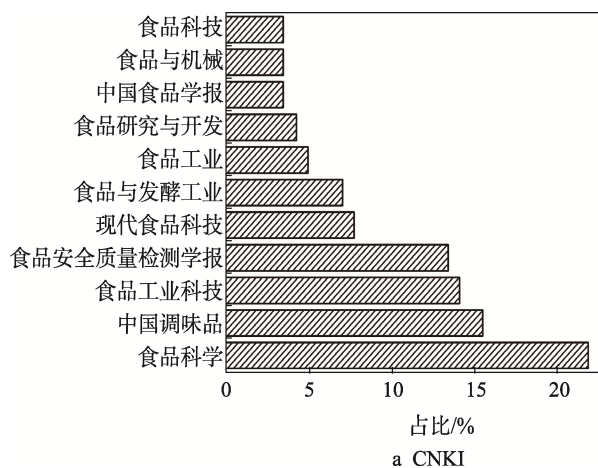


图 3 CNKI 和 WOS 数据库中发文量前 10 位期刊的统计结果

Fig.3 Statistics of top 10 journals sorted by publication number in CNKI and WOS databases

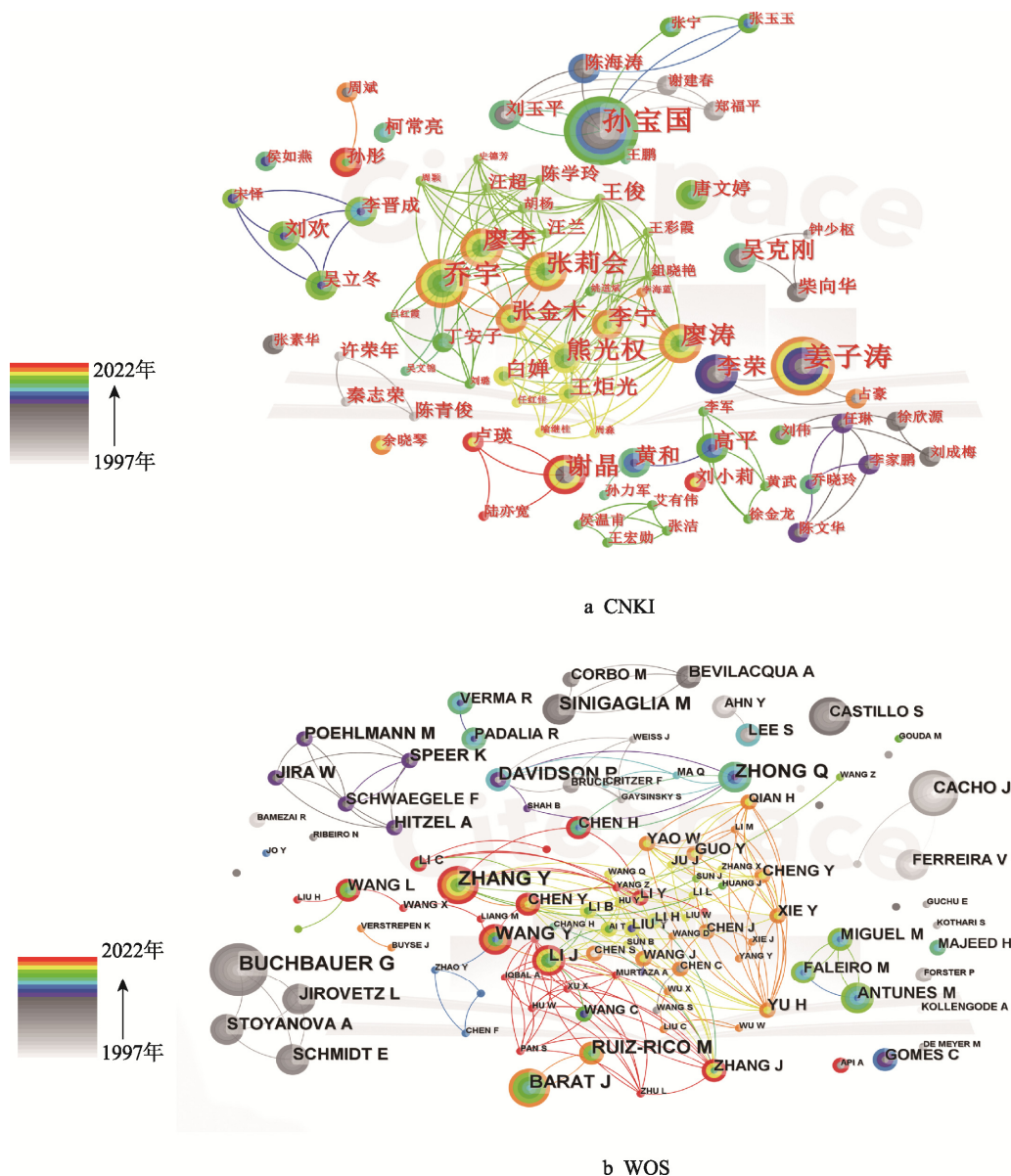


图4 CNKI 和 WOS 数据库中研究作者的合作网络
Fig.4 Collaboration networks of research authors in CNKI and WOS databases

且较小的集群,各集群之间的关系较松散,集群作者间的合作较少。国内的研究者以 Zhang Y、Zhong Q、Zhang J、Wang Y 为中心向周围铺陈形成网络,形成了一个较大的集群,但他们与国外发文量较高的学者之间缺乏交流。在 CNKI 和 WOS 数据库中,各个研究团队的合作关系总体上较松散,可加强各集群间的合作交流。

2.3 丁香酚研究热点分析

关键词是对研究内容的高度概括和凝练^[26]。这里在关键词共现图谱的基础上进行了关键词聚类分析和关键词突现检测,分析了丁香酚在食品领域的研究热点、研究前沿和研究趋势^[20, 27]。采用对数似然比算法(LLR)生成关键词聚类标签,分析关键词之间的内在关系。关键词突现分析运用了 CiteSpace 软件中

“Burstness”功能,通过研究特定时间段内某一关键词的关注程度,探索丁香酚在食品领域的研究前沿及其迭代情况^[28-29]。

在 CNKI 和 WOS 数据库中,丁香酚在食品领域研究的关键词共现图谱如图 5 所示。关键词间的连线和粗细代表关键词间的亲疏关系,连线越多表示关键词共现次数越多^[30]。如图 5a 所示,CNKI 数据库共有 385 个关键词节点,各节点的连线有 835 条,网络密度为 0.011 3。如图 5b 所示,WOS 数据库共有 427 个关键词节点。节点数量较多说明丁香酚在食品领域的研究类型较广泛。如图 5b 所示,WOS 数据库共有连线 3 106 条,网络密度为 0.034 2,大于 CNKI 数据库的网络密度,说明在 WOS 数据库中丁香酚在食品领域的网络连接结构更紧密,各个关键词之间的联系更频繁,形成了一个紧密的研究体系。

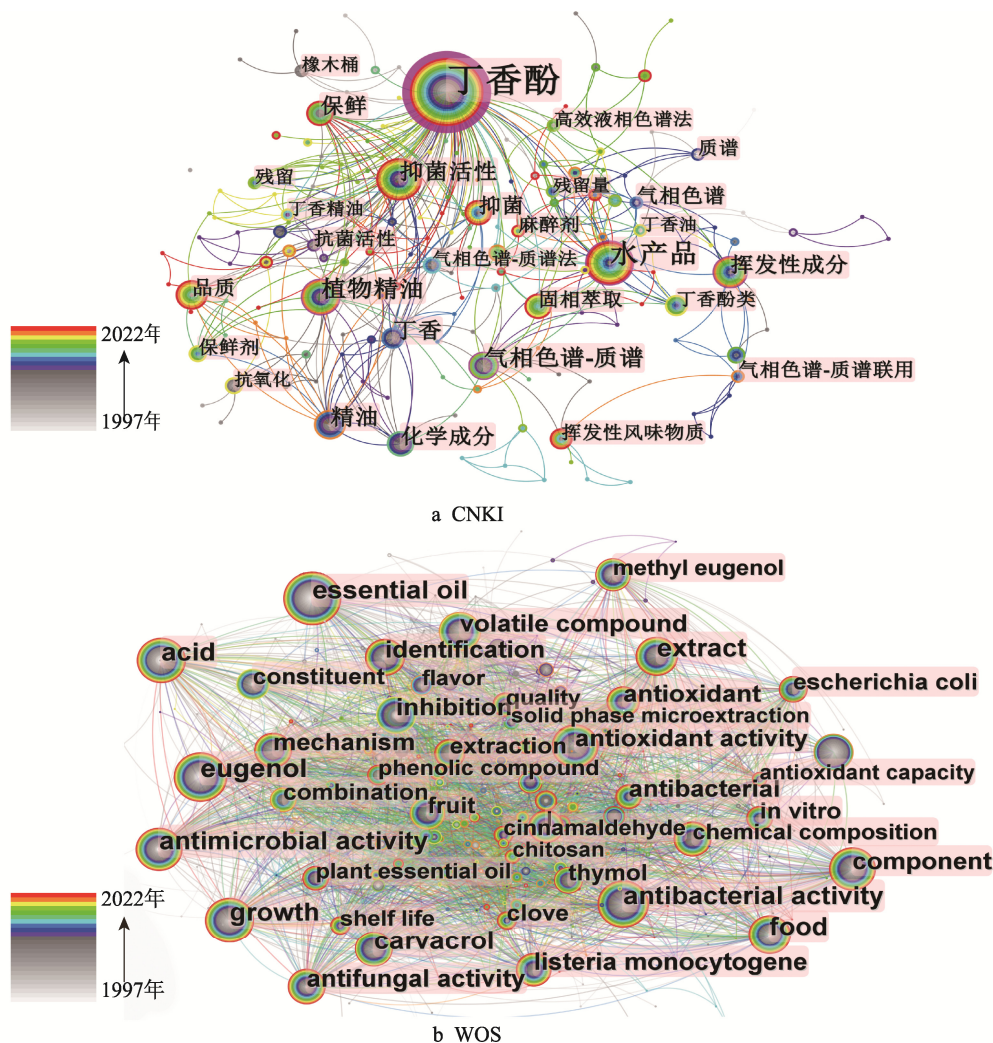


图 5 CNKI 和 WOS 数据库中的关键词共现图谱
Fig.5 Co-occurrence mappings of key words in CNKI and WOS databases

如图 5a 所示, 高频关键词有水产品、抑菌活性、保鲜和气相色谱-质谱等。关键词丁香酚、水产品、植物精油、挥发性成分、气相色谱-质谱的中介中心性均大于 0.1, 说明这些关键词是贯穿不同研究的重要枢纽。经分析, 丁香酚在食品领域的应用研究主要集中在 2 个方面。一方面是水产品中的应用研究, 丁香酚作为水产养殖中的一种常用麻醉剂, 学者们对丁香酚在水产品中的麻醉效果、代谢动力学、残留检测方法和安全性评价等进行了大量研究^[31], 此外, 丁香酚对水产品致病菌鳃弧菌、腐败菌芽孢杆菌等也表现出良好的抑菌效果^[32-33]。另一方面是食品保鲜研究, 以丁香酚为抗菌剂, 辅以高功率脉冲微波冷杀菌、气调包装等保鲜技术的联用受到了研究者的关注^[33-34], 丁香酚的缓释处理技术、不同材质的保鲜材料的制备和保鲜机制研究也得到较多学者的关注^[35]。

品质、气相色谱-质谱等关键词的出现频次也较高。丁香酚类物质的检测技术由前期的单一质谱和气相色谱到后期的气相色谱-质谱与超高效液相色谱-串联质谱联用技术^[36],其提取技术由水蒸馏法到氟化

共价有机聚合物固相萃取技术^[37-38]。提取技术和检测仪器的精进为丁香酚在食品领域中的研究和应用奠定了基础。

如图 5b 所示,除主题词 eugenol (丁香酚)外,出现频数较高的关键词还有 essential oil (精油)、antimicrobial activity (antibacterial activity, 抗菌活性)、chemical composition (化学成分)和 antioxidant activity (抗氧化活性)等,体现了对丁香精油组成、丁香酚性质、抗菌和抗氧化等机理等方面的研究。Zhu 等^[39]研究了经丁香酚处理后抑制鲜切水荸荠褐变的潜在机制,发现丁香酚可增强酶促/非酶抗氧化能力,间接抑制了水荸荠的酶促褐变。Bai 等^[40]研究发现,丁香酚通过抑制志贺氏菌内超氧化物歧化酶活性,提高了细胞内活性氧和丙二醛浓度,破坏了细胞膜的完整性,从而达到了抑菌目的。关键词 eugenol (丁香酚)、component (组分)、essential oil composition (精油成分)的中介中心性达到 0.1,为重要的研究枢纽。由此可见,国内外对丁香酚在食品领域的研究聚焦于丁香酚的提取、检测技术、抗氧化和抗菌特性等方面。

CNKI 数据库和 WOS 数据库的关键词聚类图谱如图 6a、b 所示。模块值 (Q) 和平均轮廓值 (S) 是检验聚类可信度的 2 个指标, 分别表征网络结构和聚类清晰度^[41]。在图 6a 中 Q 为 0.848 8, S 为 0.962 2。在图 6b 中 Q 为 0.773 0, S 为 0.934 5。 Q 均大于 0.3, S 均大于 0.7, 表明聚类是高效率且十分可信的^[42]。

在图 6a 中共形成了 8 个有意义的关键词聚类, 聚类标签数字越小, 表示所包含的关键词数量越多。在聚类图谱中, 1[#]水产品、2[#]品质、3[#]植物精油、5[#]抑菌活性、6[#]化学成分、7[#]保鲜聚类发生重叠, 表明这些聚类关系紧密。特别是 5[#]抑菌活性和 7[#]保鲜聚类与大部分标签重合, 表明保鲜应用的理论基础主要来自对抑菌活性的研究。另外, 聚类 0[#]丁香酚与 7[#]保鲜虽未重叠, 但二者通过关键词“丁香酚”和“抑菌作用”进行联系, 5[#]抑菌活性和 1[#]水产品 2 个聚类也仅用关

键词“抗氧化活性”和“渔用麻醉剂”相连接, 体现了丁香酚的应用与抗菌机理存在紧密联系。5[#]抑菌活性的“抗氧化活性”与 6[#]化学成分的“丁香罗勒”连接, 这是因为抗氧化活性是丁香酚的主要特性之一。所有聚类通过重叠或关键词连线被联系起来, 表明丁香酚在食品领域的相关研究主题集中且相互关联。

如图 6b 所示, 聚类分析图谱得到了 8 个有意义的聚类。0[#] essential oil (精油) 连接该领域所有研究, 1[#] volatile compound (挥发性成分)、2[#] natural antioxidant (天然抗氧化剂)、3[#] essential oil composition (精油成分) 为丁香酚在食品领域的主要研究内容, 3[#] essential oil composition (精油成分)、4[#] o-cimum basilicum (罗勒) 和 7[#] antioxidant activity (抗氧化活性) 模块发生重叠, 这些聚类之间联系紧密, 归因于丁香酚为罗勒精油的主要成分, 且丁香酚的抗

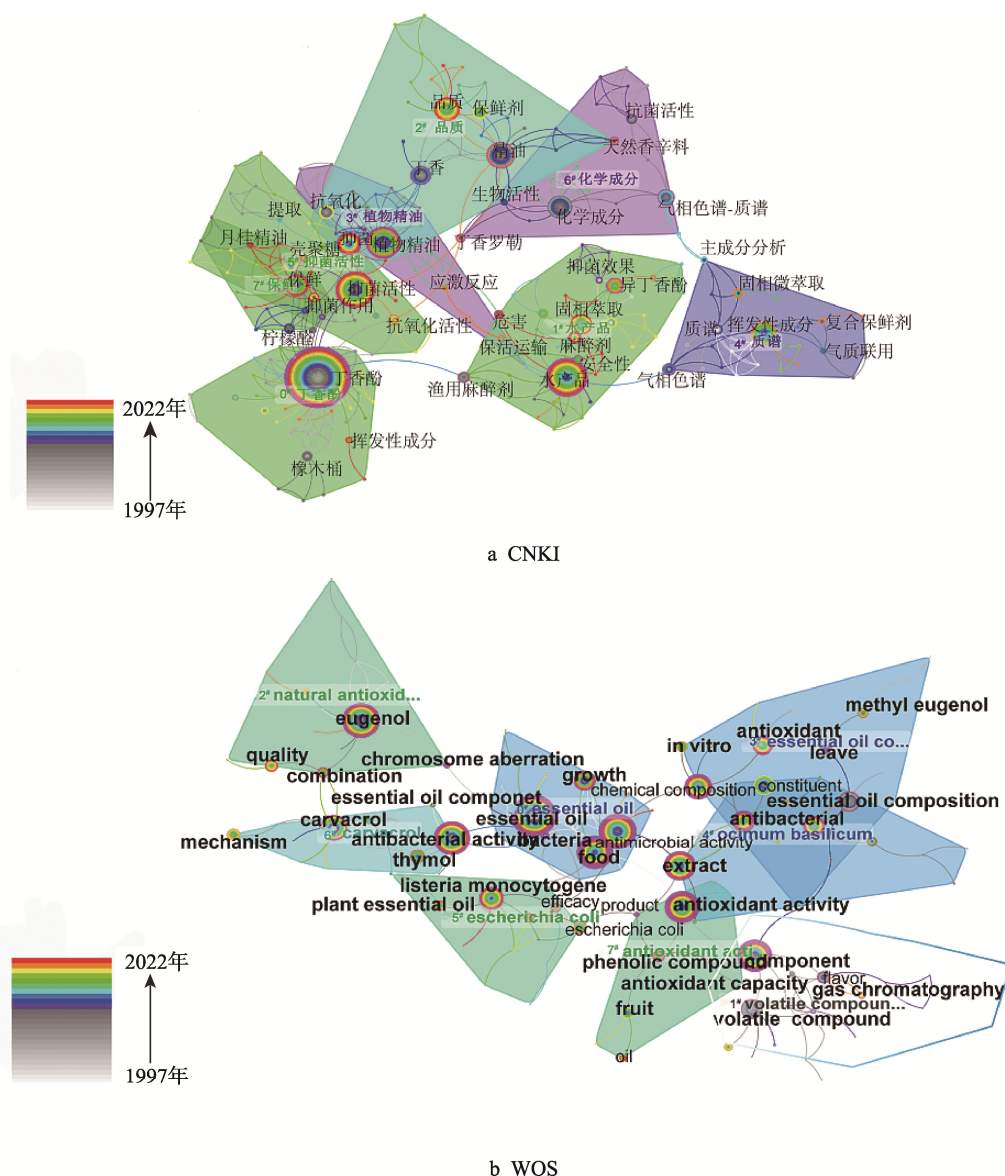


图 6 CNKI 数据库和 WOS 数据库中的关键词聚类图谱
Fig.6 Clustering mappings of key words in CNKI and WOS databases

氧化性为食品保鲜领域中一项重要的研究内容^[43]。5[#] *escherichia coli* (大肠杆菌) 为该领域研究的重要微生物, 6[#] *carvacrol* (香芹酚) 是与丁香酚具有相似结构的萜类化合物, 应用于食品保鲜领域都能抑制腐败乳酸菌的生长^[44]。CNKI 数据库与 WOS 数据库中的聚类相似, 都注重化学成分、抗菌、抗氧化和保鲜这些方面的研究, 但 WOS 数据库中的聚类对象更明确, 表明丁香酚在食品领域中的微生物研究对象和内容更广泛。

通过突现词分析, 可研究丁香酚在食品领域中的受关注程度^[28]。在 CNKI 数据库中共有 55 个关键词发生了突现, 在 WOS 数据库中共有 197 个关键词发生了突现。

在 CNKI 数据库中突现强度前 25 位的关键词如图 7a 所示。突现条中阴影线段表示关键词的突现时间。大部分关键词的突现时间较短。丁香、抗菌活性和抗氧化等关键词的突现始于 2006 年, 分别止于 2015、2013、2012 年, 突现时间较长, 表明丁香酚的抗菌和抗氧化作用受到了持续关注^[45]。化学成分和气相色谱-质谱法 2 个关键词的突现始于 2009 年, 比关键词精油和柠檬醛的突现时间早 2 a, 检测和提取技术为精油及与柠檬醛等其他抗菌剂复配的后期研究提供了基础^[46-47]。在 2015 年出现了突现词——挥发性成分、保鲜剂和渔用麻醉剂, 此时的研究重点开始倾向于丁香酚在食品领域中的应用。在 2018 年出

现了突现词——丁香酚、高效液相色谱法、检测方法、主效成分、残留, 表明学者们进一步探索了丁香酚的检测和提取技术。主效成分和麻醉剂的突现时间持续至 2022 年, 表明精油的主效成分及相关应用是目前的研究热点。

在 WOS 数据库中突现强度前 25 位的突现词如图 7b 所示, 突现时间截至 2022 年的关键词有 *stability* (稳定性)、*microencapsulation* (微胶囊)、*dove essential oil* (精油)、*chitosan* (壳聚糖)、*inactivation* (失活)、*biofilm formation* (生物膜的形成)、*antioxidant* (抗氧化剂), 表明目前这些突现词的被关注程度较高。由于丁香酚在应用中存在高挥发性、化学不稳定性和生物利用度低等问题, 将丁香酚或含丁香酚物质的精油以微胶囊等结构进行封装, 是拓展丁香酚在食品领域中应用的一个有前途的研究内容^[48-49]。丁香酚的封装技术也促进了对新抑菌机理的研究, 如 *Toushik* 等^[50]研究了丁香酚在海产品中抑制病原微生物生物膜形成的机理。

依据关键词的共现、聚类和突现分析结果, 将丁香酚在食品领域中的研究热点归纳如下: 对丁香酚抗氧化活性和抗菌性能的研究, 尤其是应用于水产品保鲜的研究; 为保持丁香酚在应用中的稳定性, 对其纳米封装技术的研究, 如微胶囊、静电纺丝等; 对丁香酚提取纯化和检测技术的研究; 对丁香酚抑菌机理的深入研究, 如微生物群体感应的影响机制等。

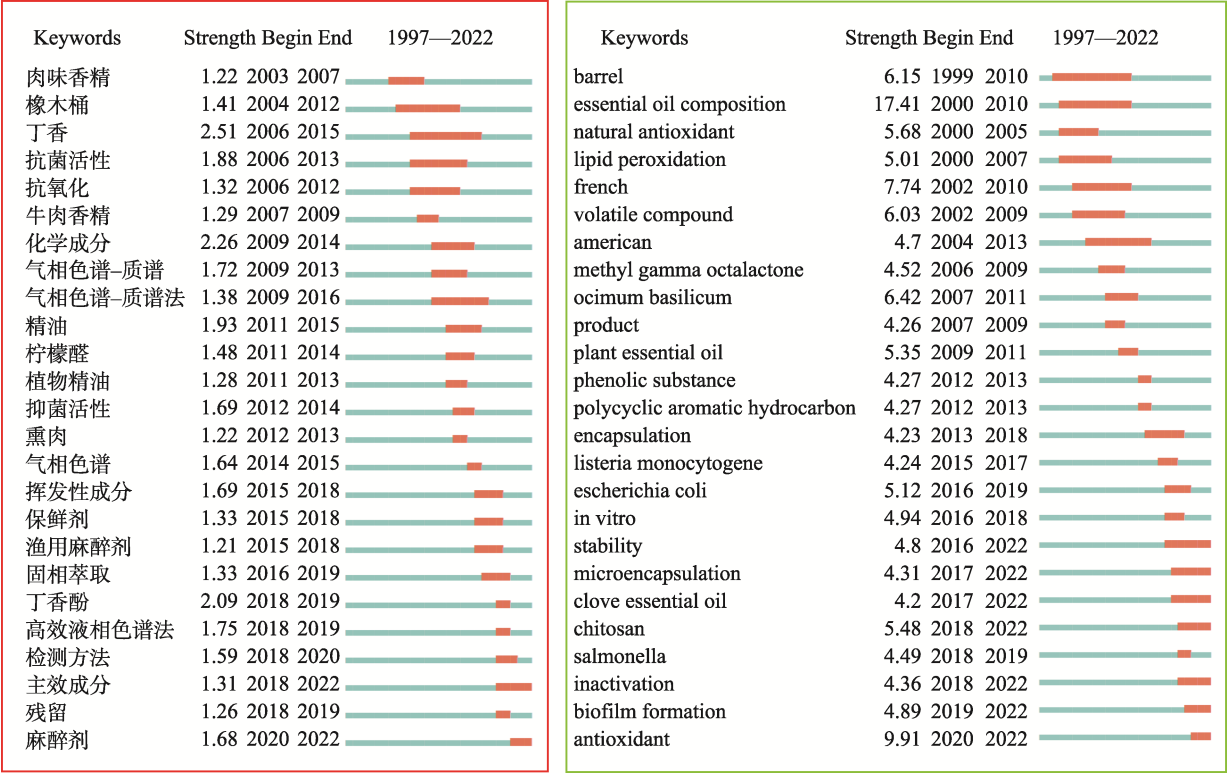


图 7 CNKI 数据库和 WOS 数据库中的关键词突现图谱
Fig.7 Emergence mappings of key words in CNKI and WOS databases

3 结语

通过对 243 篇 CNKI 文献和 1 352 篇 WOS 文献进行可视化分析发现,国内外关于丁香酚在食品领域的研究较为活跃,发文量逐年上升,且具有较高的学术质量和影响力。前期研究主要聚焦于丁香酚的抗氧化、抗菌和检测技术等方面,目前的研究热点主要聚焦于保鲜、封装、提取纯化、检测及抗菌作用等方面,未来的研究可能侧重于丁香酚的封装体系、新的抑菌机制及在活性食品包装方面的应用。虽然我国对丁香酚的研究起步较晚,但发展较快。今后可进一步加强各研究团队之间的合作交流,以提升科研能力。

参考文献:

- [1] CHARAN RAJA M R. Versatile and Synergistic Potential of Eugenol: A Review[J]. *Pharmaceutica Analytica Acta*, 2015, 6(5): 1-6.
- [2] KAMATOU G P, VERMAAK I, VILJOEN A M. Eugenol—from the Remote Maluku Islands to the International Market Place: A Review of a Remarkable and Versatile Molecule[J]. *Molecules*, 2012, 17(6): 6953-6981.
- [3] ZHANG H, CHEN X, HE J. Pharmacological Action of Clove Oil and Its Application in Oral Care Products[J]. *Oral Care Industry*, 2009, 19: 23-24.
- [4] FU Xuan, GAO Yuan, YAN Wei-yao, et al. Preparation of Eugenol Nanoemulsions for Antibacterial Activities[J]. *RSC Advances*, 2022, 12(6): 3180-3190.
- [5] GARCÍA-GARCÍA P, LÓPEZ-MUÑOZ F, CALLEJO J, et al. Evolution of Spanish Scientific Production in International Obstetrics and Gynecology Journals during the Period 1986-2002[J]. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 2005, 123(2): 150-156.
- [6] CHEN Chao-mei. CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2006, 57(3): 359-377.
- [7] XIE Lin, CHEN Zhen-hao, WANG Hong-li, et al. Bibliometric and Visualized Analysis of Scientific Publications on Atlantoaxial Spine Surgery Based on Web of Science and Vosviewer[J]. *World Neurosurgery*, 2020, 137: 435-442.
- [8] GUO Sheng-min, WANG Li, XIE Yu-jie, et al. Bibliometric and Visualized Analysis of Stem Cells Therapy for Spinal Cord Injury Based on Web of Science and CiteSpace in the last 20 Years[J]. *World Neurosurgery*, 2019, 132: e246-e258.
- [9] CHEN Chao-mei. Science Mapping: A Systematic Review of the Literature[J]. *Journal of Data and Information Science*, 2017, 2(2): 1-40.
- [10] 李杰, 郭晓宏, 姜亢, 等. 安全科学知识图谱的初步研究——以《Safety Science》期刊数据为例[J]. *中国安全科学学报*, 2013, 23(4): 152-158.
LI Jie, GUO Xiao-hong, JIANG Kang, et al. Preliminary Study of Knowledge Map of Safety Science—Base on Data of Safety Science[J]. *China Safety Science Journal*, 2013, 23(4): 152-158.
- [11] 曾子玲, 佟琳, 刘思鸿, 等. 基于 CiteSpace 知识图谱的麦冬研究热点与趋势分析[J]. *中国中药杂志*, 2021, 46(24): 6549-6557.
ZENG Zi-ling, TONG Lin, LIU Si-hong, et al. Hotspots and Trends of Ophiopogonis Radix Based on CiteSpace Knowledge Map[J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2021, 46(24): 6549-6557.
- [12] 张鑫, 王吉, 胡静荣, 等. 基于 CiteSpace 和文献计量分析平台的鱼糜研究可视化分析[J]. *食品科学*, 2023, 44(1): 362-370.
ZHANG Xin, WANG Ji, HU Jing-rong, et al. Visual Analysis of Surimi Research Using CiteSpace and Bibliometric Analysis Platform[J]. *Food Science*, 2023, 44(1): 362-370.
- [13] 周钰, 刘庆梅, 张军, 等. 基于 Citespace 对抗食物过敏研究领域的可视化分析[J]. *中国食品学报*, 2021, 21(6): 366-374.
ZHOU Yu, LIU Qing-mei, ZHANG Jun, et al. Visualization Analysis of Anti Food Allergy Research Based on Citespace[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2021, 21(6): 366-374.
- [14] 郝毫, 范殊琮, 陈琛. 基于文献计量的食品天然多酚研究进展分析[J]. *食品工业科技*, 2023, 44(3): 325-335.
HAO Hao, FAN Shu-cong, CHEN Chen. Bibliometric Analysis on Research Status of Food Sourced Natural Polyphenols[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2023, 44(3): 325-335.
- [15] CHEN Chao-mei, CHEN Yue, HOROWITZ M, et al. Towards an Explanatory and Computational Theory of Scientific Discovery[J]. *Journal of Informetrics*, 2009,

- 3(3): 191-209.
- [16] 韩丽滨, 孙九光, 张坤朋, 等. 基于 CiteSpace 的国内蜜蜂研究文献的计量学分析[J]. 安阳工学院学报, 2022, 21(2): 99-104.
- HAN Li-bin, SUN Jiu-guang, ZHANG Kun-peng, et al. Bibliometric Analysis on Research Status of Gall Wasp Based on CiteSpace[J]. Journal of Anyang Institute of Technology, 2022, 21(2): 99-104.
- [17] 厉倬学, 赵智丽, 梁洁. 中医药治疗老年性痴呆的知识图谱分析[J]. 中医药导报, 2019, 25(24): 108-112.
- LI Zhuo-xue, ZHAO Zhi-li, LIANG Jie. Knowledge Map Analysis of Traditional Chinese Medicine in Treating Alzheimer's Disease[J]. Guiding Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2019, 25(24): 108-112.
- [18] 张烨, 黄宗海, 胡远樟, 等. 基于 Vosviewer 与 CiteSpace 的中医治疗咳嗽病的可视化分析[J]. 中医药通报, 2020, 19(2): 52-56.
- ZHANG Ye, HUANG Zong-hai, HU Yuan-zhang, et al. Visual Analysis of Chinese Medicine Treatment of Cough Based on Vosviewer and CiteSpace[J]. Traditional Chinese Medicine Journal, 2020, 19(2): 52-56.
- [19] LIANG Yu-dan, LI Ying, ZHAO Jian, et al. Study of Acupuncture for Low back Pain in Recent 20 Years: A Bibliometric Analysis via CiteSpace[J]. Journal of Pain Research, 2017, 10: 951-964.
- [20] 张宇洋, 董建宇, 孙昕, 等. 基于 DNA 分子生物学食性研究领域的文献计量分析[J]. 水产科学, 2022, 41(1): 160-172.
- ZHANG Yu-yang, DONG Jian-yu, SUN Xin, et al. A Review of Bibliometric Analysis of Feeding Habits on DNA-Based Molecular Dietary Research[J]. Fisheries Science, 2022, 41(1): 160-172.
- [21] 陈建烟, 李永裕, 吴少华. 植物精油生物活性作用机理研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(9): 1312-1318.
- CHEN Jian-yan, LI Yong-yu, WU Shao-hua. Advances in Mechanism of Biological Activities of Plant Essential Oils[J]. Natural Product Research and Development, 2012, 24(9): 1312-1318.
- [22] 孙畅. 科学知识图谱对《情报理论与实践》的分析与解读[J]. 科学咨询(科技·管理), 2013(5): 88-89.
- SUN Chang. Analysis and Interpretation of "Information Theory and Practice" by Scientific Knowledge Map[J]. Technology & Management, 2013(5): 88-89.
- [23] 田红玉, 陈海涛, 孙宝国. 食品香料香精发展趋势[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(2): 1-11.
- TIAN Hong-yu, CHEN Hai-tao, SUN Bao-guo. Advances and Trends in Study on Flavors and Flavorings[J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 36(2): 1-11.
- [24] ZEHETNER P, HÖFERL M, BUCHBAUER G. Essential Oil Components and Cytochrome P450 Enzymes: A Review[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2019, 34(4): 223-240.
- [25] 肖畅, 彭婷, 刘继红. 基于 WOS 和 CiteSpace 分析我国近 10 年柑橘研究热点与前沿[J]. 果树学报, 2020, 37(10): 1573-1583.
- XIAO Chang, PENG Ting, LIU Ji-hong. Analysis on Hotspots and Frontiers of Chinese Citrus Research Based on WOS and CiteSpace in the Past Decade[J]. Journal of Fruit Science, 2020, 37(10): 1573-1583.
- [26] 吴雨凌, 马雨辰, 邓胡雪, 等. 基于 CiteSpace 的食品和肠道微生物研究的计量分析[J]. 食品工业科技, 2022, 43(23): 1-10.
- WU Yu-ling, MA Yu-chen, DENG Hu-xue, et al. Quantitative Analysis of Food and Gut Microbiota Based on CiteSpace[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(23): 1-10.
- [27] 吴静静, 任献青, 苏杭, 等. 基于 CiteSpace 对雷公藤多苷研究趋势及热点的可视化分析[J]. 中国药事, 2022, 36(2): 170-178.
- WU Jing-jing, REN Xian-qing, SU Hang, et al. Visualized Analysis of Research Trends and Hotspots of Tripterygium Wilfordii Glycosides Based on CiteSpace[J]. Chinese Pharmaceutical Affairs, 2022, 36(2): 170-178.
- [28] CHEN Chao-mei, HU Zhi-gang, LIU Sheng-bo, et al. Emerging Trends in Regenerative Medicine: A Scientometric Analysis in CiteSpace[J]. Expert Opinion on Biological Therapy, 2012, 12(5): 593-608.
- [29] WANG Yi-zu, WU Cheng-cheng, WANG Xue-qiang. Bibliometric Study of Pain after Spinal Cord Injury[J]. Neural Plasticity, 2021, 2021: 1-15.
- [30] XIANG Cui-yun, WANG Yuan, LIU Hui-wen. A Scientometrics Review on Nonpoint Source Pollution Research[J]. Ecological Engineering, 2017, 99: 400-408.
- [31] 张博文, 李雪银, 江改青, 等. 水产品中常用麻醉剂及其检测方法的研究进展[J]. 食品安全导刊, 2022(15): 180-184.
- ZHANG Bo-wen, LI Xue-yin, JIANG Gai-qing, et al.

- Research Progress on the Common Anesthetics and Inspection Methods in Aquatic Products[J]. China Food Safety Magazine, 2022(15): 180-184.
- [32] 李朝, 柯常亮, 古小莉, 等. 麻醉剂丁香酚对鳗弧菌抑菌效果初步研究[J]. 南方水产科学, 2019, 15(2): 58-63.
- LI Chao, KE Chang-liang, GU Xiao-li, et al. Preliminary Study of Antibacterial Effects of Fish Anesthetic Eugenol on *Vibrio Anguillarum*[J]. South China Fisheries Science, 2019, 15(2): 58-63.
- [33] 王帆, 张亚新, 杨计林, 等. 高功率脉冲微波协同丁香酚对河蟹肉的保鲜作用[J]. 中国食品学报, 2022, 22(6): 251-258.
- WANG Fan, ZHANG Ya-xin, YANG Ji-lin, et al. River Crab(*Eriocheirs sinensis*) Preserved with High Power Pulsed Microwave and Eugenol[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2022, 22(6): 251-258.
- [34] 廖李, 张莉会, 胡杨, 等. 不同包装结合硅藻土负载丁香酚缓释对草莓贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(19): 263-271.
- LIAO Li, ZHANG Li-hui, HU Yang, et al. Effect of Different Packaging Treatments Combined with Eugenol-Loaded Diatomite on Storage Quality of Strawberry[J]. Food Science, 2019, 40(19): 263-271.
- [35] 刘永, 颜冬梅, 李志伟. 丁香酚/大豆蛋白膜对圣女果保鲜效果的研究[J]. 中国食品添加剂, 2017(4): 83-87.
- LIU Yong, YAN Dong-mei, LI Zhi-wei. Effect of Eugenol/Soy Protein Film on Preservation of Cherry Tomatoes[J]. China Food Additives, 2017(4): 83-87.
- [36] 吴少明, 蔡小明, 周鹏, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法同时测定水产品中 6 种丁香酚类物质的残留量[J]. 食品科学, 2020, 41(16): 320-326.
- WU Shao-ming, CAI Xiao-ming, ZHOU Peng, et al. Determination of 6 Eugenol Residues in Aquatic Products by Ultra-High Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry[J]. Food Science, 2020, 41(16): 320-326.
- [37] 马集成, 黎广超, 苏瑞宁. 丁香罗勒油的提取及丁香酚分离研究[J]. 广西化工, 1990, 19(4): 32-33.
- MA Ji-cheng, LI Guang-chao, SU Rui-ning. Study on Extraction of Clove Basil Oil and Separation of Eugenol[J]. Technology & Development of Chemical Industry, 1990, 19(4): 32-33.
- [38] 王兴益, 陈彦龙, 李攻科. 氟化共价有机聚合物固相微萃取-高效液相色谱测定水产品中丁香酚类麻醉剂[J]. 色谱, 2021, 39(9): 1012-1020.
- WANG Xing-yi, CHEN Yan-long, LI Gong-ke. Solid Phase Microextraction-High Performance Liquid Chromatography of Fluorinated Covalent Organic Polymer to Determine Eugenol Anesthetics in Aquatic Products[J]. Chinese Journal of Chromatography, 2021, 39(9): 1012-1020.
- [39] ZHU Li-juan, HU Wan-feng, MURTAZA A, et al. Eugenol Treatment Delays the Flesh Browning of Fresh-Cut Water Chestnut (*Eleocharis Tuberosa*) through Regulating the Metabolisms of Phenolics and Reactive Oxygen Species[J]. Food Chemistry X, 2022, 14: 100307.
- [40] BAI Xiang-yang, LI Xue-jiao, LIU Xue, et al. Antibacterial Effect of Eugenol on *Shigella Flexneri* and Its Mechanism[J]. Foods, 2022, 11(17): 2565.
- [41] 王知津, 李圆方, 李巧英, 等. 基于 WoS 分析的信息行为研究现状与趋势[J]. 现代情报, 2020, 40(7): 152-166.
- WANG Zhi-jin, LI Yuan-fang, LI Qiao-ying, et al. Research on the Status and Trends of Information Behavior Based on WoS Analysis[J]. Journal of Modern Information, 2020, 40(7): 152-166.
- [42] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
- CHEN Yue, CHEN Chao-mei, LIU Ze-yuan, et al. The Methodology Function of Cite Space Mapping Knowledge Domains[J]. Studies in Science of Science, 2015, 33(2): 242-253.
- [43] SALLES TREVISAN M T, VASCONCELOS SILVA M G, PFUNDSTEIN B, et al. Characterization of the Volatile Pattern and Antioxidant Capacity of Essential Oils from Different Species of the Genus *Ocimum*[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(12): 4378-4382.
- [44] TAKAHASHI H, NAKAMURA A, FUJINO N, et al. Evaluation of the Antibacterial Activity of Allyl Isothiocyanate, Clove Oil, Eugenol and Carvacrol Against Spoilage Lactic Acid Bacteria[J]. LWT, 2021, 145: 111263.
- [45] 蒋志国, 杨劲松. 中草药保鲜剂筛选及有效成分分析[J]. 保鲜与加工, 2006, 6(1): 18-20.
- JIANG Zhi-guo, YANG Jin-song. Screening of Chinese Herbal Medicines Against Fungus Causing Deterioration

- of Fruits and Vegetables and Analysis of Activated Compositions[J]. *Storage & Process*, 2006, 6(1): 18-20.
- [46] 钟业俊, 徐欣源, 刘成梅, 等. 茶树油、丁香酚和柠檬醛对荔枝黑曲霉的抑制作用[J]. *食品科学*, 2012, 33(11): 21-24.
- ZHONG Ye-jun, XU Xin-yuan, LIU Cheng-mei, et al. Inhibitory Effects of Tea Tree Oil, Eugenol and Citral on *Aspergillus Niger* in Litchi[J]. *Food Science*, 2012, 33(11): 21-24.
- [47] JU Jian, XIE Yun-fei, YU Hang, et al. Analysis of the Synergistic Antifungal Mechanism of Eugenol and Citral[J]. *LWT*, 2020, 123: 109128.
- [48] ZHANG L, ZHANG J, MA L, et al. Preparation and Characterization of Eugenol Nanocapsules by Self-Assembly Method[J]. *Food Science*, 2018, 39(8): 198-204.
- [49] CHEN Kai, ZHANG Min, MUJUMDAR A S, et al. Quinoa Protein-Gum Arabic Complex Coacervates as a Novel Carrier for Eugenol: Preparation, Characterization and Application for Minced Pork Preservation[J]. *Food Hydrocolloids*, 2021, 120: 106915.
- [50] TOUSHIK S H, PARK J H, KIM K, et al. Antibiofilm Efficacy of *Leuconostoc Mesenteroides* J.27-Derived Postbiotic and Food-Grade Essential Oils Against *Vibrio Parahaemolyticus*, *Pseudomonas Aeruginosa*, and *Escherichia Coli* Alone and in Combination, and Their Application as a Green Preservative in the Seafood Industry[J]. *Food Research International*, 2022, 156: 111163.

责任编辑: 彭颀