

◆特邀专稿◆

基于 CiteSpace 国内外百香果研究热点及发展趋势的可视化分析^{*}莫干辉¹, 刘 迪², 张莉娟¹, 唐 鑫², 吴柳杰³, 覃爱颖^{2**}

(1. 广西壮族自治区亚热带作物研究所, 农业农村部亚热带果品蔬菜质量安全控制重点实验室/广西亚热带特色水果质量安全控制重点实验室, 广西南宁 530001; 2. 广西职业技术学院农业工程学院, 广西南宁 530226; 3. 南宁师范大学环境与生命科学学院, 广西南宁 530100)

摘要:为分析国内外百香果(*Passiflora edulis* Sims)研究热点和趋势, 本文采用文献计量法和 CiteSpace 6.3.R2 软件, 整理 1993 年 1 月至 2023 年 12 月在 Web of Science 和中国知网(CNKI)数据库中 with 百香果研究相关的文献, 分别从中英文文献的发文数量、国家合作网络、突现关键词和演变趋势等方面进行可视化分析。结果表明, 国内外百香果研究领域近 30 年的年发文量呈波动上升趋势, 英文文献和中文文献的发文量整体上相差不大。从作者分布来看, 百香果研究文献的作者主要分布在巴西、中国、美国等国家, 中国作者与巴西、意大利和美国等国家作者之间的合作研究较频繁。从关键词分析可知, 国内外百香果的研究热点主要集中在栽培技术、病虫害防治和产业化发展等领域, 研究趋势聚焦在栽培学、食品加工、分子生物学、逆境生理等领域。因此, 在未来一段时间内, 对百香果功能性成分的深入研究与应用、加工产品的开发创新, 以及分子育种和栽培技术优化等将继续作为研究重点, 研究结果可为百香果产业的发展提供参考。

关键词:百香果; CiteSpace; 研究热点; 可视化分析; 知识图谱

中图分类号: S667.9 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2025)01-0007-12

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20241231.002

百香果(*Passiflora edulis* Sims)学名西番莲, 为西番莲科(Passifloraceae)西番莲属(*Passiflora*)多年生常绿藤本植物^[1], 原产于南美洲亚马孙河热带雨林地区, 主要分布在东南亚、澳大利亚、南美洲及非

洲南部等热带和亚热带地区^[2]。根据联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)统计, 2018 年, 巴西、哥伦比亚和印度尼西亚等百香果主要产地的年产量约为 150

收稿日期: 2024-07-19

修回日期: 2024-09-05

* 广西自然科学基金项目(2021GXNSFBA196005), 广西科技重大专项(桂科 AA22068091-1), 广西农业科学院基本科研业务专项(桂农科 2022JM94, 桂农科 2022YM14)和南宁市科技重点研发计划(20232058)资助。

【第一作者简介】

莫干辉(1993—), 男, 助理研究员, 主要从事百香果育种和病理研究。

【**通信作者简介】

覃爱颖(1992—), 女, 农艺师, 主要从事百香果生理研究, E-mail: 993204912@qq.com。

【引用本文】

莫干辉, 刘迪, 张莉娟, 等. 基于 CiteSpace 国内外百香果研究热点及发展趋势的可视化分析[J]. 广西科学, 2025, 32(1): 7-18.

MO G H, LIU D, ZHANG L J, et al. Visual Analysis of Domestic and International Research Hotspots and Trends on *Passiflora edulis* Sims Based on CiteSpace [J]. Guangxi Sciences, 2025, 32(1): 7-18.

万吨, 其中, 巴西是全球百香果的重要生产国, 年产量达 69 万吨^[3]。我国主要的百香果产地分布于广西、福建、广东和海南等地^[4], 2020 年, 我国百香果年产量超百万吨, 其中, 广西年产量达 31.28 万吨, 居全国第一^[5]。百香果富含脂肪、蛋白质、铁、维生素等营养物质^[6], 除了鲜食, 还可以加工成果汁^[7]、果酒^[8]、果脯^[9]和果酱^[10]等产品, 深受消费者喜爱, 其市场需求量呈逐年持续增长趋势^[11]。随着百香果产业规模不断扩大, 学者纷纷从遗传育种^[12]、栽培技术^[13]、病虫害防治^[14-16]和加工等方面开展大量研究。鉴于此, 系统梳理该领域的发展现状并分析未来研究方向, 能够为技术优化与市场拓展提供科学支撑, 助力产业高质量发展。

近年, 许多学者以不同主题词对百香果领域的文献进行分析, 王翔宇等^[17]和 Thokchom 等^[18]以“百香果”为主题词, 对百香果的品种类型、生长习性、育种栽培、病虫害防治和果实储运等方面进行分析和解读, 为百香果的育种栽培和采后管理等提供参考。庞纪伟等^[19]以“挥发性物质”为主题词, 对百香果的挥发性物质种类与含量, 以及发育、贮藏和加工过程中影响挥发性物质变化的因素和代谢机理等进行概述, 为百香果挥发性成分的深入研究指明了方向。黄修莲等^[20]和 Biswas 等^[21]以“加工”为主题词, 对百香果现有的物理保鲜、化学保鲜和生物技术保鲜等保鲜技术, 以及百香果果皮加工、果汁加工、果籽成分提取等提升其商品价值的加工方式进行分析和解读, 为推动百香果产业发展提供了借鉴。Fonseca 等^[22]以“Purple passion fruit”(紫色百香果)为主题词, 对紫色百香果的保健功能进行研究, 发现其果皮、果肉、种子均可提取出具有抗氧化、抗炎、抗菌和抗真菌的酚类化合物, 特别是果皮提取物对哮喘、高血压、骨关节炎和糖尿病等慢性疾病具有潜在治疗作用, 为百香果保健功能的深入研究和应用提供了全面的视角。

然而, 关于百香果研究的综述文献大多为文献资料的归纳和总结, 缺乏基于知识图谱的文献系统性分析总结。本研究从文献计量学的角度出发, 采用 CiteSpace 6.3.R2 软件, 以 Web of Science 和中国知网(CNKI)数据库中有关百香果研究的文献为数据源, 对国内外百香果领域近 30 年的文献进行数据挖掘和计量分析, 采取共现分析和聚类分析等方法, 以信息可视化的方式直观、清晰地展示百香果研究领域的热点和知识前沿, 对全面了解百香果领域的研究状况具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本文研究文献数据来源于 Web of Science 和 CNKI 数据库。在 Web of Science 数据库中, 设定检索格式为 TS = (“Passion fruit” OR “*Passiflora edulis* Sims”), 文献类型选择“Article”, 检索时间段为 1993 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日, 剔除无关、重复数据, 整理后获得文献 2 293 篇。在 CNKI 数据库中, 以“百香果”为主题词检索发表于 1993 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日的中文文献, 筛选学术期刊类别为 SCI 来源期刊、EI 来源期刊、北大核心期刊、CSSCI 来源期刊和 CSCD 来源期刊的期刊, 剔除无关、重复数据, 整理后获得文献 2 227 篇。

1.2 方法

本研究利用 Web of Science 和 CNKI 数据库的分析报告功能, 统计各年份百香果领域文献的发文量, 并将检索到的所有文献记录及其引用文献以纯文本格式导出。然后采用 CiteSpace 6.3.R2 软件分别开展合作网络分析、共现分析、聚类分析和突现分析, 并在整个过程中统一设定发文量、被引频次、中介中心性和突现强度(Strength)等计量参数, 以此绘制知识图谱, 展示国内外研究热点与发展趋势。

在国家合作网络分析中, 将软件中 Node types 设为“country”, 采用 Pruning sliced networks 与 Pathfinder 法对网络进行精简^[23]。图中每个节点代表一个国家, 节点半径反映发文量大小, 外圈粗细表示中介中心性水平; 节点间连线则表征国家之间的合作强度, 其粗细与合作频次呈正相关。作者合作网络也基于同样的思想构建: 每个节点对应一位作者, 节点大小以发文量衡量, 连线粗细表示作者之间的协作紧密度, 可用于识别领域内的核心学者及其协同模式^[24]。

关键词聚类分析用于挖掘学科主要研究趋势及关注焦点, 其聚类质量由模块性(Q)值和平均轮廓系数(S)值评估, Q 值 >0.3 表示聚类结构显著, S 值 >0.5 表示聚类合理^[25]。各聚类内部包含若干高关联性词汇, 编号越小的聚类代表词汇量越多, 并以该聚类中权重最高的关键词作为代表标签。通过关键词突现分析识别新兴概念和研究议题, 关键词的突现强度越大, 说明该主题在特定时期内受关注程度越高; Begin 和 End 则分别标示突现关键词的出现与结束年份, 帮助预测百香果研究的前沿动向^[26]。

2 结果与分析

2.1 发文趋势

图 1 为中英文文献的发文量趋势,可反映百香果研究的发展进程。百香果中英文文献的发文量总体呈增长趋势,1993—2006 年为百香果研究初期,此阶段国内外发文量均不多,这是因为相关研究处于起步阶段,学者们发表的文章较少。2006—2016 年中文文献发文量的增长速度不明显,而英文文献发文量则缓慢增多。2016—2021 年为波动上升阶段,该阶段中英文文献的发文量开始有明显增加,虽然部分年份

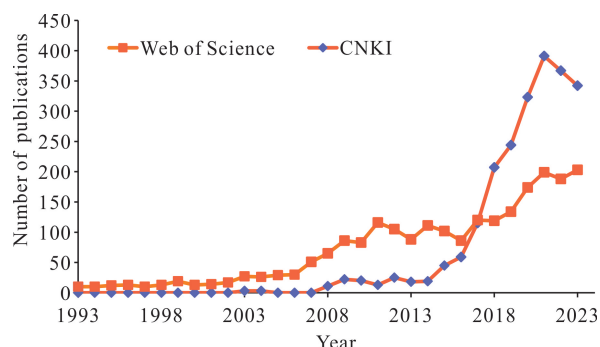


图 1 1993—2023 年百香果研究文献数量的变化趋势

Fig. 1 Trends in the number of literatures on *Passiflora edulis* Sims research literature from 1993 to 2023

CiteSpace, v. 6.3.R2 (64-bit) Advanced
June 30, 2024, 1:36:52 PM IRKT
WoS: \\Mac\Home\Desktop\citespace-test_副本\data
Timespan: 1993-2023 (Slice Length=1)
Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=3.0, L/N=10, LBV=5, e=1.0
Network: N=90, E=265 (Density=0.0712)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: None
Excluded:

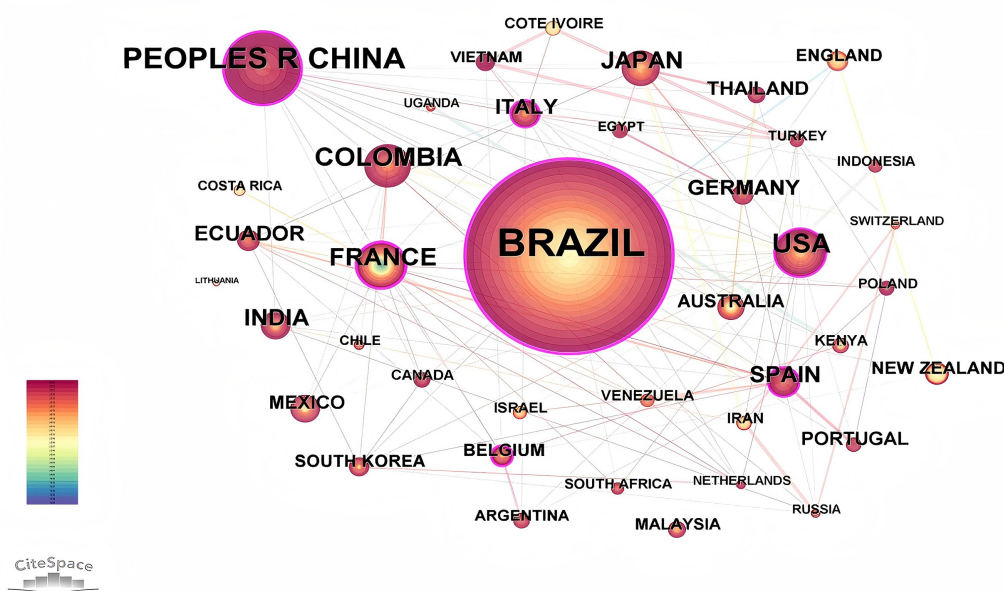


图 2 1993—2023 年 Web of Science 数据库中百香果研究文献作者的国家分布

Fig. 2 Country distribution of authors of *Passiflora edulis* Sims research literature from 1993 to 2023 in Web of Science database

有所下降,但总体呈上升趋势。2021—2023 年,中文文献发文量逐渐下降,但仍保持 300 篇以上的年发文量;英文文献发文量依然呈波动上升趋势,年发文量保持在 150 篇以上。

2.2 国家来源合作分析

Web of Science 数据库中百香果研究文献作者的国家分布如图 2 所示,发文量排名前 8 的国家分别为巴西(383 篇)、中国(201 篇)、美国(132 篇)、哥伦比亚(109 篇)、法国(90 篇)、日本(67 篇)、印度(59 篇)、西班牙(52 篇),表明这 8 个国家在该领域相关研究较多。中介中心性排名前 6 的国家分别为巴西(0.51)、中国(0.24)、法国(0.22)、美国(0.17)、西班牙(0.13)、意大利(0.12)。巴西作为世界上百香果种植面积最大的国家,发文量最多,中介中心性排名位于第 1 位。中国的发文量和中介中心性排名均位于第 2 位,说明中国在国际合作研究中较为活跃,且与巴西、意大利、美国等国家间的相互合作研究较频繁,但从连线的粗细程度来看,研究深度有待加强。法国的发文量虽低于美国和哥伦比亚,但中介中心性排名位于第 3 位,和其他国家的连线也较多且粗,说明法国在百香果研究方面与其他国家联系密切,且学术影响力较高。

2.3 作者合作共现分析

Web of Science 和 CNKI 数据库中百香果研究文献的作者分布分别如图 3、图 4 所示。在 Web of Science 数据库中, 近 30 年共有 1 001 位作者发表与百香果研究相关的文献, 并产生了 1 589 条合作连线。国际上发文量排名前 5 的作者分别为 Viana Alexandre Pio (48 篇)、de Jesus Onildo Nunes (36 篇)、Gheyi Hans Raj (34 篇)、Faleiro Fabio Gelape (30 篇) 和 Jose Ricardo Peixoto (28 篇), 以这 5 个作者为核心形成的团队在百香果研究领域中有较高的影响力, 发表了大量研究成果且相关研究较为新颖前沿。根据图中的节点连线可知, Viana Alexandre Pio、de Jesus Onildo Nunes 和 Gheyi Hans Raj 位于核心位置, 他们与其他研究者之间的协同关系较为紧

密, 其中 Viana Alexandre Pio 的发文量最多且中介中心性最高, 表明该作者的研究内容在百香果研究领域产生了深远影响, 发挥一定枢纽作用。在 CNKI 数据库中, 共有 574 位作者发表与百香果研究相关的文献, 并产生了 650 条合作连线。在国内百香果研究领域发文量排名前 3 的作者分别为陈楠(19 篇)、袁启凤(19 篇)、李安定(18 篇)、张文斌(18 篇)、蔡国俊(16 篇) 和张丽敏(16 篇), 表明近 30 年内我国关于百香果的研究有较稳定的作者群。作者之间的连线较粗, 表明他们之间的合作较为紧密, 其中, 核心团队主要为陈楠、张文斌、蔡国俊、何仁 4 位作者所在的团队, 他们在国内百香果研究领域影响力较高, 其研究的内容和方法思路都值得相关研究人员重点参考和广泛关注。

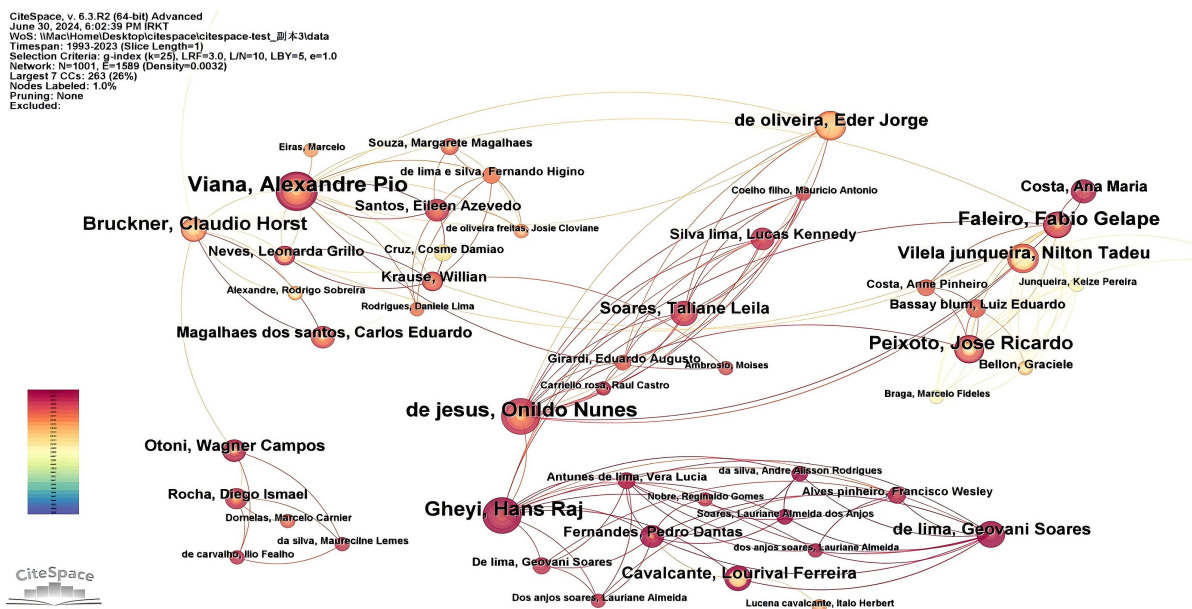


图 3 1993—2023 年 Web of Science 数据库中百香果研究文献的作者分布

Fig. 3 Authors distribution of *Passiflora edulis* Sims research literature from 1993 to 2023 in Web of Science database

2.4 关键词分析

2.4.1 关键词聚类分析

本研究中, Web of Science 和 CNKI 数据库关键词聚类图谱的 Q 值分别为 0.499 0 和 0.562 4, S 值分别为 0.780 7 和 0.934 1, 这表明图谱的聚类基本合理, 且其聚类结构显著。在 Web of Science 数据库中, 除去检索词“passion fruit”后, 百香果研究文献的关键词聚类主要为 8 类, 分别为“phenolic compounds”(酚类化合物)、“molecular markers”(分子标记)、“salt stress”(盐胁迫)、“clarification”(澄清)、

“adsorption”(吸附)、“*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*”(百香果黄果种)、“passion fruit woodiness disease”(百香果木纹病)、“*Brevipalpus phoenicis*”(紫红短须螨)。因此, 国外百香果的主要研究内容为植物生理生化、果品加工、种质鉴定和病虫害 4 个主题(图 5)。在 CNKI 数据库中, 除去检索词“百香果”后, 百香果研究文献的关键词聚类主要为 8 类, 分别为“百香果皮”“栽培技术”“病虫害”“品质”“百香果汁”“病毒”“果汁酒”“营养成分”, 主要研究内容可归纳为果品深加工、栽培技术、病虫害 3 个主题(图 6)。

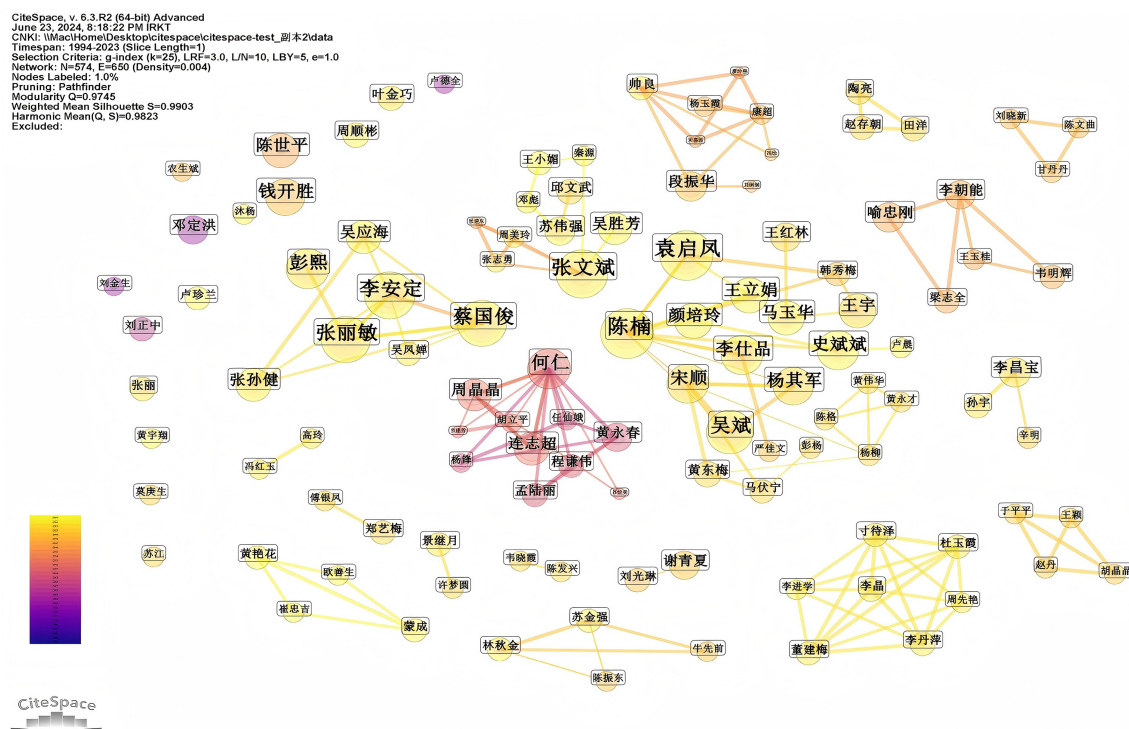


图 4 1993—2023 年 CNKI 数据库中百香果研究文献的作者分布

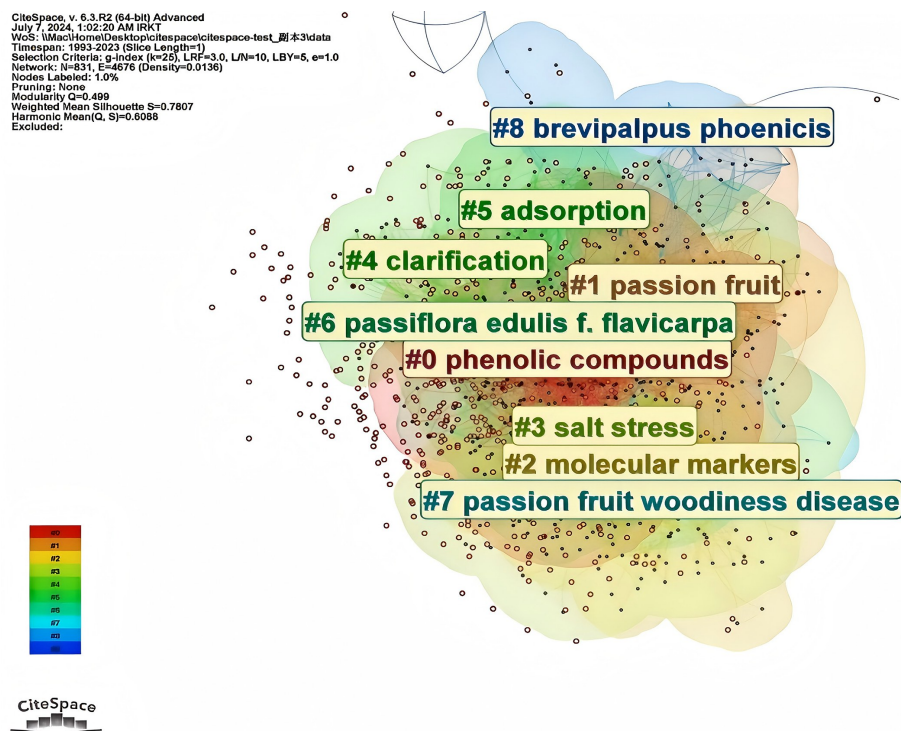
Fig. 4 Authors distribution of *Passiflora edulis* Sims research literature from 1993 to 2023 in CNKI database

图 5 1993—2023 年 Web of Science 数据库中百香果研究文献的关键词聚类图谱

Fig. 5 Keyword clustering of *Passiflora edulis* Sims research literature from 1993 to 2023 in Web of Science database

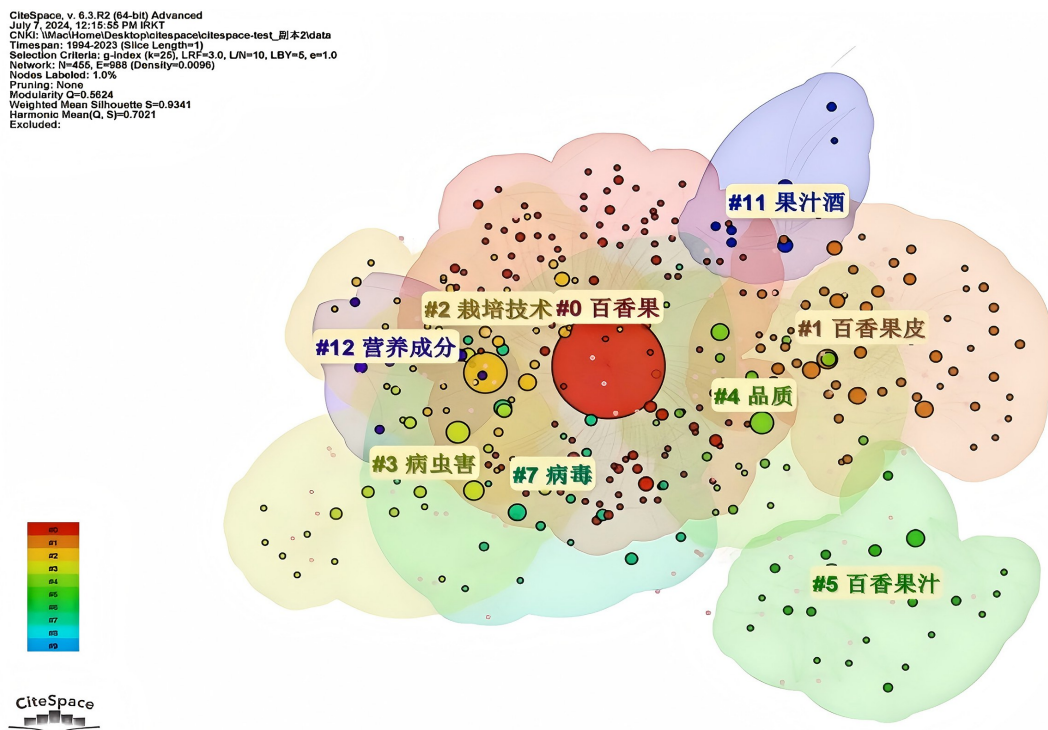


图 6 1993—2023 年 CNKI 数据库中百香果研究文献的关键词聚类图谱

Fig. 6 Keyword clustering of *Passiflora edulis* Sims research literature from 1993 to 2023 in CNKI database

2.4.2 突现关键词分析

图 7 和图 8 展现了在 Web of Science 和 CNKI 数据库中按照出现时间早晚排名前 25 位的突现关键词。在 Web of Science 数据库中,最早出现的突现关键词为“aroma components”(香气成分),突现强度为 5.21,表明早期国外学者对百香果的研究主要集中在香气成分的分析上。在 2020 年,“salt stress”(盐胁迫)作为突现关键词出现,表明百香果重点研究内容从品质研究转向了逆境生物学研究,盐胁迫研究主要包括盐碱环境对百香果产量和果实品质^[27]、植株氮磷钾积累^[28]、叶片呼吸的影响^[29]等。“*Passiflora alata*”(翅茎西番莲)在突现关键词中持续时间最长,表明在 2000—2014 年,翅茎西番莲是当时百香果研究最重要的对象,学者们主要关注该品种提取物的生物活性^[30]和抗氧化功能^[31]等。突现强度大于 9 的关键词有“*Passiflora edulis*”(百香果, 13.02)、“yellow passion fruit”(百香果黄果种, 10.03)、“salt stress”(盐胁迫, 9.53),表明这 3 个研究方向在百香果研究领域具有重要地位。

在 CNKI 数据库中,最早出现的突现关键词为“百香果醋”。突现强度最高的是关键词为“无公害”(4.33),该词的突现时间从 2016 年持续到 2018 年,这表明百香果的无公害种植是这一时期的研究重点,

相关研究主要包括无毒苗木的选择^[32]、种植选地^[33]、修剪技术、施肥方式^[34],以及物理防治和生物防治^[35-36]等病虫害防治方法。此外,突现强度较高的关键词有“高产栽培”和“栽培”,突现强度均在 3 以上,突现时间分别为 2015—2019 年和 2019—2020 年,表明有较多学者关注百香果的栽培,且研究热度持续时间较长。2019—2020 年,“一年一植”模式在百香果种植中得到广泛应用。同时,研究者结合百香果藤本的生长特性,探索了平棚式^[37-38]、垂帘式^[39-40]、篱架式^[41]等多种栽培管理方式对果实产量与品质的影响。最新的突现关键词为 2021 年出现的“果实品质”“贮藏”和“低温”,表示这些方面的研究热度在持续上升。百香果是呼吸跃变型果实,在收获之后会迅速出现水分流失、皱缩、褐变和风味改变等现象,影响其在市场上的货架寿命和价值^[42]。为了延缓这些不良变化并延长果实的货架期,学者们分别探讨了热处理^[43]、低温^[44]等物理保鲜技术,保鲜剂、抗氧化剂^[45]等化学保鲜技术,以及利用水杨酸^[46]、海藻酸钠^[47]等天然提取物的生物保鲜技术对百香果果实贮藏品质的影响。

通过分析 Web of Science 和 CNKI 数据库中百香果领域的相关突现词,发现该领域的研究内容多聚焦于栽培技术、贮藏方式和果品深加工等方面。近年

来有关研究日趋成熟,涌现大量研究成果,为预测百香果领域研究新兴趋势奠定了基础。

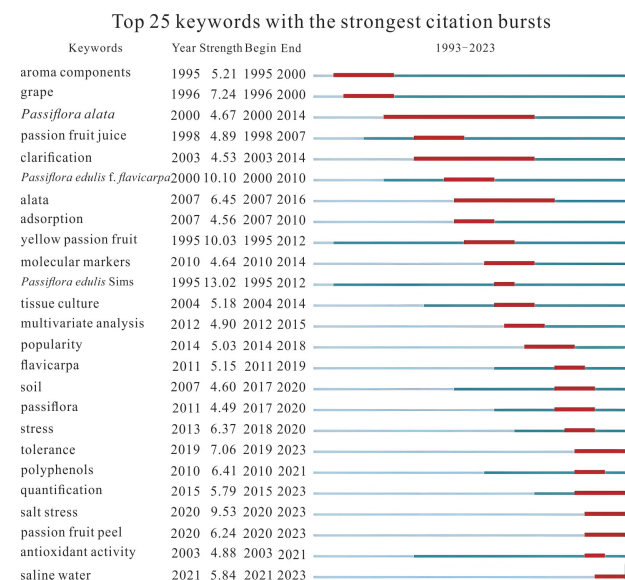


图7 1993—2023年 Web of Science 数据库中百香果研究文献的突现关键词

Fig. 7 Burst keywords of *Passiflora edulis* Sims research literature from 1993 to 2023 in Web of Science database

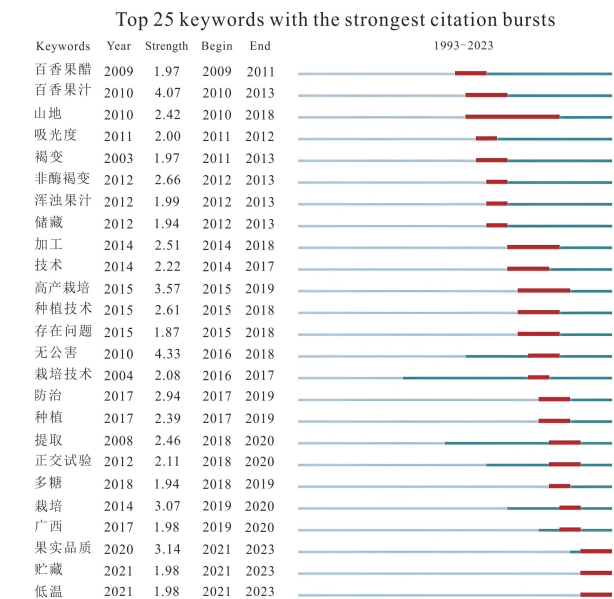


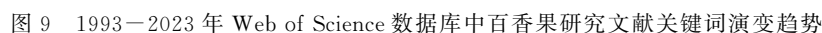
图8 1993—2023年 CNKI 数据库中百香果研究文献的突现关键词

Fig. 8 Burst keywords of *Passiflora edulis* Sims research literature from 1993 to 2023 in CNKI database

2.4.3 关键词演变趋势分析

Web of Science 数据库中百香果研究文献关键词演变趋势如图9所示。1993—2006年为国外百香果研究的起步阶段,关键词量较少,主要研究关键词集中在“yellow passion fruit”(黄色百香果)、“passion fruit juice”(百香果果汁)、“disease”(病害)、“dietary fiber”(膳食纤维)、“antioxidant activity”(抗氧化活性)等,这一阶段国外学者研究热点主要集中在百香果果肉。2006—2021年为研究飞速发展阶段,“quality”(品质)、“plants”(种植)、“phenolic compounds”(酚类化合物)、“bioactive compounds”(生物活性化合物)等关键词数量迅速递增,说明国外对百香果的研究趋于多元化。2023年后,“passion fruit peel”(百香果果皮)、“potassium”(钾)、“hydrogen peroxide”(过氧化氢)、“gene expression”(基因表达)等词汇开始出现,这表明对百香果的研究正从果肉品质延伸到果皮功能化利用、矿质营养对果实品质的调控、氧化应激与保鲜技术,以及分子生物学层面的基因表达机制,体现了百香果研究向综合开发与机理解析的深入转变。

CNKI 数据库中百香果研究文献关键词演变趋势如图10所示。国内百香果研究内容主要可以分为3个阶段,第一阶段为2004—2011年,是研究起步阶段,有“栽培技术”“复合饮料”“百香果汁”“无公害”等少量关键词出现,表明在该阶段学者重点关注的是栽培方式及饮料加工。第二阶段为2011—2021年,是研究飞速发展阶段,在地方政府扶贫政策和市场需求的刺激下^[48-49],这期间国内百香果种植面积迅速扩大,各地学者纷纷进入百香果研究领域,并结合产业需求开始研究;此阶段出现了大量的关键词,包括“对策”“品质”“百香果皮”“产业”“精准扶贫”“乡村振兴”“加工工艺”等,表明该阶段学者主要关注百香果的品质提升、产业化及加工工艺优化,以及与精准扶贫和乡村振兴相结合的综合发展对策。第三阶段为2021—2023年,是研究深度发展阶段,涌现出“贮藏”“冻害”“感官评价”“复合果汁”“风味”等关键词,表明该阶段学者重点关注果品的采后贮藏和加工,以及极端天气和病害对百香果的影响。



CiteSpace, v. 5.3.R2 (64-bit) Advanced
June 23, 2024, 10:11:23 PM IRKT
CNKI: \\Mac\Home\Desktop\citespace\citespace-test_副本2\data
Timespan: 1994-2023 (Slice Length=1)
Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, e=1.0
Network: N=455, E=988 (Density=0.0096)
Largest CC= 413 (90%)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: None
Modularity Q=0.9745
Weighted Mean Silhouette S=0.9903
Harmonic Mean(Q, S)=0.9823
Excluded:

栽培技术

提取

正交试验

复合饮料

果胶

引种

生产工艺

应用

果籽油

果膏

果汁

响应面

百香果汁

无公害

高产

山地

百香果籽

育苗

栽培

技术

配方

加工

关键技术

货架期

病虫害

西番莲

茎基腐病

高产栽培

种植技术

病虫害防治

存在问题

品种

花色苷

发展思路

柳江县

抗氧化性

加工工艺

种植

优化

内生细菌

病毒

乙醇

多酚

广西

抗疲劳

营养成分

乳饮料

坐果

品质

产业

优质

总黄酮

发酵工艺

丰产

发展现状

多糖

气候条件

保健功能

管理

精准扶贫

分离纯化

百香果皮

发酵

果酒

工艺优化

贮藏

发芽糙米

贮藏

风味

稳定剂

超高压

稳定性

提取工艺

一年一种

生长发育

嫁接

感官评价

砧木

复合果汁

1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023

图 10 1993—2023 年 CNKI 数据库中百香果研究文献关键词演变趋势

Fig. 10 Evolution trend of keywords in *Passiflora edulis* Sims research literature from 1993 to 2023 in CNKI database

3 讨论

百香果因其独特的香气和营养价值而广受消费

者欢迎,已成为近年来农业科学和食品科学研究的热点。随着消费者对健康食品需求的增加,以及分子生物学领域的持续发展,预计未来百香果的研究将围绕

以下 3 个方面展开。

(1) 功能性成分的深入研究与应。百香果富含多酚类物质、生物碱、抗氧化物质等天然活性成分^[50], 具有降血压、抗衰老、消炎、宁神等功效^[51], 且果籽中丰富的白皮杉醇和三棱素 B 已被证实对主动脉和冠状动脉具有保护作用^[52]。近期研究表明, 百香果果壳提取物对热应激小鼠具有一定的保护作用, 可有效缓解小鼠因温度升高引起的呼吸加快和心力衰竭等症状, 降低肝脏和肾脏组织的热损伤^[53]。未来的研究将进一步探讨这些功能性成分具体的健康益处, 研究成果有望促进百香果在药物和保健品行业的应用。

(2) 加工产品的开发与创新。目前, 百香果除了鲜食, 还可用于果汁、果茶加工等^[54], 百香果发酵型饮品的加工是目前的研究热点之一。苏龙等^[55]从腐烂的百香果中成功分离并筛选出一种巴氏醋酸杆菌 (*Acetobacter pasteurianus*), 将其用于百香果果醋生产, 醋酸的产量可达到 $4.58 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。张国芸等^[56]采用 La-Ba 果酒酵母和保加利亚乳杆菌 (*Lactobacillus bulgaricus*) 作为发酵菌种, 对低醇百香果酒的发酵工艺进行了优化, 发现在初始糖含量为 18%、酵母接种量为 0.05%、发酵 4 d 的条件下, 制得的百香果酒色泽清亮、口感清爽、酒香协调、酸甜适中。百香果加工产品的研发将成为一个重要的研究趋势, 这类研究将侧重于保持百香果的营养成分和感官品质, 同时延长产品的保质期。

(3) 分子育种与栽培技术优化。随着生物技术的进步, 研究人员将通过基因工程和传统育种技术改良开发更适应气候变化、病虫害抵抗力更强的百香果新品种。Freitas 等^[57]对 *P. edulis* (易感品种) 和 *P. setacea* (抗性品种) 杂交得到的 369 个基因型的百香果种质进行了豇豆蚜传花叶病毒 (Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus, CABMV) 抗性评估, 并根据疾病进展曲线面积 (Area Under The Disease Progress Curve, AUDPC), 筛选出了抗 CABMV 的杂交后代。Cerqueira-Silva 等^[58]采用分子标记技术, 通过 23 个微卫星位点和 6 个预变量, 分析了 36 份百香果种质对木纹病毒、赤霉病及炭疽病的抗性, 结果表明, “BGP208”和“BGP029”对木质化病毒和赤霉病有抗性, 而“BRS Gigante Amarelo”对炭疽病有较强抗性。同时, 优化栽培技术, 如土壤肥力控制和修剪管理等, 也将是提升百香果产量和质量的关键研究方向。刘智成等^[59]发现, 将百香果种植过程中的氮肥施用量

减少至 $192 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 并配合定植苗生长枝条强修剪措施, 与常规栽培相比, 百香果的总糖含量增加 25.89%, 酸含量降低 28.18%, 单株产量提高 71.74%。随着智能农业技术的集成, 利用物联网、大数据分析和人工智能来监测和管理百香果生长环境, 优化肥水使用效率, 也是未来百香果栽培技术优化的关键方向之一。

4 结论

本研究借助 CiteSpace 6.3.R2 软件对 1993—2023 年 Web of Science 和 CNKI 数据库中百香果相关文献进行计量统计和可视化分析, 对该领域文献年发文量、国家合作网络、研究热点和前沿趋势、突现关键词等进行了深入分析, 并得到以下结论: (1) 从文献发表时间来看, 1993—2023 年国内外百香果研究的年发文量总体呈波动上升趋势, 该领域在 2017—2021 年为研究热门, 文献数量呈激增趋势, 整体上英文文献和中文文献发文量相差不大。 (2) 从作者分布来看, 百香果研究文献的作者主要分布在巴西、中国、美国等国家, 中国作者与巴西、意大利和美国等国家作者之间的合作研究较频繁。贡献较高的作者是 Viana Alexandre Pio、de Jesus Onildo Nunes、Gheyi Hans Raj、陈楠、袁启凤等。 (3) 研究热点方面, 百香果相关研究主要围绕栽培技术、果实品质、病虫害防治、加工工艺等方面展开。近年来国内外学者的研究聚焦在果品深加工、基因表达、贮藏和逆境生理等领域。预计未来将开展功能性成分的深入分析与应用、加工产品的开发与创新, 以及分子育种与栽培技术优化等方面的研究。

参考文献

- [1] 吴斌, 黄东梅, 邢文婷, 等. 不同黄金百香果品种果肉挥发性成分分析[J]. 中国果树, 2023(9): 57-64, 143.
- [2] CARR M K V. The water relations and irrigation requirements of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims): a review [J]. Experimental Agriculture, 2013, 49(4): 585-596.
- [3] TURAZI C M V, FERNANDES P C C, FALEIRO F G, et al. Analysis of collaboration networks for scientific and technological research on passion fruit [J]. Ciência Rural, 2024, 54(1): e20220443.
- [4] 郑文武, 郑颂, 刘永华. 我国西番莲生产现状及发展探讨[J]. 中国热带农业, 2008(6): 8-9.
- [5] 梁伟红, 李玉萍, 叶露, 等. 乡村振兴背景下广西百香果

- 精准扶贫产业发展现状与对策[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(11): 140-145.
- [6] 王梦真, 何锐杰, 邓雅婷, 等. 百香果高频再生及遗传转化体系的建立[J/OL]. 分子植物育种, 2024; 1-9 [2024-04-03]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20240402.1740.016.html>.
- [7] 周美玲, 张志勇, 张文斌, 等. 百香果果汁速冻工艺优化[J]. 农业科技与信息, 2023(11): 133-136.
- [8] 龚文玲, 传均强, 徐洪磊, 等. 商业酿酒酵母发酵百香果果酒的品质及抗氧化性分析[J]. 中国酿造, 2023, 42(3): 135-139.
- [9] 王前菊, 方晓彤, 王宇, 等. 百香果果脯加工工艺的研究[J]. 现代食品, 2023, 29(1): 88-91.
- [10] 诸梦洁, 刘哲, 陆胜民. 百香果果酱加工工艺[J]. 农村新技术, 2023(1): 64.
- [11] 郭计华, 张颢严, 和绍翠, 等. 百香果 (*Passiflora edulis* Sims) 研究进展[J]. 兴义民族师范学院学报, 2023(1): 120-124.
- [12] 魏秀清, 李亮, 熊亚庆, 等. 基于 SSR 分子标记的福建百香果品种(系)鉴定及指纹图谱构建[J]. 福建农业学报, 2022, 37(10): 1288-1297.
- [13] 彭杨, 黄东梅, 邢文婷, 等. 黄金百香果栽培和修剪技术[J]. 农技服务, 2024, 41(1): 80-83.
- [14] 张子雄, 刘涟, 王叶, 等. 贵州省百香果设施栽培中的主要病虫害防治[J]. 种子科技, 2023, 41(3): 115-117.
- [15] 孙雁征, 帅良, 罗冬兰, 等. 百香果果腐病原菌的分离鉴定及防治药剂毒力测定[J]. 中国果树, 2023(4): 73-77, 143.
- [16] 叶明辉, 吴媛, 白松, 等. 百香果主要病虫害与防治措施[J]. 河北农机, 2023(14): 84-86.
- [17] 王翔宇, 安昌, 秦源, 等. 百香果遗传育种及栽培生产研究进展[J]. 亚热带植物科学, 2022, 51(6): 505-514.
- [18] THOKCHOM R, MANDAL G. Production preference and importance of passion fruit (*Passiflora edulis*): a review [J]. Journal of Agricultural Engineering and Food Technology, 2017, 4(1): 27-30.
- [19] 庞纪伟, 廖玲燕, 刘云芬, 等. 百香果中挥发性风味物质的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(10): 342-352.
- [20] 黄修莲, 冯锦清, 零东宁, 等. 百香果保鲜与加工研究进展[J]. 轻工科技, 2022, 38(6): 1-4.
- [21] BISWAS S, MISHRA R, BIST A S. Passion to profession: a review of passion fruit processing [J]. Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT), 2021, 3(1): 48-56.
- [22] FONSECA A M A, GERALDI M V, MARÓSTICA JUNIOR M R, et al. Purple passion fruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*): a comprehensive review on the nutritional value, phytochemical profile and associated health effects [J]. Food Research International, 2022, 160: 111665.
- [23] 刘迪, 汤胡欣, 周亚男, 等. 基于知识图谱的杀虫剂研究现状可视化分析[J]. 生物灾害科学, 2023, 46(3): 306-313.
- [24] 郝江江, 王海燕, 郝清婷, 等. 基于 Cite Space 的绿色建筑研究现状及趋势分析[J]. 河南科技, 2022, 41(12): 59-65.
- [25] 何周建, 叶萌, 浣杰, 等. 基于 CiteSpace 分析青花椒产业发展热点和趋势[J]. 四川林业科技, 2024, 45(2): 15-20.
- [26] 于宛婷, 张鑫楠, 阎维巍, 等. 褪黑素在果蔬采后保鲜中应用的文献计量及可视化分析[J]. 保鲜与加工, 2023, 23(7): 69-80.
- [27] DE LUNA SOUTO A G, CAVALCANTE L F, DE MELO E N, et al. Salinity and mulching effects on nutrition and production of grafted sour passion fruit [J]. Plants, 2023, 12(5): 1035.
- [28] DE LIMA G S, DA SILVA A A R, TORRES R A F, et al. NPK accumulation, physiology, and production of sour passion fruit under salt stress irrigated with brackish water in the phenological stages and K fertilization [J]. Plants, 2023, 12(7): 1573.
- [29] DE LUNA SOUTO A G, CAVALCANTE L F, DE MELO E N, et al. Gas exchange and yield of grafted yellow passion fruit under salt stress and plastic mulching [J]. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2022, 26(11): 823-830.
- [30] VASIĆ S M, STEFANOVIĆ O D, LIČINA B Z, et al. Biological activities of extracts from cultivated Grana-dilla *Passiflora alata* [J]. EXCLI Journal, 2012, 11: 208-218.
- [31] ZERAIK M L, SERTEYN D, DEBY-DUPONT G, et al. Evaluation of the antioxidant activity of passion fruit (*Passiflora edulis* and *Passiflora alata*) extracts on stimulated neutrophils and myeloperoxidase activity assays [J]. Food Chemistry, 2011, 128(2): 259-265.
- [32] 庞惠珍, 李敏兵. 广西百香果无公害栽培技术[J]. 乡村科技, 2017, 8(23): 53-54.
- [33] 滕雯馨. 百香果山地无公害优质栽培技术探究[J]. 南方农业, 2017, 11(21): 9-10.
- [34] 樊香三. 广西百香果无公害栽培技术初探[J]. 南方农业, 2015, 9(12): 14-15.
- [35] 吴秋行. 百香果无公害生产技术及种植管理方法浅析[J]. 南方农业, 2020, 14(8): 11-12.

- [36] 黄广林. 浅谈防城港百香果无公害栽培技术[J]. 农家参谋, 2018(15): 68.
- [37] 张延晖. 不同栽培管理模式对百香果果实品质的影响[J]. 东南园艺, 2022, 10(5): 338-342.
- [38] 吴胜芳. ‘福建百香果 3 号’百香果栽培模式对比试验[J]. 东南园艺, 2022, 10(5): 343-346.
- [39] 吴汉昌. 百香果高密度垂帘种植的高产稳产技术分析[J]. 农村实用技术, 2023(3): 69-70.
- [40] 廖苑腾. 百香果双层垂帘架式高效栽培技术[J]. 东南园艺, 2022, 10(5): 358-361.
- [41] 叶向荣. 百香果篱架式丰产栽培技术[J]. 园艺与种苗, 2022, 42(9): 47-48, 50.
- [42] 罗振宇, 陈晓婷, 李雨函, 等. 采后黄金百香果失水规律及其与品质劣变的关系[J]. 食品工业科技, 2023, 44(1): 369-377.
- [43] 滕峥, 杨翠凤, 黄丽珠, 等. 热处理对西番莲果实采后生理特性的影响[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(8): 89-92.
- [44] 巴良杰, 张丽敏, 蔡国俊, 等. 低温对西番莲采后贮藏品质的影响[J]. 包装工程, 2021, 42(15): 49-55.
- [45] 刘孟纯, 王首忠. 保鲜技术在生鲜农产品加工流通中的应用[J]. 现代食品, 2017, 23(8): 1-3.
- [46] 杨雪莲, 李涵, 李斌奇, 等. 水杨酸处理对采后百香果品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(17): 206-212.
- [47] 帅良, 杨玉霞, 廖玲燕, 等. 海藻酸钠涂膜对百香果贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(13): 332-334, 339.
- [48] 黄远安. 百香果栽培种植与发展乡村振兴探析[J]. 农村实用技术, 2019(6): 32.
- [49] 唐语琪, 杨其军, 洗淑颜, 等. 百香果产业支撑乡村振兴的现状与对策建议[J]. 中国农业文摘-农业工程, 2021, 33(3): 31-32, 60.
- [50] 樊鸿艳, 粟君, 陈宇豪, 等. 百香果化学成分及生物活性研究进展[J]. 农产品加工, 2022(12): 95-100.
- [51] 卢珍兰, 覃心怡, 余森艳, 等. 响应面法优化百香果果脯微波渗糖工艺[J]. 农产品加工, 2024(2): 37-42.
- [52] MATSUMOTO Y, KATANO Y. Cardiovascular protective effects of polyphenols contained in passion fruit seeds namely piceatannol and scirpusin B: a review[J]. Tokai Journal of Experimental and Clinical Medicine, 2021, 46(3): 151-161.
- [53] 周孝琼, 张海燕, 郭水灵, 等. 百香果果壳提取物对热应激小鼠的保护作用[J]. 中国兽医杂志, 2024, 60(5): 118-124.
- [54] 高琳琳, 陈旭鹏, 李婷婷, 等. 百香果采后贮藏及深加工工艺研究现状[J]. 现代食品, 2022, 28(8): 30-32, 43.
- [55] 苏龙, 庄明川, 梁广波, 等. 醋酸高产菌株的筛选及百香果果醋发酵条件的优化[J]. 食品科技, 2017, 42(4): 33-37.
- [56] 张国芸, 侯蕾, 谢妃二, 等. 酵母菌-乳酸菌共发酵低醇百香果酒工艺优化[J]. 浙江农业科学, 2024, 65(6): 1476-1481.
- [57] FREITAS J C O, VIANA A P, SANTOS E A, et al. Genetic basis of the resistance of a passion fruit segregant population to cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV) [J]. Tropical Plant Pathology, 2015, 40(5): 291-297.
- [58] CERQUEIRA-SILVA C B M, JESUS O N, OLIVEIRA E J, et al. Characterization and selection of passion fruit (yellow and purple) accessions based on molecular markers and disease reactions for use in breeding programs [J]. Euphytica, 2015, 202(3): 345-359.
- [59] 刘智成, 欧雪婷, 陈瑶瑶, 等. 减氮施肥结合修剪处理对百香果结果蔓生长及单株产量与品质的影响[J]. 福建农业学报, 2023, 38(6): 714-722.

Visual Analysis of Domestic and International Research Hotspots and Trends on *Passiflora edulis* Sims Based on CiteSpace

MO Ganhui¹, LIU Di², ZHANG Lijuan¹, TANG Xin², WU Liujie³, QIN Aiyong^{2* * *}

(1. Key Laboratory of Quality and Safety Control for Subtropical Fruit and Vegetable, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/ Guangxi Key Laboratory of Quality and Safety Control for Subtropical Fruits, Guangxi Subtropical Crops Research Institute, Nanning, Guangxi, 530001, China; 2. School of Agricultural Engineering, Guangxi Vocational & Technical College, Nanning, Guangxi, 530226, China; 3. School of Environmental and Life Sciences, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi, 530100, China)

Abstract: A bibliometric approach was employed to analyze the domestic and international research hotspots and trends of *Passiflora edulis* Sims based on CiteSpace 6. 3. R2. The research literature about *P. edulis* Sims was retrieved from Web of Science and China National Knowledge Infrastructure (CNKI) database with the time interval from January 1993 to December 2023. Visual analyses were performed regarding key aspects such as number of Chinese and English publications, national cooperation networks, keyword bursts, and evolutionary trends. The findings revealed that over the past 30 years, the annual number of publications on *P. edulis* Sims rose with fluctuations both domestically and internationally. There was a little disparity between the number of English publications and that of Chinese publications. The majority of authors in this field were mainly based in Brazil, China, Italy and the United States. Furthermore, collaborative studies were common between authors from China and those from Brazil and the United States. Keyword analysis indicated that domestic and international research hotspots in this field predominantly focused on the cultivation technology, pest and disease control measures, and industrial development prospects. In recent years, researchers paid their attention to cultivation, food processing, molecular biology, and stress physiology both domestically and internationally. Consequently, future endeavors in *P. edulis* Sims research will prioritize comprehensive investigations into functional ingredient applications, innovative development of processed products, and optimization of molecular breeding and cultivation technologies. These pursuits hold significant implications for advancing the *P. edulis* Sims industry.

Key words: *Passiflora edulis* Sims; CiteSpace; research hotspots; visual analysis; knowledge map

责任编辑: 梁 晓, 于子涵



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxxk@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxxk.ijournal.cn/gxxk/ch>