

基于知识图谱的我国气调包装研究态势分析

杨耀¹, 刘兴海^{2*}

(1.重庆商务职业学院 数字传媒学院, 重庆 401331; 2.武汉大学 电子信息学院, 武汉 430072)

摘要: **目的** 梳理我国气调包装领域的发展历程和未来发展趋势。**方法** 运用 CiteSpace 软件对中国知网收录的 877 篇核心期刊论文进行了文献计量分析和可视化图谱分析。在此基础上, 对该领域的重要文献进行了回顾与总结。**结论** 我国气调包装领域的年发文量呈波动上升趋势, 其主要载文刊物为《食品科学》和《包装工程》, 作者之间尚未形成核心作者群, 机构之间形成了部分研究群体, 但群体间的合作仍较少。气调包装领域的研究热点主要集中在食品保鲜、贮藏以及货架期等方面, 其应用范围涵盖果蔬、肉制品和水产品等多个类别。未来, 该领域将朝着智能化、绿色化以及精准化方向发展。

关键词: 气调包装; CiteSpace; 知识图谱; 可视化分析

中图分类号: TB485.9; TS206.6 文献标志码: A 文章编号: 1001-3563(2025)03-0123-13

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2025.03.015

Research Situation Analysis of Modified Atmosphere Packaging in China Based on Knowledge Graph

YANG Yao¹, LIU Xinghai^{2*}

(1. Digital Communication and Media School, Chongqing Business Vocational College, Chongqing 401331, China;
2. Electronic Information School, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

ABSTRACT: The work aims to review the development process and predict the future trends of modified atmosphere packaging in China. The CiteSpace software was used to conduct bibliometric and visual graph analysis on 877 core journal articles indexed in the China National Knowledge Infrastructure. Subsequently, a review and summary of the significant literature within this field were conducted based on the obtained analysis results. The annual publication volume in the field of modified atmosphere packaging in China exhibits a fluctuating upward tendency and "Food Science" and "Packaging Engineering" serve as the main journals for these publications. The core author group has not yet formed among the authors. Although certain research groups has emerged among the institutions, the cooperation between these groups remains relatively limited. The research hotspots in the field of modified atmosphere packaging mainly focuses on food preservation, storage, and shelf life, and its application scope encompasses diverse categories such as fruits and vegetables, meat products, and aquatic products. In the future, this field is expected to progress in the direction of intelligence, greenness, and precision.

KEY WORDS: modified atmosphere packaging; CiteSpace; knowledge graph; visual analysis

近年来,随着人们生活水平的提高和健康意识的增强,公众越来越注重食品健康与安全。此外,伴随科技水平的不断提高,科技创新正成为推动食品工业

快速发展的第一动力^[1]。2024 年中央一号文件提出支持储藏保鲜、鲜切保鲜等初加工设施建设,并发展智能化、清洁化精深加工技术^[2]。2024 年 9 月,国务

收稿日期: 2024-11-04

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (51776143)

*通信作者

院办公厅印发《关于践行大食物观构建多元化食物供给体系的意见》，文件提出要构建食物科技创新支撑体系，引导企业与科研院所合作，研发食物推广新技术、新装备^[3]。这些文件的发布与实施，为我国农产品加工业及食品工业的绿色转型和可持续高质量发展提供了政策保障和方向指引。

食品包装作为食品工业不可或缺的重要组成部分，其在保障食品安全、延长食品保质期、满足消费者需求以及促进行业绿色发展等方面发挥着关键作用。当前常用的食品包装技术有真空包装、活性包装、智能包装、抗菌包装以及气调包装等^[4]。其中，气调包装是一种通过改变包装内部气体成分延长食品保鲜期的绿色环保型包装技术。该技术自引入国内以来，一直备受学术界的关注与重视，并产出了大量研究成果。

通过对某领域的文献进行计量分析，可有效回溯该领域的发展历程，剖析其各历史阶段的研究热点，并预测未来可能的研究发展趋势^[5]。目前，科学研究中常用的文献计量分析工具有 CiteSpace、VOSviewer、BibExcel、Sci2 Tool、Bibliometrix 和 HistCite 等^[6-7]。其中，CiteSpace 软件凭借其丰富的数据支持能力、强大的知识图谱生成能力以及深入的文献分析能力^[8-10]，在学界获得了广泛的认可与应用。

在包装领域，已有众多学者借助 CiteSpace 软件开展了包装方向的可视化研究，如张月美等^[11]对食品包装领域的研究进展进行了可视化分析，Zhang 等^[12]对静电纺丝活性食品包装的发展趋势进行了文献计量分析；郭鑫等^[13]对我国快递包装绿色转型现状及趋势进行了系统分析，于含^[14]对我国快递包装研究热点及趋势进行了可视化分析；李伟等^[15]阐述了我国智能包装领域的发展态势；Zhang 等^[16]对塑料与可持续性研究进行了知识图谱分析，Wang 等^[17]对大中华地区的包装可持续性研究主题进行了文献计量分析；Liu 等^[18]对包装情感设计进行了文献计量分析，吴联凡等^[19]则对多感官设计进行了可视化分析；然而关于气调包装的文献计量研究鲜见报道。

当前，我国气调包装领域的研究多聚焦于某一特定细分领域，缺乏对其整体发展的系统性梳理与阐述。鉴于此，文章运用 CiteSpace 软件对我国气调包装领域核心文献进行可视化图谱分析，以期厘清国内气调包装领域的发展脉络、研究热点以及前沿趋势，从而为该领域的相关研究提供新的研究视角和参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

中国知网(China National Knowledge Infrastructure, CNKI)是国内具有权威性、科学性、专业性和可靠性的学术资源平台^[20]。因此，文中数据来源于 CNKI

数据库，检索范围为学术期刊，主题词为“气调包装”，时间范围为 1994 年—2024 年 8 月 3 日，类别为北大核心、中文社会科学引文索引和中国科学引文数据库(Chinese Science Citation Database, CSCD)期刊。通过检索，共找到 887 条结果，剔除科技资讯、研究热点、行业动态、读者信箱等无关信息，筛选得到 877 条有效文献数据。将筛选出的文献导出为 Refworks 格式，获得包含期刊、作者、机构和关键词等信息的 txt 文件备用。

1.2 研究方法

使用 OriginPro 2022 软件进行数据分析、处理及曲线拟合。采用 CiteSpace (v. 6.3.R1) 软件将获得的 txt 文件转换为 WOS 格式数据并筛选去重，以进行发文趋势、期刊、作者、机构和关键词等可视化分析。

2 结果与分析

2.1 发文趋势分析

核心论文年度发表量在一定程度上反映了学术界对该领域的关注度和重视度^[21]，是揭示学科发展脉络和研究趋势的重要指标^[22]。通过分析气调包装领域年度发文趋势，可以快速掌握国内在该领域的研究现状及发展动向。对检索到的 877 篇论文进行年份统计，得到我国气调包装领域年度发文量统计图，如图 1 所示。

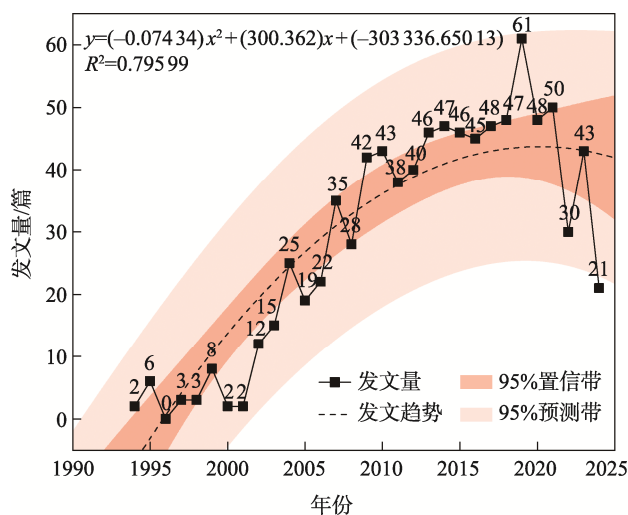


图1 年度发文量统计

Fig.1 Statistical chart of annual publication volume

由图 1 可知，整体上我国气调包装研究年度发文数量呈波动上升态势，大致可划分为 4 个阶段，符合行业生命周期理论^[23]。第 1 阶段为 1994—2001 年，这一时期关于气调包装的研究较少，年发文量均在 10 篇以下，说明学界对气调包装的研究和认识均处于初始阶段。第 2 阶段为 2001—2009 年，这一阶段属于波动上升期，年发文量从 2001 年 2 篇攀升至 2009

年 42 篇，这可能与国家出台的相关引导政策有关，如 2001 年 12 月，国务院办公厅发布的《中国食物与营养发展纲要（2001—2010 年）》提出，要开展食品包装技术创新，提高我国食品工业科技水平^[24]。第 3 阶段为 2009—2021 年，这一阶段属于相对稳定期，有关气调包装研究的核心文献保持在 46 篇左右，2019 年发文量达到峰值 61 篇。2016 年 12 月，工业和信息化部、商务部发布的《关于加快我国包装产业转型发展的指导意见》提出要加大科技研发投入，提升绿色包装、安全包装和智能包装领域关键技术的创新能力和自主突破能力^[25]。这些政策与变化也驱动了学界在食品包装技术领域的研究和创新，从而促进了气调包装技术的稳定发展。第 4 阶段为 2021 年至今，属于发文量回落期。由于文中的研究时间截至 2024 年 8 月初，目前发文量仅有 21 篇。

2.2 发文期刊分析

通过分析文章的主要发表刊物，不仅能帮助学者把握特定领域的重要期刊及发展动态，还能为新兴研究者提供投稿期刊参考和学术指引。为探究我国气调包装领域主要核心刊物基本情况，经数据筛选与统计，将该领域发文量前 10 的核心刊物汇总整理成表格，见表 1。

由表 1 可见，我国气调包装领域主要核心刊物的总发文量高达 581 篇，占总文献比例的 66.25%，表明这些刊物是学者们进行学术交流、思想碰撞和成果展示的重要平台，推动了该领域的蓬勃发展与进步。《食品科学》和《包装工程》2 种期刊的载文量均>100 篇，说明这两大期刊在气调包装领域享有较高的学术认可度和吸引力，是学者们发表研究成果的首选阵地。《食品科学》《食品与发酵工业》和《农业工程学报》是 CSCD 来源期刊，其影响因子分别为 2.94、1.96 和 2.79，而其他刊物均是北大核心期刊，表明这些刊物具有较高权威性和广泛影响力，对气调包装领域的

研究创新和技术发展具有重要引领作用。

2.3 发文作者分析

通过分析气调包装研究领域的发文作者，有助于了解当前该领域的核心作者群及其学术合作强度^[26]。将文献数据导入 CiteSpace 软件，设置起止时间为 1994—2024 年，时间切片为 1 年，节点类型为合作作者，节点筛选方式中取 $k=7$ ，修剪方式选择修剪切片网络，其余参数保持默认值，运行之后得到气调包装领域发文作者合作网络图谱，如图 2 所示。在 CiteSpace 图谱中，节点大小代表数量或频次，节点越大，代表数量越多，与主题相关性越大；节点间连线代表节点关联情况，连线越粗，代表关联合作强度越强或共现次数越多；节点颜色和连线颜色代表年份，颜色越暖，代表时间越近；节点紫色外圈代表高中介中心性（中心性 ≥ 0.1 ）；红色节点代表突现节点^[27-28]。

由图 2 筛选得到 292 个重要作者和 340 条连线，节点密度 $D=0.008$ 。气调包装领域形成了诸多合作研究群体，主要有以谢晶为核心的水产品气调包装研究团队^[29]，以卢立新为核心的果蔬气调包装技术研究团队^[30]，以张慙为核心的果蔬保鲜技术研究团队^[31]，以郭玉花、滕立军和黄震为核心的果蔬气调包装研究团队^[32]以及以张一敏和罗欣为核心的肉制品气调包装研究团队^[33]。各文献高产团队内部联系紧密，合作强度高，但团队与团队之间合作较少。为探究气调包装领域是否形成稳定的核心作者群，本研究依据普莱斯定律^[34]计算结果，将发表 5 篇论文及以上的作者标定为该领域的核心研究者。通过统计与分析，发现气调包装领域的核心作者总计 91 人，其独立或合作发表论文 405 篇，约占该领域总文献数的 46%，但该比例尚未达到形成核心作者群所需的发文量占比临界值 50%^[35]。这也说明气调包装领域相关核心学者之间的合作程度不够高，暂未形成稳定的核心研究者群体，亟须加强合作研究。

表 1 核心刊物发文量统计表
Tab.1 Statistical chart of publication volume in core journals

编号	发文刊物	发文量/篇	占总文献比例/%	刊物类别	综合影响因子
1	食品科学	104	11.86	北核（2023）、CSCD	2.94
2	包装工程	103	11.74	北核（2023）	1.36
3	食品工业科技	89	10.15	北核（2023）	1.96
4	食品与发酵工业	60	6.84	北核（2023）、CSCD	1.96
5	食品科技	55	6.27	北核（2023）	1.29
6	食品工业	39	4.45	北核（2017）	0.92
7	农业工程学报	38	4.33	北核（2023）、CSCD	2.79
8	食品研究与开发	33	3.76	北核（2020）	1.75
9	现代食品科技	32	3.65	北核（2023）	1.63
10	食品与机械	28	3.19	北核（2023）、CSCD 扩展版	1.49

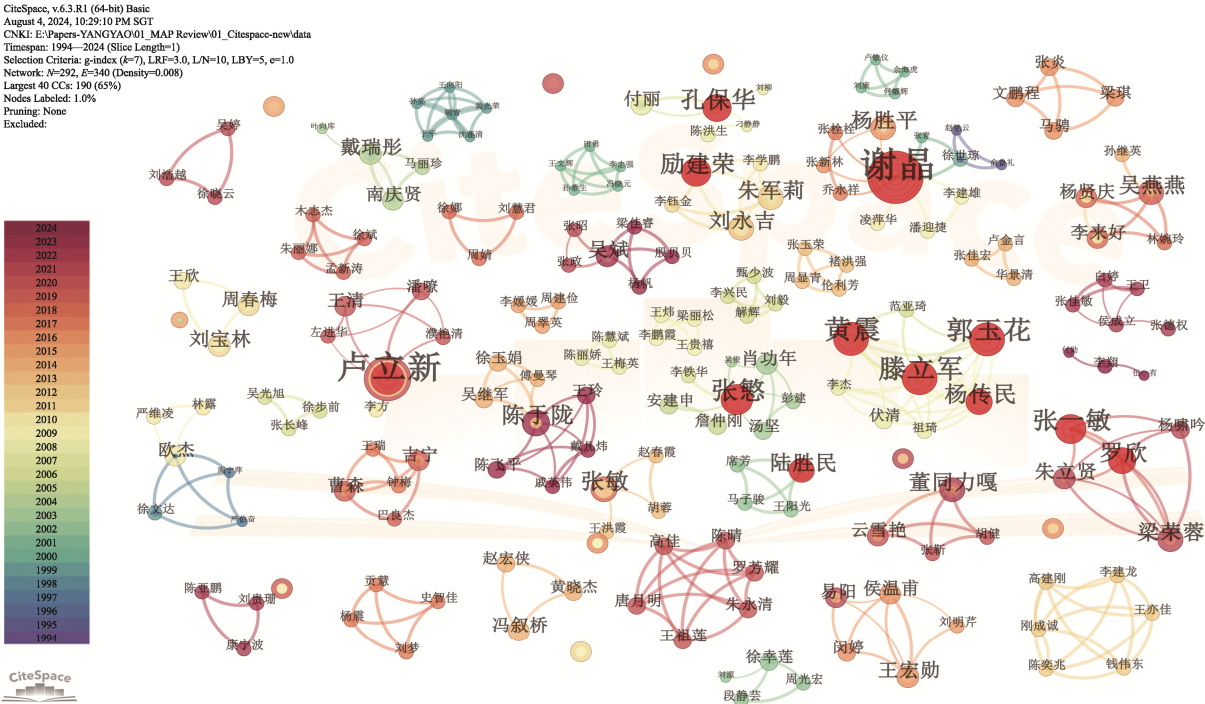


图 2 发文作者合作网络图谱
Fig.2 Collaboration network map of authors

为聚焦各高产研究者开展气调包装研究的相关情况，将发文量前 10 的作者摘录出来并按首次发文年度排序，得到高产核心作者发文量统计表，见表 2。

表 2 高产核心作者发文量统计表
Tab.2 Statistical chart of publication volume by high-yield core authors

编号	核心作者	发文量/篇	首次发文年度	最近发文年度
1	谢晶	41	2000	2019
2	张慤	17	2002	2022
3	卢立新	26	2004	2020
4	滕立军	13	2006	2010
5	郭玉花	13	2006	2010
6	黄震	13	2006	2010
7	张敏	12	2006	2018
8	罗欣	12	2013	2021
9	张一敏	12	2014	2024
10	董同力嘎	12	2016	2021

由表 2 可知，谢晶（41 篇）在气调包装领域发文最多，其次为卢立新（26 篇）和张慤（17 篇），其余核心作者发文量则在 12~13 篇。谢晶自 2000 年便开始涉足气调包装领域，而董同力嘎则自 2016 年开始发表相关研究成果，其余作者首次发文时间主要集中在 2006 年左右，表明高产核心作者为该领域的快

速发展奠定了坚实基础。此外，高产核心作者最近发文时间主要集中在 2020—2024 年，表明气调包装仍是食品科学研究的热点之一。

2.4 发文机构分析

通过分析发文机构的发文量及其合作情况，能揭示我国气调包装领域重要科研机构的贡献度和关联强度。在 CiteSpace 软件中，将节点类型改为机构，节点筛选方式中取 $k=12$ ，其余参数保持不变，执行程序后得到气调包装领域发文机构合作网络图谱，如图 3 所示。

由图 3 可知，筛选得到 294 个重要发文机构和 120 条连线，节点密度 $D=0.002\ 8$ 。气调包装领域重要发文机构之间存在一定合作关系，形成了部分合作机构群体，但群体与群体之间的合作较少。上海海洋大学食品学院的中介中心性为 0.01，表明该学院与其他机构之间形成了紧密的合作关系，在该领域扮演中心角色。此外，江南大学食品学院、新疆农业大学食品科学与药学学院等单位也形成了各自的研究机构群体网络，但其他研究机构仍以内部合作为主，与外部机构合作较少。这可能导致气调包装研究存在一定局限性，因此，有必要加强跨机构、跨学科和跨领域的融合研究，促进该领域的持续创新发展。

为深入了解各发文机构对气调包装领域的贡献度，将发文量前 10 的机构提取出来并按发文数量排序，得到该领域高产机构发文量统计表，见表 3。

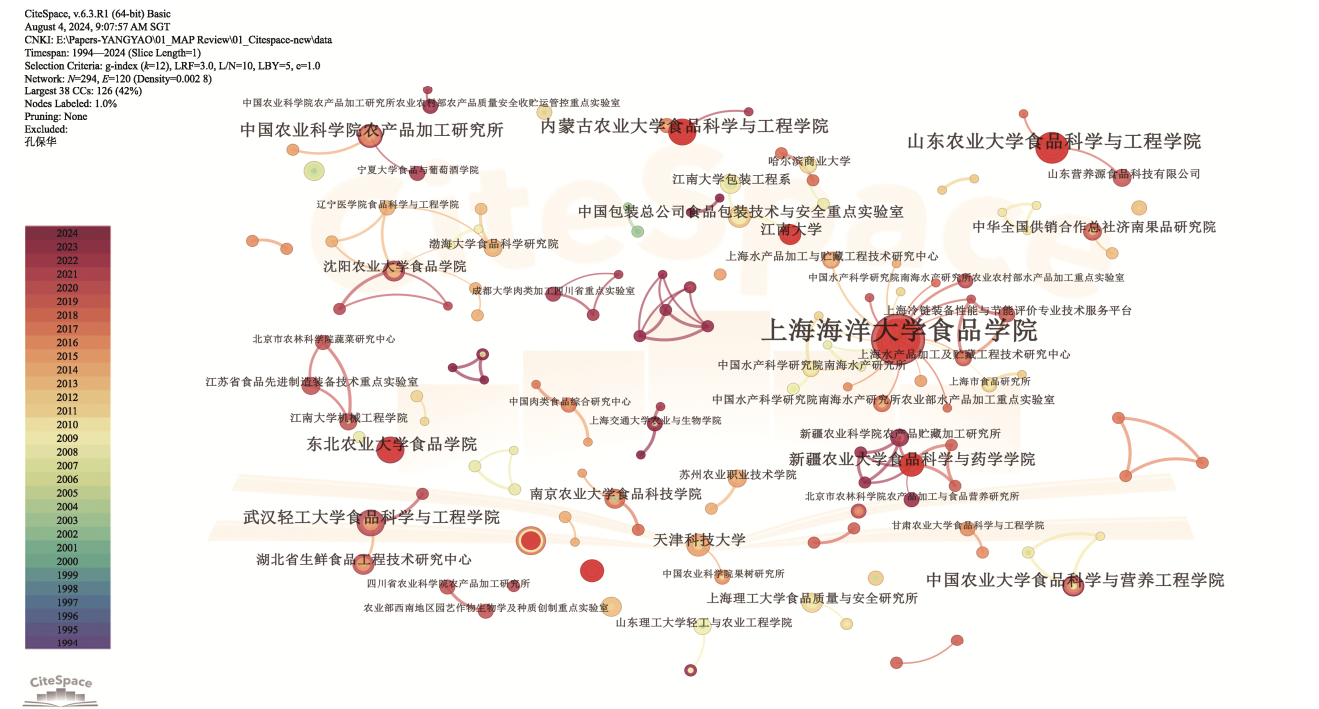


图 3 发文机构合作网络图谱
Fig.3 Collaboration network map of institutions

表 3 高产机构发文量统计
Tab.3 Statistical chart of publication volume by high-yield institutions

编号	高产机构	发文量/篇	首次发文年度	最近发文年度
1	江南大学	60	2002	2023
2	上海海洋大学	58	2008	2021
3	南京农业大学	28	2002	2022
4	天津科技大学	28	2007	2020
5	国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津）	27	2004	2024
6	西南大学	22	2006	2020
7	中国农业大学	21	2003	2024
8	山东农业大学	20	2013	2024
9	中国水产科学研究院	18	2004	2021
10	中国农业科学院农产品加工研究所	16	2006	2023

由表 3 可知,江南大学和上海海洋大学属于发文量头部梯队,二者发文量都在 60 篇左右;南京农业大学、天津科技大学和国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)组成了第二梯队,发文量都在 28 篇左右;其余高产机构为第三梯队,发文量在 20 篇左右。而各高产机构首次发文年度集中在 2002—2006 年,最近发文年度集中在 2023—2024 年,说明这些机构是气调包装领域的主体研究单位和热门活跃单位,对该领域的知识发展和技术创新作出了重要贡献。

2.5 关键词分析

2.5.1 关键词共现分析

通过关键词共现分析,能引导学者迅速明晰某一

领域的研究热点和前沿方向^[36]。在 CiteSpace 软件中,将节点类型改为关键词,节点筛选方式中取 $k=10$,其余参数保持不变,运行调整后获得气调包装领域关键词共现网络图谱,如图 4 所示,相关数据见表 4。

由图 4 可知,筛选得到 298 个重要关键词和 733 条连线,节点密度 $D=0.016 6$ 。分析发现,出现频次与共现频次较高的关键词依次为“气调包装”“保鲜”“品质”“贮藏”和“货架期”,表明气调包装领域关键词丰富多样,且相互关联紧密,不仅聚焦于气调包装技术的革新研究,还高度关注保鲜技术、贮藏技术、食品品质和货架寿命等多个相关领域以及它们之间的关系。由此可知,这些关键词所涉及的学科正是学界重点关注的研究热点和前沿领域,蕴含重要的研究价值与意义。

CiteSpace, v.6.3.R1 (64-bit) Basic
 August 4, 2024, 5:11:20 PM CST
 WoS: E:\papers-YANGYAO\01_MAP\Review\01_Citespace-new\data
 Timespan: 1994–2024 (Slice Length=1)
 Selection Criteria: g-index (k=10), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, $\phi=1.0$
 Network: N=298, E=733 (Density=0.016 6)
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: None
 Excluded:

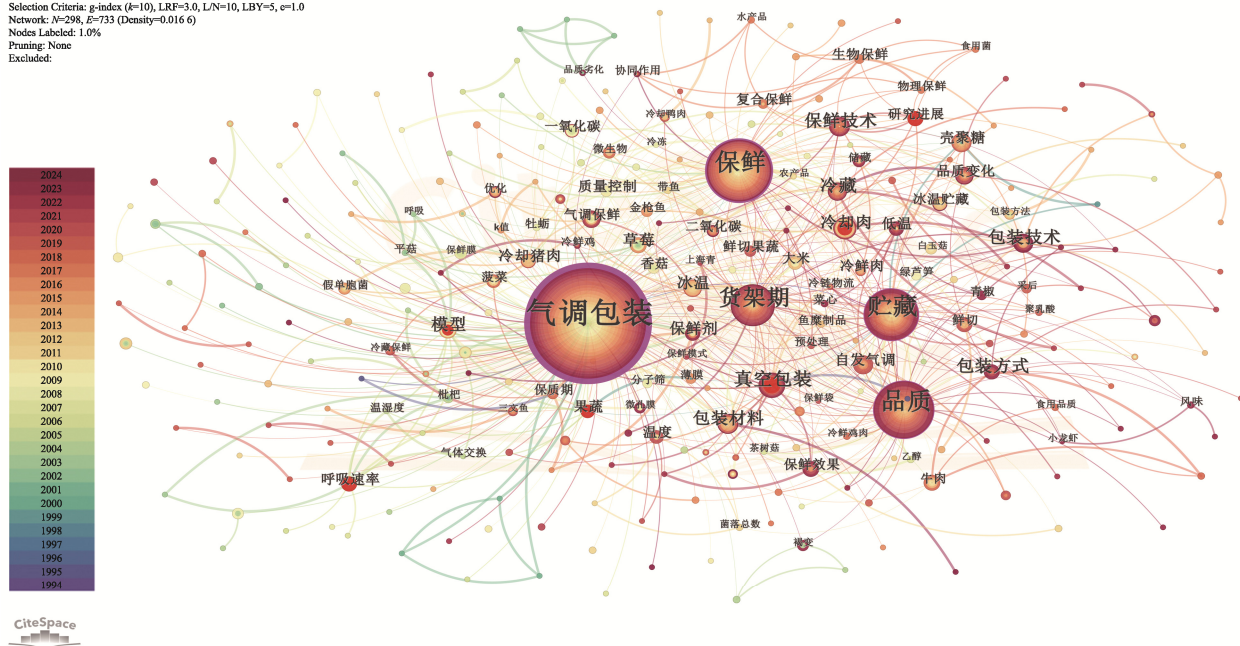


图4 关键词共现网络图谱

Fig.4 Co-occurrence network map of key words

表4 高频关键词统计

Tab.4 Statistical chart of high frequency key words

编号	关键词	词频	中介中心性	出现年度
1	气调包装	488	1.20	1995
2	保鲜	157	0.22	2000
3	品质	138	0.16	2006
4	贮藏	110	0.13	1995
5	货架期	78	0.07	2006
6	真空包装	30	0.01	1995
7	冷却肉	20	0.01	2002
8	包装材料	19	0.02	2004
9	冷藏	18	0.02	2004
10	保鲜技术	18	0.02	2007

由表4可知,“气调包装”的词频为488,且其中介中心性高达1.20;与此同时,“保鲜”“品质”和“贮藏”的词频均>100,且它们中介中心性也都>0.1,表明这些关键词在气调包装领域具有核心地位,是连接不同研究、技术和应用的关键纽带。此外,“货架期”“真空包装”“冷却肉”“包装材料”“冷藏”以及“保鲜技术”等关键词也显示出较高的出现频次和中介中心性,说明这些方面也是学者关注的重要研究方向。

2.5.2 关键词聚类分析

为进一步界定气调包装领域相关研究的重点类别,在CiteSpace软件中对关键词进行聚类处理,得到气调包装领域关键词聚类网络图谱,如图5所示,相关数据见表5。在学术研究中,一般认为聚类模块

值 $Q>0.3$ 就意味着聚类结构显著,聚类平均轮廓值 $S>0.5$ 就代表聚类结果具有合理性,而 $S>0.7$ 则代表聚类结果极具说服力和可信度^[37]。

由图5可知,聚类模块值 $Q=0.4395$,表明聚类结构明显。聚类平均轮廓值 $S=0.8161$,表明聚类结果具有极高的可信度。聚类分析结果显示,气调包装领域主要呈现8个类别,依次为#0气调包装、#1贮藏包装、#2保鲜包装、#3货架期、#4冷却肉包装、#5包装模型、#6真空包装和#7包装技术,这些聚类与高频关键词和高中介中心性关键词具有较高契合度,揭示了该领域是一个注重理论研究与技术应用的综合性学科领域,对推动食品科学的进步具有显著贡献。

由表5可知,#0气调包装聚类含有的关键词最多,且它们之间存在紧密联系, S 值最高;而其他聚类亦展现出较多的节点数量和较高的 S 值,表明这些聚类的研究具有高度凝聚性与代表性,是值得学者们深入关注的重点主题。分析发现,#0聚类聚焦于气调技术在食品贮藏、保鲜以及延长货架期等多个方向的应用与研究,#1聚类专注于食品贮藏技术与食品品质优化研究,#2聚类侧重于食品保鲜及相关技术探索,#3聚类致力于食品货架期延长技术研究,#4聚类注重冷却肉包装及其相关技术研究,#5聚类倾向于果蔬包装模型研究,而#6和#7聚类则共同关注食品包装技术研究。这些聚类之间存在显著的交叉性和互补性,共同构成了以#0聚类为核心的气调包装领域内一个复杂而精细的动态研究网络,进而推动了气调包装领域新技术的研发与应用。

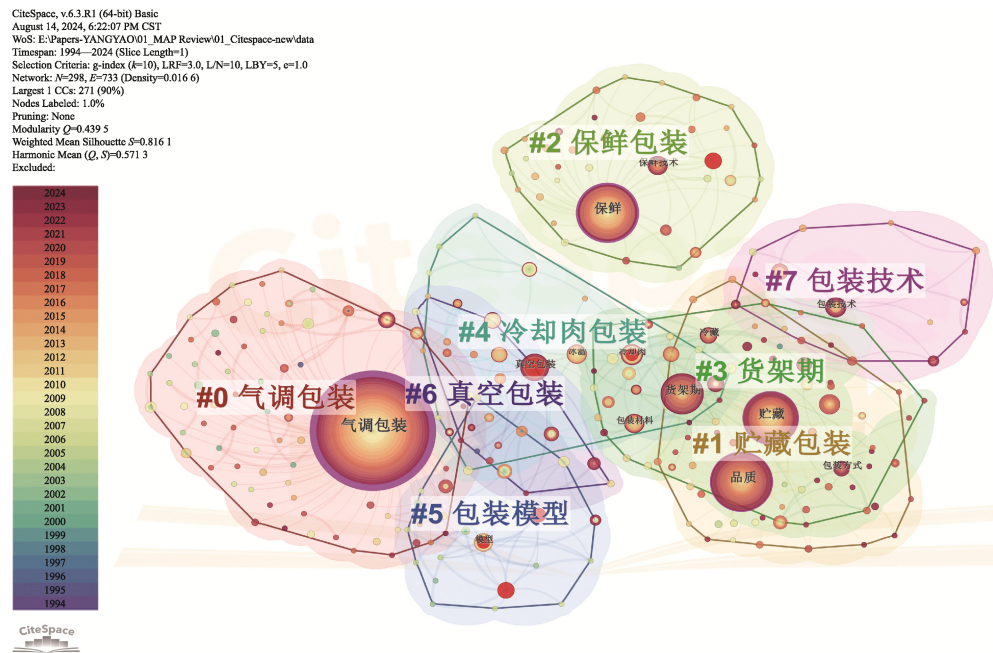


图 5 关键词聚类网络图谱
Fig.5 Cluster network map of key words

表 5 关键词聚类统计表
Tab.5 Statistical chart of key word clusters

聚类标签	节点数/个	聚类平均轮廓值 S	平均发表年度	主要关键词 (LLR)
#0 气调包装	74	0.90	2010	气调包装、贮藏、保鲜、菠菜、货架期
#1 贮藏包装	45	0.75	2014	贮藏、品质、自发气调、货架期、低温
#2 保鲜包装	37	0.66	2012	保鲜、研究进展、保鲜技术、生物保鲜、食用菌
#3 货架期	33	0.78	2014	货架期、包装方式、冷藏、品质变化、大黄鱼
#4 冷却肉包装	25	0.82	2009	冷却肉、一氧化碳、包装材料、冷却猪肉、冰温
#5 包装模型	20	0.87	2003	模型、果蔬、呼吸速率、呼吸、香菇
#6 真空包装	16	0.87	2012	真空包装、保鲜效果、冰温贮藏、保鲜品质、1-甲基环丙烯
#7 包装技术	14	0.85	2015	包装技术、冷鲜鸭肉、高氧、鲜切、保鲜方法

2.5.3 关键词时间线分析

为梳理气调包装领域相关研究的发展脉络与研究热点，在 CiteSpace 软件中将关键词聚类网络更改为时间线网络，如图 6 所示。

结合表 4、表 5 及图 6 可知，我国对气调包装技术的探索研究始于 20 世纪 90 年代，此阶段的研究主要集中在气调技术、贮藏技术和真空包装技术的开发与应用。随着研究的不断深入，其范围逐步扩展到食品保鲜、冷却肉包装及冷藏技术等新兴技术和新材料领域。自 2006 年起，气调包装领域的研究进一步延伸至提升食品品质和延长食品货架期等保鲜包装技术，这一变化反映了科学研究紧跟市场需求与消费者健康关注的趋势。进一步分析发现，各聚类均展现跨越多年的持续探索轨迹，并且呈现技术融合、

学科交叉以及绿色环保等发展趋势，这预示着气调包装技术在食品包装领域可能会迎来更多创新发展与突破。

2.5.4 关键词突现分析

突现关键词揭示了某一研究领域在特定时间段的研究热点及未来可能的发展趋势^[38]。突现强度越高，反映该领域的研究热度越旺盛；突现持续时间越长，表明研究热情越持久；突现节点越多，则说明研究越活跃且呈现多样化特征。在 CiteSpace 软件中，将表示热点的 γ 值设置为 0.8，筛选排序后得到我国气调包装领域具有高突现强度的关键词基本情况，见表 6。表 6 中浅蓝色线段代表关键词节点尚未出现，深蓝色线段代表关键词节点开始出现，而红色线段则表示关键词成为研究热点的具体时间段。



图 6 关键词时间线网络图谱
Fig.6 Timeline network map of key words

表 6 突现关键词统计表
Tab.6 Statistical chart of burst key words

编号	突现关键词	出现年度	突现强度	开始年度	结束年度	1994—2024
1	果蔬	1999	4.44	1999	2007	
2	呼吸速率	2003	4.84	2003	2008	
3	模型	2003	4.76	2003	2008	
4	草莓	2003	3.29	2003	2008	
5	冷却肉	2002	5.42	2006	2009	
6	冰温	2008	3.40	2008	2014	
7	真空包装	1995	4.17	2014	2018	
8	研究进展	2017	4.23	2017	2020	
9	保鲜技术	2007	3.08	2017	2024	
10	自发气调	2010	3.11	2019	2020	

由表 6 可知，所有突现关键词的强度均较为显著，其中最早的突现时间可追溯至 1999 年，而最近的突现时间则在 2019 年，这表明我国气调包装领域的研究具有连续性和多样性等特点。关键词“果蔬”的突现起止时间为 1999—2007 年，反映出学界高度关注果蔬保鲜技术的开发与应用，这可能与果蔬作为人们日常生活的必备食品且具有易腐烂、季节性强和保鲜难度大等特点有关。“呼吸速率”“模型”和“草莓”的突现起止年度一致且突现强度接近，表明 2003—2008 年间学界对果蔬包装的研究愈发细致。这

一时期研究者通过构建食品包装数学模型描述和预测食品包装过程中的各类现象和规律，这为食品包装的科学发展奠定了坚实的理论基础。“冷却肉”的突现强度最高，达到 5.42，表明 2006—2009 年学界对肉制品低温保鲜技术进行了广泛研究；随着“冰温”的出现，低温保鲜的研究范畴逐渐拓展到果蔬包装和水产品包装，这反映出食品保鲜技术有了新的技术创新与应用。

1995 年起，学术界便对食品真空包装技术进行了探索研究，但其在 2014 年才迎来迅猛发展。随着

气调包装技术的日益成熟与广泛应用, 2017—2000 年, 学界围绕果蔬、肉制品和水产品包装展开了大量深入的研究回顾与探讨, 旨在为气调包装技术的新一轮发展指明方向。2017 年至今, 学界在食品保鲜技术方面投入了大量研究精力, 以期进一步提升食品品质和延长食品货架期。同时, “自发气调”作为气调包装领域的重要组成部分, 亦是未来食品包装技术的发展方向之一, 值得学者持续关注。

2.6 重点文献分析

气调包装在食品包装领域占据举足轻重的地位, 其研究对象广泛涵盖果蔬制品、肉制品以及水产品等与人们生活息息相关的各类食品^[39]。为深入剖析我国气调包装领域的学术发展动态, 本研究基于前述关键词词频、中介中心性、聚类 and 突现情况以及 CNKI 数据库中显示的高被引相关文献, 对该领域的重要文献进行了回顾与分析。

2.6.1 果蔬气调包装

气调包装能有效抑制果蔬的呼吸作用和腐败微生物的生长, 是延长果蔬货架期的主流技术手段之一^[40]。学界围绕果蔬气调包装开展了广泛研究。卢立新^[41]从果蔬呼吸理论模型、呼吸速率测定方法、包装内外气体交换模型以及包装内部温湿度变化模型等方面综述了果蔬气调包装领域相关理论研究进展, 并指出果蔬气调包装研究仍存在基础理论缺乏、呼吸机理不明确以及设计方法不完善等问题。马惠玲等^[42]深入探讨了多种自发气调包装技术在新鲜核桃贮藏过程中的保鲜作用。研究表明, 所有供试自发气调包装均能有效延长核桃青果的贮藏期, 其中以改良聚乙烯袋的自发气调能力最为显著, 保鲜效果亦为最佳。刘萌等^[43]比较了普通冷藏、挽口冷藏和自发气调冷藏 3 种不同包装方式对蓝莓贮藏保鲜效果的影响。研究发现, 自发气调冷藏能有效抑制蓝莓的呼吸作用, 延长其贮藏期。

2.6.2 肉制品气调包装

肉制品包装是气调包装技术较早的应用领域, 学者们通过不断创新肉制品气调包装技术, 以进一步延长肉制品的保鲜货架期^[44]。马丽珍等^[45-46]研究了真空包装、微量一氧化碳气调包装 (Carbon Monoxide-Modified Atmosphere Packaging, CO-MAP)、高氧气调包装和低氧气调包装 4 种不同包装技术对冷却猪肉保鲜效果的影响。结果显示, 在 (4 ± 1) °C 条件下储藏 21 d, 采用 CO-MAP 技术处理的猪肉呈现最佳效果。此外, 该技术还对热死环丝菌等腐败菌具有显著的抑制效果。段静芸等^[47]指出, 壳聚糖与气调包装技术对冷却肉均有良好的保鲜效果, 且气调包装的保鲜效果优于壳聚糖。在气调包装中, 当气体比例为 $50\%O_2+25\%CO_2+25\%N_2$ 时, 其对冷却肉的保鲜效果达到最佳。胡长利等^[48]研究发现, 在 0~4 °C 条件下, 气调包装对生鲜牛肉的

挥发性盐基氮 (Total Volatile Basic Nitrogen, TVB-N) 值、微生物数量以及外在色泽都具有积极影响。综合考虑, 研究团队确定牛肉气调包装的最佳气体配比为 $45\%O_2+45\%CO_2+10\%N_2$, 此时鲜牛肉的储藏期可达 20 d, 且其品质保持相对稳定。

2.6.3 水产品气调包装

长期以来, 水产品气调保鲜技术一直是学界重点关注的热门方向之一。杨宪时等^[49]概述了水产食品特定腐败菌 (Specific Spoilage Organisms, SSO) 的概念、种类、特点和作用, 并建立了 SSO 和假单胞菌等腐败菌的生长动态新模型。研究表明, 通过深入分析 SSO 的生长动态, 可以有效预测水产品的货架期。此外, 结合气调包装技术、栅栏技术和 SSO 靶向抑制技术可显著延长水产品货架期。李来好等^[50]针对罗非鱼开展了冰温气调保鲜研究, 发现采用冰温 (-0.7 °C) 协同气调包装 ($70\%CO_2+30\%N_2$) 技术可使罗非鱼的货架期达到 21 d, 且鱼片的新鲜度和感官度良好。谢晶等^[51]在 (4 ± 1) °C 条件下对带鱼货架期进行了深入研究, 发现采用复合生物保鲜剂 (1.0%壳聚糖+0.4%茶多酚) 结合气调包装 ($60\%CO_2+10\%O_2+30\%N_2$) 技术能显著延长带鱼的冷藏货架期。此外, 该技术还具备成本低廉、实用价值高等优势, 值得广泛推广。

综上所述, 针对果蔬、肉制品和水产品气调包装, 学界主要开展了气调包装基本原理、气调组分调控、微生物生长以及保鲜效果评估与优化等方面的研究, 旨在提升食品的保鲜效果与经济价值, 同时满足消费者对高品质和健康食品的需求。这些研究成果不仅促进了食品气调包装技术的飞速进步, 而且为食品行业的健康可持续发展提供了坚实的科学支撑, 值得肯定。

3 结论

运用 CiteSpace 软件对我国气调包装领域的相关研究进行了深入的文献计量分析, 并梳理回顾了国内气调包装的发展脉络及研究热点, 得出以下结论。

1) 从总发文量角度看, 国内气调包装相关研究先后经历了初始期、波动上升期、相对稳定期和回落期 4 个阶段, 整体呈现上升趋势。从发文期刊角度看, 刊登气调包装相关研究成果的主要期刊为《食品科学》和《包装工程》。从发文作者角度看, 国内气调包装领域的核心作者达 91 人, 其代表性作者有谢晶、卢立新和张慙, 但核心作者之间尚未形成稳定的核心研究者集群。从发文机构角度看, 该领域形成了以江南大学、上海海洋大学、南京农业大学和天津科技大学为中心的研究机构群体, 但各机构群体之间合作仍然较少。

2) 从关键词共现角度看, 国内气调包装领域的核心关键词有“气调包装”“保鲜”“品质”和“贮藏”, 而“气调包装”作为贯穿整个研究历程的关键词, 始终是

该领域的研究热点。同时,从关键词聚类和时间线角度看,气调包装领域的研究热点集中在气调包装、贮藏包装、保鲜包装和货架期四大方向。从关键词突现角度看,“果蔬”是出现最早且持续时间最长的突现词,“冷却肉”是强度最高的突现词,而“保鲜技术”则是距今最近的突现词。这三者相互交织,共同勾勒出了食品气调包装领域的研究热点演变轨迹。

3) 从重点文献角度看,国内关于气调包装的研究主要聚焦于果蔬、肉制品和水产品等领域。在果蔬领域,研究重点多集中于探索不同气体组合对果蔬呼吸作用及保鲜效果的影响;在肉制品领域,研究更多地关注气调包装对肉品新鲜度和货架期的影响;而水产品领域的研究则侧重于解决水产品易腐败变质的问题,通过气调包装技术延缓其品质劣化过程,从而延长水产品的保鲜期和货架寿命。

随着科技的不断进步和市场需求的持续演变,气调包装领域将迎来更多的发展机遇和挑战。展望未来,该领域的研究可能将聚焦于智能化、绿色化以及精准化三大核心方向。

1) 智能化将成为气调包装技术发展的重要驱动力。通过整合物联网与大数据等前沿技术,有望实现气调包装全流程的智能监测和动态优化,从而提高产品生产效率和质量稳定性。

2) 绿色化是气调包装技术发展的必然趋势。通过开发更加环保、可降解的食品包装材料,并构建包装循环经济体系,能有效降低包装废弃物对环境的负面影响,进而推动行业的绿色可持续发展。

3) 精准化是气调包装技术发展的核心目标。通过深入探讨食品与包装环境之间的相互作用机制,实现精准化控制和管理,可显著提高各类食品的保鲜效果和品质,从而满足消费者对高品质食品的追求。

总之,气调包装技术将在保障食品安全、提升食品价值及促进食品行业可持续发展方面发挥日益重要的作用。

参考文献:

- [1] 王建华,程力,纪剑,等.食品工业高质量发展战略研究[J].中国工程科学,2021,23(5):139-147.
WANG J H, CHENG L, JI J, et al. High-Quality Development of China's Food Industry[J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(5): 139-147.
- [2] 中共中央 国务院关于学习运用“千村示范、万村整治”工程经验有力有效推进乡村全面振兴的意见[N].人民日报,2024-02-04(1).
Opinions of the Communist Party of China Central Committee and the State Council on Learning and Using the Experience of the "Thousand Villages Demonstration and Ten Thousand Villages Renovation" Project to Effectively Promote the Comprehensive Revitalization of Rural Areas[N]. People's Daily, 2024-02-04(1).
- [3] 国务院办公厅关于践行大食物观构建多元化食物供给体系的意见[EB/OL]. (2024-09-15)[2024-10-30]. https://www.gov.cn/zhengce/content/202409/content_6974838.htm.
Opinions of the General Office of the State Council on Practicing the Concept of Big Food and Building a Diversified Food Supply System[EB/OL]. (2024-09-15)[2024-10-30]. https://www.gov.cn/zhengce/content/202409/content_6974838.htm.
- [4] 路飞,陈野.食品包装学[M].北京:中国轻工业出版社,2019:57-158.
LU F, CHEN Y. Food Packaging[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2019: 57-158.
- [5] 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 X, WANG J, HU J R, et al. Visual Analysis of Surimi Research Using CiteSpace and Bibliometric Analysis Platform[J]. Food Science, 2023, 44(1): 362-370.
- [6] TOMASZEWSKI R. Visibility, Impact, and Applications of Bibliometric Software Tools Through Citation Analysis[J]. Scientometrics, 2023, 128(7): 4007-4028.
- [7] PAN X L, YAN E J, CUI M, et al. Examining the Usage, Citation, and Diffusion Patterns of Bibliometric Mapping Software: A Comparative Study of Three Tools[J]. Journal of Informetrics, 2018, 12(2): 481-493.
- [8] 侯剑华,胡志刚. CiteSpace 软件应用研究的回顾与展望[J]. 现代情报, 2013, 33(4): 99-103.
HOU J H, HU Z G. Review on the Application of CiteSpace at Home and Abroad[J]. Journal of Modern Information, 2013, 33(4): 99-103.
- [9] CHEN C M. 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.
- [10] CHEN C M, SONG M. Visualizing a Field of Research: A Methodology of Systematic Scientometric Reviews[J]. PLoS One, 2019, 14(10): e0223994.
- [11] 张月美,韩炬,宁皓月.基于知识图谱的食品包装领域研究进展可视化分析[J].包装工程,2019,40(23):75-84.
ZHANG Y M, HAN J, NING H Y. Visualization of Research Progress in the Field of Food Packaging Based on Knowledge Map[J]. Packaging Engineering, 2019,

- 40(23): 75-84.
- [12] ZHANG Y S, MIN T T, ZHAO Y Y, et al. The Developments and Trends of Electrospinning Active Food Packaging: A Review and Bibliometrics Analysis[J]. Food Control, 2024, 160: 110291.
- [13] 郭鑫, 陆莎, 杜欢政. 我国快递包装绿色转型的研究现状及未来趋势[J]. 包装工程, 2023, 44(19): 238-247.
- GUO X, LU S, DU H Z. Development Status and Trend of Reusable Express Packaging in China[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(19): 238-247.
- [14] 于含. 基于 CiteSpace 的国内快递包装研究热点及趋势分析[J]. 包装工程, 2024, 45(11): 250-260.
- YU H. Analysis on Research Hotspots and Trend of Express Packaging Based on CiteSpace in China[J]. Packaging Engineering, 2024, 45(11): 250-260.
- [15] 李祎, 肖敦逸, 吴岳忠, 等. 基于知识图谱的智能包装研究现状与发展趋势分析[J]. 包装工程, 2021, 42(19): 243-253.
- LI Y, XIAO D Y, WU Y Z, et al. Status and Development Trend of Intelligent Packages Based on Knowledge Graph[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(19): 243-253.
- [16] ZHANG J L, QUOQUAB F, MOHAMMAD J. Plastic and Sustainability: A Bibliometric Analysis Using VOSviewer and CiteSpace[J]. Arab Gulf Journal of Scientific Research, 2024, 42(1): 44-67.
- [17] WANG R L, HSU T F, HU C Z. A Bibliometric Study of Research Topics and Sustainability of Packaging in the Greater China Region[J]. Sustainability, 2021, 13(10): 5384.
- [18] LIU C, SAMSUDIN M R, ZOU Y W. Emotional Design of Packaging: A Bibliometric Analysis[J]. Studies in Media and Communication, 2024, 12(2): 172.
- [19] 吴联凡, 陆定邦, 吴耀, 等. 多感官设计的可视化分析: 研究进展、热点与趋势[J]. 包装工程, 2022, 43(22): 205-220.
- WU L F, LU D B, WU Y, et al. Visualization Analysis of Multi-Sensory Design: Research Progress, Hotspot and Development Trend[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(22): 205-220.
- [20] 豆书龙, 周静, 董慧妹. 新世纪以来中国数字乡村研究的发展脉络和展望[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2024, 24(1): 49-61.
- DOU S L, ZHOU J, DONG H M. The Development and Prospects of Digital Rural Research in China Since the New Century[J]. Journal of Northwest A&F University (Social Science Edition), 2024, 24(1): 49-61.
- [21] 王生辉, 杨宗帅, 陈粉丽, 等. 基于文献计量分析的地下水中氨氮污染去除研究[J]. 土壤, 2022, 54(6): 1247-1256.
- WANG S H, YANG Z S, CHEN F L, et al. Research on Removal of Ammonia Nitrogen Pollution from Groundwater Based on Bibliometric Analysis[J]. Soils, 2022, 54(6): 1247-1256.
- [22] 李彦伶, 孙鸿燕, 唐文豪, 等. “互联网+护理服务”研究文献的可视化分析[J]. 护理学杂志, 2021, 36(1): 98-100.
- LI Y L, SUN H Y, TANG W H, et al. Visualization Analysis of Published Articles on "Internet+Nursing Service"[J]. Journal of Nursing Science, 2021, 36(1): 98-100.
- [23] PELTONIEMI M. Reviewing Industry Life-Cycle Theory: Avenues for Future Research[J]. International Journal of Management Reviews, 2011, 13(4): 349-375.
- [24] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院办公厅关于印发中国食物与营养发展纲要(2001—2010 年)的通知[EB/OL]. (2001-11-03)[2025-01-13]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2001/content_61214.htm.
- General Office of the State Council of the People's Republic of China. Notice on Printing and Issuing the Outline for Food and Nutrition Development in China (2001-2010) [EB/OL]. (2001-11-03)[2025-01-13]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2001/content_61214.htm.
- [25] 工信部 商务部关于加快我国包装产业转型发展的指导意见[EB/OL]. (2016-12-06)[2024-10-30]. <https://m.mofcom.gov.cn/article/h/redht/201612/20161202273150.shtml>.
- Guiding Opinions of the Ministry of Industry and Information Technology and the Ministry of Commerce on Accelerating the Transformation and Development of China's Packaging Industry[EB/OL]. (2016-12-06) [2024-10-30]. <https://m.mofcom.gov.cn/article/h/redht/201612/20161202273150.shtml>.
- [26] CHU W W, HAFIZ N R M, MOHAMAD U A, et al. A Review of STEM Education with the Support of Visualizing Its Structure Through the CiteSpace Software[J]. International Journal of Technology and Design Education, 2023, 33(1): 39-61.
- [27] 吕志峰, 张建平, 刘鹏, 等. 基于文献计量的干旱地区地下水领域研究进展[J]. 海洋湖沼通报, 2022, 44(5): 136-142.
- LYU Z F, ZHANG J P, LIU P, et al. Research Progresses of Arid Area Groundwater Based on Bibliometrics Analysis[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2022, 44(5): 136-142.
- [28] 崔鹏程, 张涛, 陈鑫. 基于 CiteSpace 与 VOSviewer 的粮食储藏科学知识图谱分析[J]. 粮油食品科技, 2022,

- 30(1): 203-213.
- CUI P C, ZHANG T, CHEN X. Mapping Analysis of Grain Storage Based on CiteSpace and VOSviewer[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(1): 203-213.
- [29] 谢晶, 李沛昀, 梅俊. 气调包装复合保鲜技术在水产品保鲜中的应用现状[J]. 上海海洋大学学报, 2020, 29(3): 467-473.
- XIE J, LI P Y, MEI J. Progress on Modified Atmosphere Packaging Technology Combined with Other Methods in Preservation of Aquatic Products[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2020, 29(3): 467-473.
- [30] 潘嘹, 张倩, 卢立新, 等. 透气性可变的微孔气调保鲜盒的开发及性能表征[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(24): 43-49.
- PAN L, ZHANG Q, LU L X, et al. Development and Characterization of Variable Micropore Modified Atmosphere Package[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(24): 43-49.
- [31] 章潇天, 张慙, 过志梅. 超声波-气调联合处理对番茄、丝瓜混合贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2020, 39(12): 62-70.
- ZHANG X T, ZHANG M, GUO Z M. Effect of Ultrasound Combined with Modified Atmosphere Packaging on Preservation Quality of Tomato and Loofah Mixed Storage[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2020, 39(12): 62-70.
- [32] 郭玉花, 黄震, 滕立军, 等. 新型纳米活性果蔬气调包装保鲜膜的研制[J]. 包装工程, 2008, 29(3): 47-48.
- GUO Y H, HUANG Z, TENG L J, et al. Preparation of New Nano-Active Fresh-Keeping Film for Modified Atmosphere Packaging[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(3): 47-48.
- [33] 杨啸吟, 张一敏, 梁荣蓉, 等. 包装冷却肉中微生物腐败及其挥发性气味的研究进展[J]. 食品科学, 2021, 42(1): 285-293.
- YANG X Y, ZHANG Y M, LIANG R R, et al. Microbial Spoilage and Formation and Detection of Volatile Odor Compounds in Packaged Chilled Meat: A Review[J]. Food Science, 2021, 42(1): 285-293.
- [34] 丁学东. 文献计量学基础[M]. 北京: 北京大学出版社, 1993: 220-236.
- DING X D. Basis of Bibliometrics[M]. Beijing: Peking University Press, 1993: 220-236.
- [35] 罗永迪, 陶光灿, 杨鸿波. 基于文献计量学可视化分析食品安全追溯系统的研究进展[J]. 食品工业科技, 2024, 45(9): 367-377.
- LUO Y D, TAO G C, YANG H B. Visualization Analysis of Food Safety Traceability System: Based on Bibliometrics[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(9): 367-377.
- [36] 李秀霞, 程结晶, 韩霞. 发文趋势与引文趋势融合的学科研究主题优先级排序——以我国情报学学科主题为例[J]. 图书情报工作, 2019, 63(11): 88-95.
- LI X X, CHENG J J, HAN X. The Prioritization of Subject Research Topics Based on the Integration of Writing Trends and Citation Trends: Taking the Subject of Information Science in China as an Example[J]. Library and Information Service, 2019, 63(11): 88-95.
- [37] 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 Y, CHEN C M, LIU Z Y, et al. The Methodology Function of Cite Space Mapping Knowledge Domains[J]. Studies in Science of Science, 2015, 33(2): 242-253.
- [38] 蒋奇伸, 董海宾, 高昌宇, 等. 2000—2022 年我国小黑麦领域研究进展与发展趋势: 基于 CiteSpace 分析[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(6): 171-179.
- JIANG Q S, DONG H B, GAO C Y, et al. Research Progress and Development Trend of Triticale in Our Country from 2000 to 2022 Based on CiteSpace[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024, 45(6): 171-179.
- [39] 黄俊彦, 韩春阳, 姜浩. 气调保鲜包装技术的应用[J]. 包装工程, 2007, 28(1): 44-48.
- HUANG J Y, HAN C Y, JIANG H. Applications of Modified Atmosphere Packaging Technology[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(1): 44-48.
- [40] 伍景琼, 郑露, 巴雪琴, 等. 果蔬农产品冷链物流技术研究进展[J]. 北京交通大学学报(社会科学版), 2023, 22(3): 119-135.
- WU J Q, ZHENG L, BA X Q, et al. Progress of Research on Cold Chain Logistics Technology for Fruit and Vegetable Agricultural Products[J]. Journal of Beijing Jiaotong University (Social Sciences Edition), 2023, 22(3): 119-135.
- [41] 卢立新. 果蔬气调包装理论研究进展[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 175-180.
- LU L X. Research Advances in Theories for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(7): 175-180.
- [42] 马惠玲, 宋淑亚, 马艳萍, 等. 自发气调包装对核桃青果的保鲜效应[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 262-267.
- MA H L, SONG S Y, MA Y P, et al. Effects of Modified

- Atmosphere Package on Preservation of Green Walnut Fruit[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(2): 262-267.
- [43] 刘萌, 范新光, 王美兰, 等. 不同包装方法对蓝莓采后生理及贮藏效果的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 346-350.
- LIU M, FAN X G, WANG M L, et al. Influence of Different Packaging Methods on Physiological Properties of Blueberry During Postharvest Storage[J]. Food Science, 2013, 34(14): 346-350.
- [44] 席丽琴, 杨君娜, 许随根, 等. 肉及肉制品气调包装技术研究进展[J]. 肉类研究, 2019, 33(9): 64-68.
- XI L Q, YANG J N, XU S G, et al. Progress in the Development of Modified Atmosphere Packaging Technologies for Meat and Meat Products[J]. Meat Research, 2019, 33(9): 64-68.
- [45] 马丽珍, 南庆贤, 戴瑞彤. 不同气调包装方式对冷却猪肉在冷藏过程中的理化及感官特性的影响[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 156-160.
- MA L Z, NAN Q X, DAI R T. Physicochemical and Sensory Changes of Chilled Pork Packaged in Different Modified Atmosphere Packaging(MAP)[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(3): 156-160.
- [46] 马丽珍, 南庆贤, 戴瑞彤. 不同气调包装方式的冷却猪肉在冷藏过程中的微生物变化[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 160-164.
- MA L Z, NAN Q X, DAI R T. Microflora Changes of Chilled Pork Packaged in Different Modified Atmosphere Packages[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(4): 160-164.
- [47] 段静芸, 徐幸莲, 周光宏. 壳聚糖和气调包装在冷却肉保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2002, 23(2): 138-142.
- DUAN J Y, XU X L, ZHOU G H. Application of Chitosan and Modified Atmosphere Packaging in Preservation of Chilled Meat[J]. Food Science, 2002, 23(2): 138-142.
- [48] 胡长利, 郝慧敏, 刘文华, 等. 不同组分气调包装牛肉冷藏保鲜效果的研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(7): 241-246.
- HU C L, HAO H M, LIU W H, et al. Effects of Modified Atmosphere Packaging with Different Air Components on Beef During Chill Storage[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(7): 241-246.
- [49] 杨宪时, 许钟, 肖琳琳. 水产食品特定腐败菌与货架期的预测和延长[J]. 水产学报, 2004, 28(1): 106-111.
- YANG X S, XU Z, XIAO L L. Specific Spoilage Organisms from Aquatic Product and Prediction & Prolongation of the Shelf Life[J]. Journal of Fisheries of China, 2004, 28(1): 106-111.
- [50] 李来好, 彭城宇, 岑剑伟, 等. 冰温气调贮藏对罗非鱼片品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 439-443.
- LI L H, PENG C Y, CEN J W, et al. Effect of Ice-Temperature Controlled Atmosphere Storage on Quality of Tilapia Fillets[J]. Food Science, 2009, 30(24): 439-443.
- [51] 谢晶, 杨胜平. 生物保鲜剂结合气调包装对带鱼冷藏货架期的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 376-382.
- XIE J, YANG S P. Effects of Biopreservative Combined with Modified Atmosphere Packaging on Shelf-Life of Trichiurus haemulonius[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(1): 376-382.