

食品功能性配料产业现状与发展趋势

张莉莉^{1,2}, 张玉玉^{1,2}, 聂少平³, 肖作兵⁴, 孙宝国^{1*}

¹老年营养与健康教育部重点实验室(北京工商大学) 北京 100048

²北京工商大学 中国商业联合会味科学重点实验室 北京 100048

³南昌大学 食品科学与资源挖掘全国重点实验室 南昌 330047

⁴上海交通大学农业与生物学院 上海 200240)

摘要 食品配料作为现代食品工业的重要组成部分,在提升食品色、香、味、质构等感官特性和营养价值方面发挥着重要作用。随着消费者对风味品质和健康需求的日益增长,食品产业科学“三减”与健康内涵“N加”双轮驱动格局的形成,“风味健康双导向”食品配料逐渐成为食品工业健康转型的重要驱动力。本文回顾了我国食品配料的发展历史,并探讨其在食品工业领域的重要地位和作用。通过综合文献调研和数据可视化分析,系统梳理当前食品功能性配料研究及产业的现状。最后总结并展望食品功能性配料产业面临的挑战及未来发展趋势,旨在为我国食品配料产业发展提供思路和借鉴。

关键词 食品配料; 风味健康双导向; 产业现状; 未来趋势

文章编号 1009-7848(2024)05-0041-17 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2024.05.004

健康美味食品是人民美好生活的刚性需求,食品配料作为现代食品工业的重要组成部分,在提升食品色、香、味、质构等感官特性和营养价值方面发挥着重要作用,是食品工业技术进步和科技创新的重要推动力。据国家统计局数据显示:2023年规模以上食品工业企业实现营业收入9.01万亿元,约占全年国内生产总值(Gross domestic product, GDP)7.14%,其中食品配料的市场规模约1万亿元,占食品工业总产值的10%左右^[1]。风味是食品的三大核心要素之一,风味配料则是食品的灵魂和关键,对食品品质的影响至关重要。然而,目前我国在加工食品品质改善过程中存在盐、糖含量高,多健康属性挖掘不足,制造能耗高等瓶颈问题。因此,设计制造高品质食品风味配料,明确其健康属性及增味机制,对增强我国食品配料核心竞争力,支撑我国食品产业高质量发展,实现健康中国行动(2019—2030年)目标计划(“减盐、减油、减糖”),满足消费者对食品“风味健

康”的双重需求具有重要意义。

1 食品配料发展历史

食品配料(Food ingredients)是指不包括食品主要原料(如米、面、糖、油)和食品添加剂,在食品中具有一定作用的可食用物质^[2],其发展历史可追溯至远古时期。据《世本·作篇》记载:“宿沙作煮盐”,表明早在炎黄时期宿沙氏就开创了海水煮盐^[3]。除了盐,梅子也是中国最早使用的一种调味品。《尚书·说命下》中“若作和羹,尔惟盐梅”和《左传·昭公二十年》中“和如羹焉,水、火、醯、醢、盐、梅,以烹鱼肉”表明,盐和梅子已成为当时制作羹汤必不可少的配料^[4]。秦汉后期,随着陆路及海路贸易的发展,蒜、香菜、胡椒等被引入,食品配料的种类得以丰富。南北朝时期,随着食疗文化兴起,食品配料的养生功效逐渐被发掘并应用。进入工业时代,科技的进步、全球化供应链的形成以及食物多元化的需求,进一步扩大了食品配料的来源、种类,同时促进了配料功能多样化的发展。20世纪末至21世纪初期,随着我国“九五”计划和2010年食品工业发展规划的发布以及消费者健康需求的不断增长,功能性食品配料逐渐成为食品工业关注的焦点^[5]。进入21世纪,作为营养健康食品产业发展的必需品,活性多糖、功能性甜味剂、功能性油脂、植物基蛋白等功能性食品配料迎

收稿日期: 2024-04-15

基金项目: 国家自然科学基金优秀青年科学基金项目(32122069); 国家自然科学基金青年科学基金项目(32302264); 中国博士后科学基金项目(2023M730134)

第一作者: 张莉莉,女,博士

通信作者: 孙宝国 E-mail: sunbg@btbu.edu.cn

来创新热潮,并逐步推进研发成果产业化^[6-14]。

近年来,为积极推动我国食品与营养健康产业的发展,国家陆续出台了包括《中国食物与营养发展纲要(2014—2020年)》《“健康中国2030”规划纲要》《国民营养计划(2017—2030年)》等文件。“大食物观”的提出,进一步为多元化和多途径来源新型功能性食品配料挖掘提供了重大机遇,同时为具有“防慢病、治未病”功能性食品配料开发提出了新的要求。现如今,功能性配料作为我国食品与健康产业发展的重要支撑,已成为食品工业的创新热点以及食品工业健康转型的重要驱动力。

2 食品功能性配料研究及发展现状

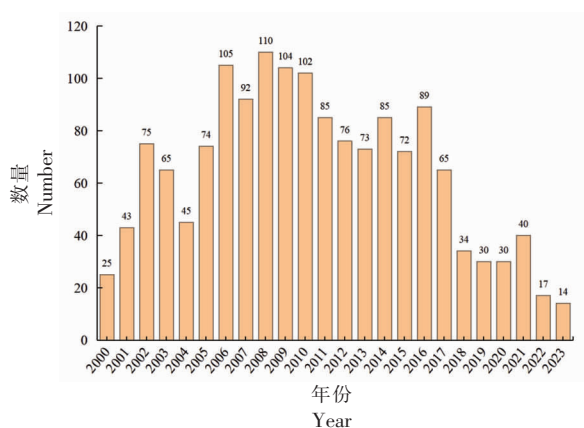


图1 CNKI数据库中“食品配料”相关文献年发文量
Fig.1 Annual publication volume of literature on 'food ingredients' in the CNKI database

2.1.2 发文机构分布情况 Citespace软件能够实现文献主题的可视化分析,并对不同文献的主题词、作者、机构以及研究热点的发展趋势进行综合分析^[15-17]。对CNKI数据库和Web of Science数据库中相关机构发文量的统计结果见图3。由图3可以看出,CNKI数据库中发文较多的机构主要有中国贸促会轻工行业分会、中国食品添加剂生产应用工业协会、中国食品添加剂和配料协会等(图3a);Web of Science数据库中发文较多的机构主要有西班牙高等科研理事会(CSIC)、江南大学、马萨诸塞大学等(图3b)。

将CNKI数据库文献导入Citespace软件进行机构发文分布分析(图4),结果显示共有381个

2.1 食品功能性配料文献研究情况

2.1.1 文献研究情况 在CNKI数据库以“食品配料”为关键词,时间跨度为2000.01.01—2023.12.31进行检索,得到1150篇文献(图1)。从近23年的发文量来看,中文期刊的论文发表量集中在2005—2017年,2018年之后的年发文量呈减少趋势。在Web of Science(WOS)核心合集中,以“Functional food ingredients”为关键词,选择文章类型为食品科学技术领域,“Flavor”为限定词,时间跨度为2000.01.01—2023.12.31,共检索出7938篇文章(图2)。从近23年的发文量来看,整体呈逐步增加的发展趋势。2021年后功能性配料的研究呈快速上升趋势,且年发文量突破1000篇。

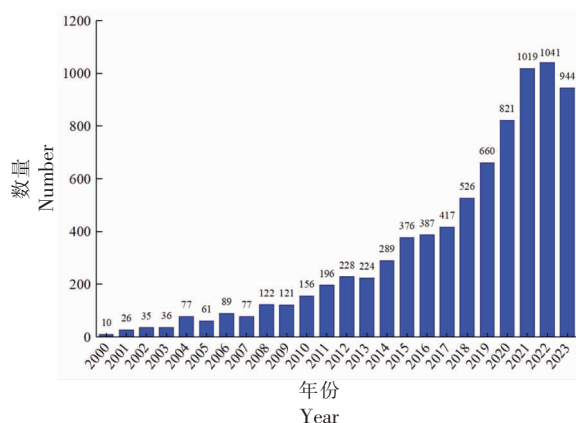


图2 WOS数据库中“功能性食品配料”相关文献年发文量
Fig.2 Annual publication volume of literature on 'functional food ingredients' in the WOS database

节点,152条连线,网络密度为0.0021。从合作关系来看中国贸促会轻工行业分会、中国食品添加剂和配料协会、中国食品添加剂生产应用工业协会和中国食品添加剂协会之间合作紧密,发文量高于许多高校,表明中国添加剂协会等部门在中国的食品配料领域不断产出成果,引导行业发展。在高校方面,以江南大学为首,华东理工大学、南昌大学等多所食品行业相关院校形成了紧密的合作网络,不同学校相互交流,彼此合作,造就了中国食品配料方面的文章发文显著,这与发文量结果一致。

对Web of Science数据库中文献进行机构发文分布分析(图5),结果显示共有683个节点,

1 119 条连线,网络密度为 0.0048,表明各机构在功能性配料领域有着良好的合作关系。发文量较多的机构为西班牙高等科研理事会与江南大学,其次是马萨诸塞大学、华南理工大学、圣保罗大学、曼尼托巴大学、中国农业大学、坎皮纳斯大学、马来西亚普特拉大学、南昌大学、中国农业科学院等机构。从合作关系来看,形成了包含国内外多所

大学的大型合作网络,拥有较多合作机构的院校有曼尼托巴大学、马萨诸塞大学、中国农业科学院、北京工商大学、中国海洋大学、波尔图大学、考克大学、维戈大学、南京大学、宁波大学、江苏大学、格拉纳达大学等院校,机构间连线紧密,表明彼此间较好的合作关系。

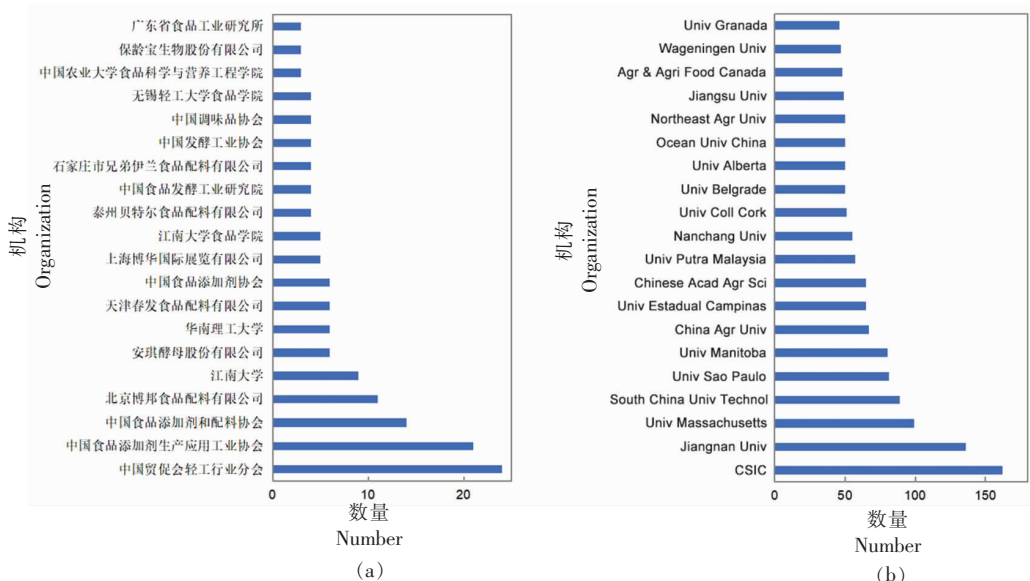


图 3 CNKI 数据库(a)和 WOS 数据库(b)中相关机构发文量

Fig.3 Relevant institutional publications in the CNKI database (a) and the WOS database (b)

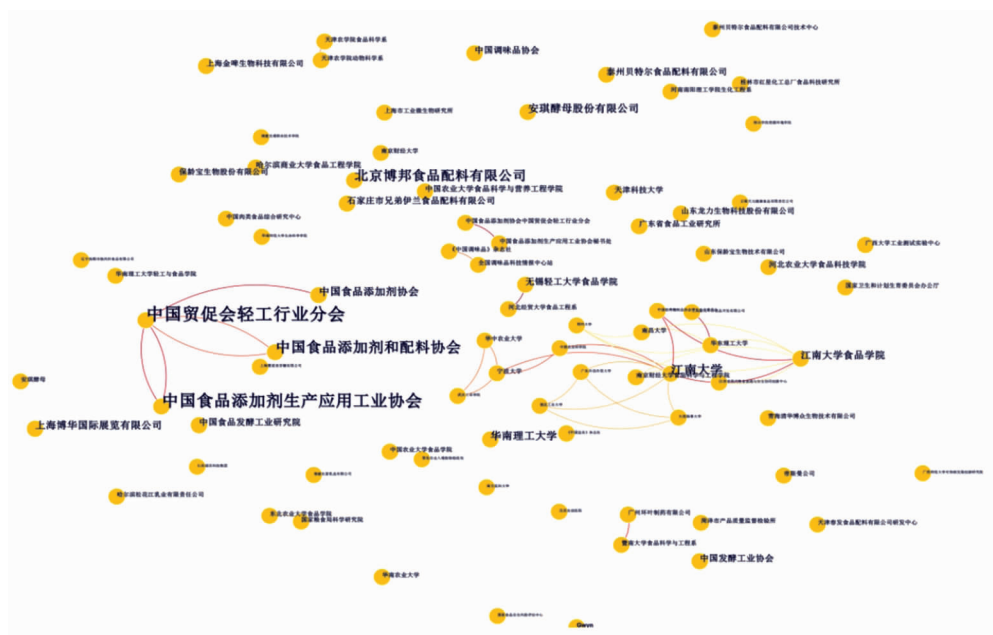


图 4 CNKI 数据库中“食品配料”发文机构分布情况

Fig.4 Organization distribution of literature on 'food ingredients' in the CNKI database

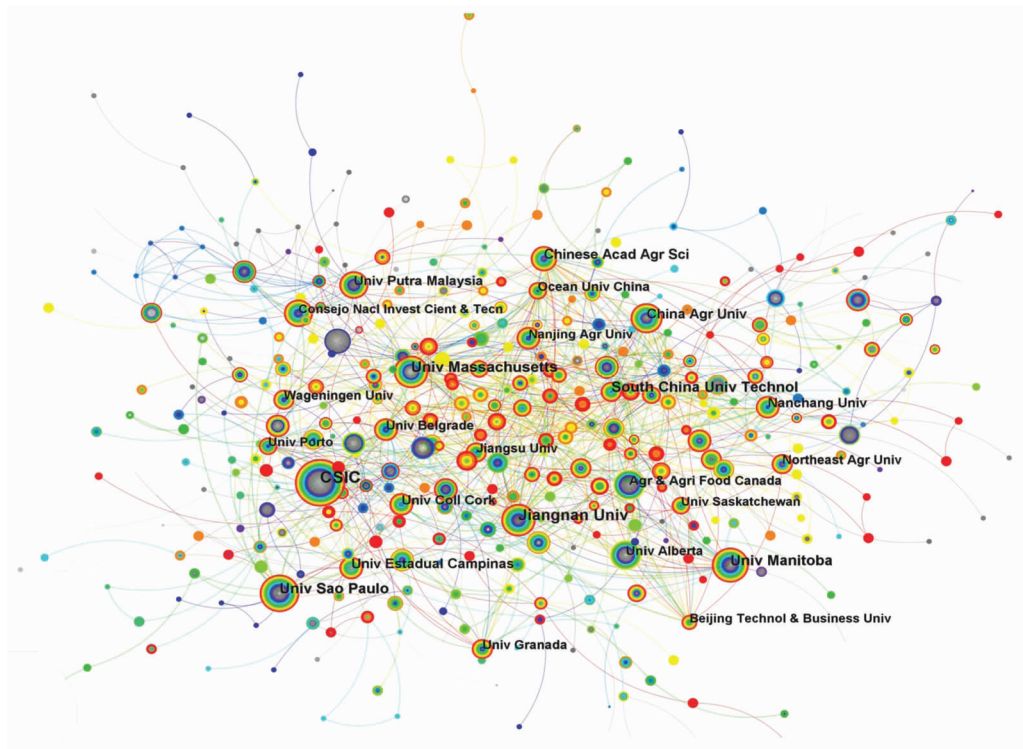


图5 WOS数据库中“功能性食品配料”发文机构分布情况

Fig.5 Organization distribution of literature on 'functional food ingredients' in the WOS database

2.1.3 关键词共现分析 将CNKI数据库中的文献导入Citespace软件中进行关键词共现分析,结果见图6。由图6可知,有关食品配料的研究主题主要集中在原料、功能、稳定性、分离纯化及应用5个方面。在原料方面,包括膳食纤维,天然色素,柠檬酸,低聚果糖,菊粉,维生素,白藜芦醇,动、植物蛋白等主题形成网络关联。最近的热点主要集中在减糖、减盐和减脂,同时通过多种功能性配料协同制作出蔬菜粉、多功能酸奶、多功能膳食饼干、功能饮料等多种功能性食品^[18-20]。目前,食品配料的功能特性已成为当前研究的热点^[21]。原料来源,提取工艺优化,配料的功能品质评价以及精深加工等研究彼此间呈现出较好的关联。食品配料的稳定性也是研究热点之一,包括不同功能配料的提取,稳态化,体内外消化稳定性评价,功能修饰后稳定性等方面^[22-24]。分离纯化技术与食品配料的生产能力和产值密切相关,对产品的品质有决定性作用。产业化应用是食品配料的重要节点,与原料、稳态化、功能特性均存在较强的关联,其融合了多种稳态化技术,保证其功能特性的稳定与

递送高效,通过不同食品配料搭配、多功能融合以及风味品质调配进行食品开发。

通过对关键词聚类分析,得到食品配料、功能、稳定性、脂质成分、功能食品、酱油粉、低聚果糖、营养素、花色苷、柠檬酸共10大类(图7)。目前,我国食品配料发展主要驱动力来源于市场需求、销售渠道、产品分类、生产技术、保存方法等方面。我国是柠檬酸生产强国,2022年中国柠檬酸出口量为123万t,占全球总产量超65%。柠檬酸几乎涉及所有生活中的领域,在食品领域中对风味调节和抗氧化方面有着重要作用^[25]。目前国内功能性配料领域研究涉及食品配料来源、营养、功能、产品开发,同时注重食品配料使用的安全监管。其中安全监管主要体现在食品配料的使用规范、安全性和掺假等方面。此外,生产监管可追溯是监管食品配料安全的重要方法。

将Web of Science数据库中的文献导入Citespace软件中进行关键词分析(图8),结果表明全球范围对功能性配料的研究较为广泛,功能成分、功效特性与应用评价联系紧密。聚类结果显

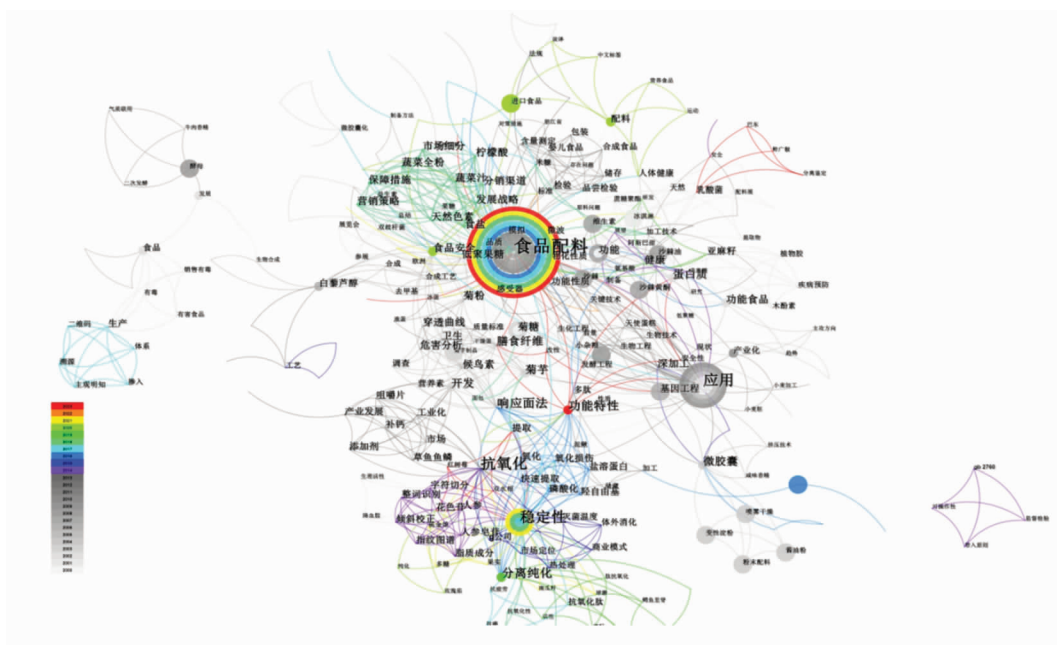


图 6 CNKI 数据库中“食品配料”关键词共现分析

Fig.6 Co-occurrence analysis spectrum of keywords in literature on ‘food ingredients’ in the CNKI database

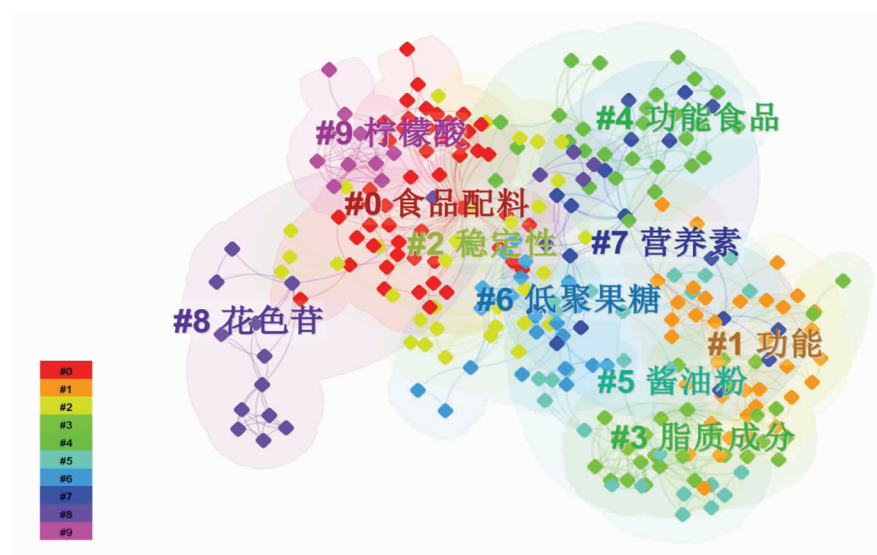


图 7 CNKI 数据库中“食品配料”关键词聚类分析

Fig.7 Cluster analysis spectrum of keywords in literature on ‘food ingredients’ in the CNKI database

示(图 9),研究最多的主题是功能性质、抗氧化活性、食品、蛋白、膳食纤维、酚类化合物、品质、物理化学性质、功能性食品、抗氧化、稳定性、提取、体外评价、感官品质等。说明功能性配料在具有一定的功能特性的同时,还需满足消费者的健康与风味品质需求。与 CNKI 数据库分析相比,Web of Science 数据库中的食品配料研究主题较为分散,通常聚焦于具体的原料与功能特性以及感官品

质,更侧重于食品配料产品的细分功能特性,集中于研究一些典型功能性食品配料,如氧化应激、抗氧化活性、抗性淀粉、包埋、功能性质、生物活性肽、功能性食品、脂肪氧化、固态发酵、食醋、黄粉虫(面包虫)。而关于产品应用及其相关技术相对较少,如喷雾干燥、微胶囊技术以及产业化生产。此外,关于食品配料安全监管与法规相对较少。

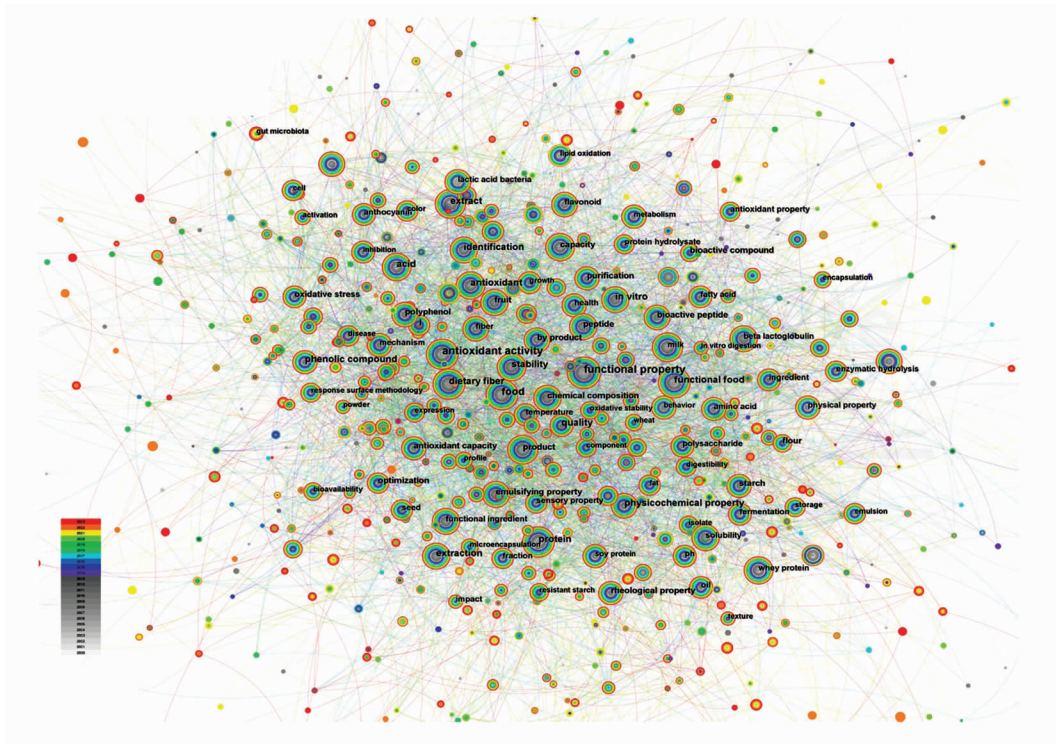


图 8 WOS 数据库中“功能性食品配料”关键词共现分析

Fig.8 Co-occurrence analysis spectrum of keywords in literature on 'functional food ingredients' in the WOS database

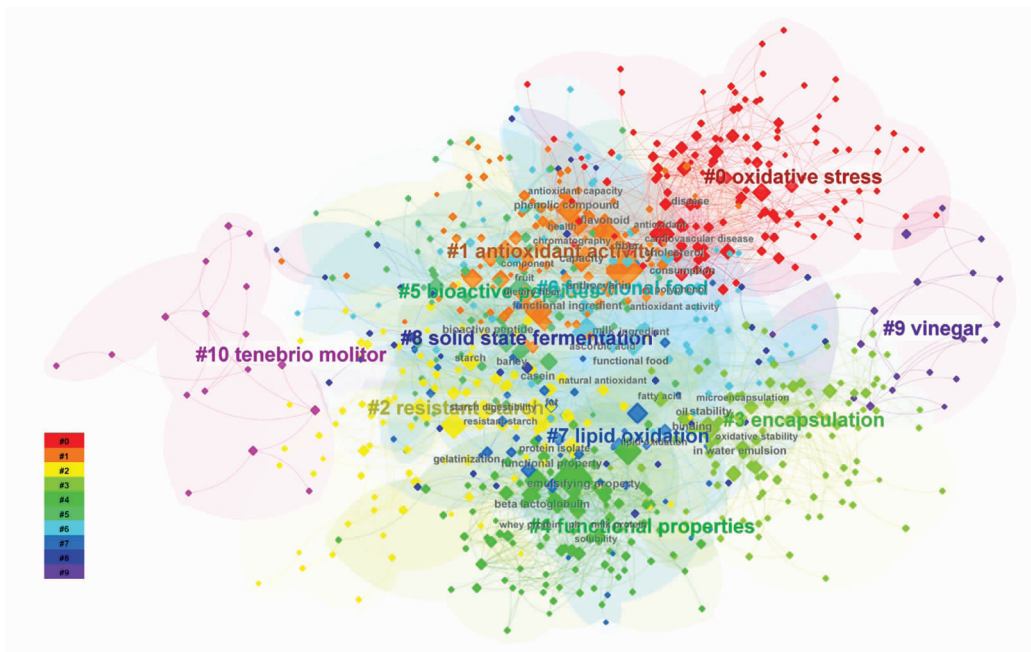


图 9 WOS 数据库中“功能性食品配料”关键词聚类分析

Fig.9 Cluster analysis spectrum of keywords in literature on 'functional food ingredients' in the WOS database

2.1.4 突显词分析 对 CNKI 数据库中以食品配料为关键词的文章进行突显词分析(图 10),共有 21 个关键突显词汇 (图 10 中青蓝色代表该关键

词出现的年份,红色代表该关键词是热点的时间范围),最强的词汇为“稳定性”,其引用热度从 2016 年开始,至今仍是关注热点。此外,功能特性

也是食品配料领域持续性关注的热点，其引用热度为 2014 年至今。“工艺”“分离纯化”“抗氧化肽”“分拆上市”是食品配料自 2009—2021 年较为突

显的词汇，说明工艺和分离纯化对食品配料生产的重要作用。分拆上市说明食品配料在大多情况下与食品原料处理是分不开的。

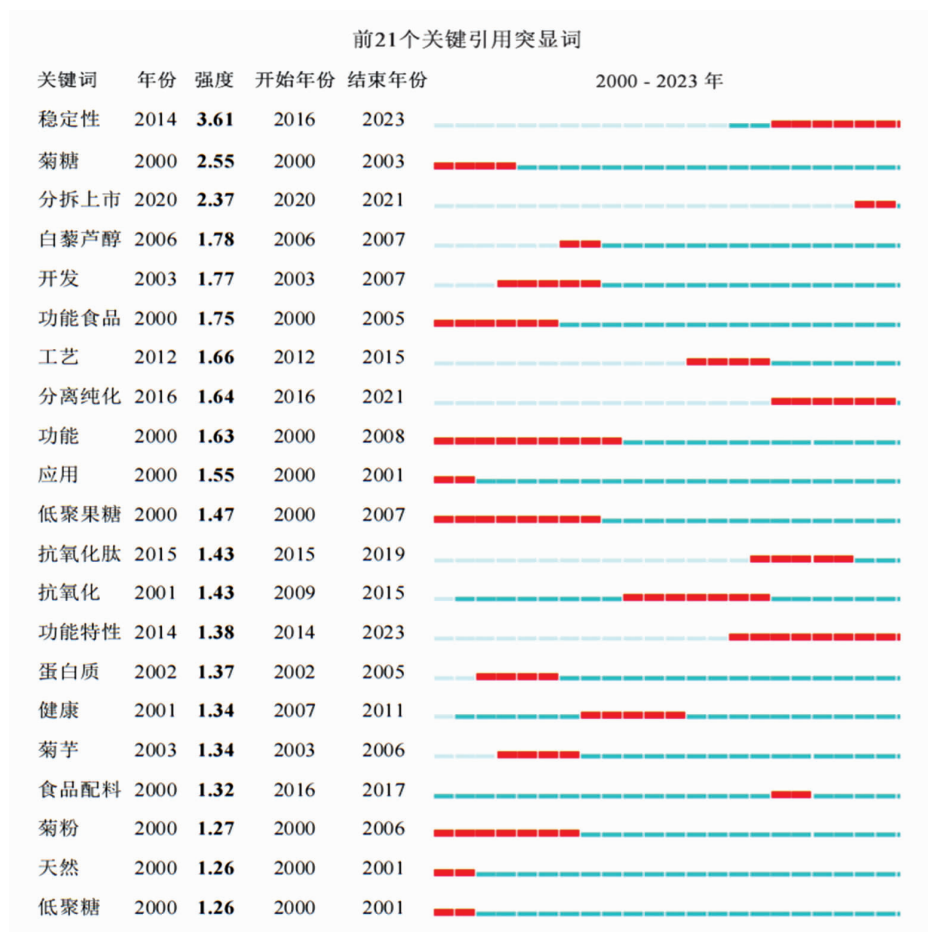


图 10 CNKI 数据库中“食品配料”相关突显词分析

Fig.10 Keyword outburst analysis of literature on 'food ingredients' in the CNKI database

将 Web of Science 数据库的 Functional food ingredients 关键词共现知识图谱检测并转换了前 25 个突显词(图 11)。前 25 个突显词分别为功能食品、凝胶化、膳食纤维、 β -乳球蛋白、食用纤维、牛奶、组分、自由基清除活性、分子对接、功能特性、预防、牛奶蛋白、脂质过氧化、纯化、肠道微生物、氧化、乳清蛋白、水包乳液、蔬菜、自发性高血压大鼠、血浆、质谱、米糠、容量和乳酸菌。从分析结果来看,持续研究的主题有功能性食品、牛奶、功能性质、小麦蛋白、蔬菜、血浆、乳酸菌等。采用分子对接技术筛选功能配料与功能特性靶标研究,解析功能配料对肠道微生物的影响是当前的热点方向。

2.1.5 功能性配料的发展历程 CNKI 数据库关键词的聚类时序图如图 12 所示,其中“食品配料”的演替最为丰富,自 2000 年至 2023 年一直在不断演替发展,研究较多的主要有膳食纤维、低聚糖、胶原蛋白、植物油、乳清多肽等,这些配料涉及食品行业丰富,如婴幼儿食品、特医食品、新型功能食品、营养强化食品(富硒食品)。此外,还涉及特定配料的加工与设备。“功能食品”与“功能”均属于食品配料的功能特性研究范畴,分析结果显示,食品配料本身与所开发相应产品的功能特性均需要体内和体外评价试验确定其功效作用,这些评价方法是衡量配料功能性的重要方法。膳食纤维、低聚果糖、白藜芦醇、菊粉、花色苷等功能性

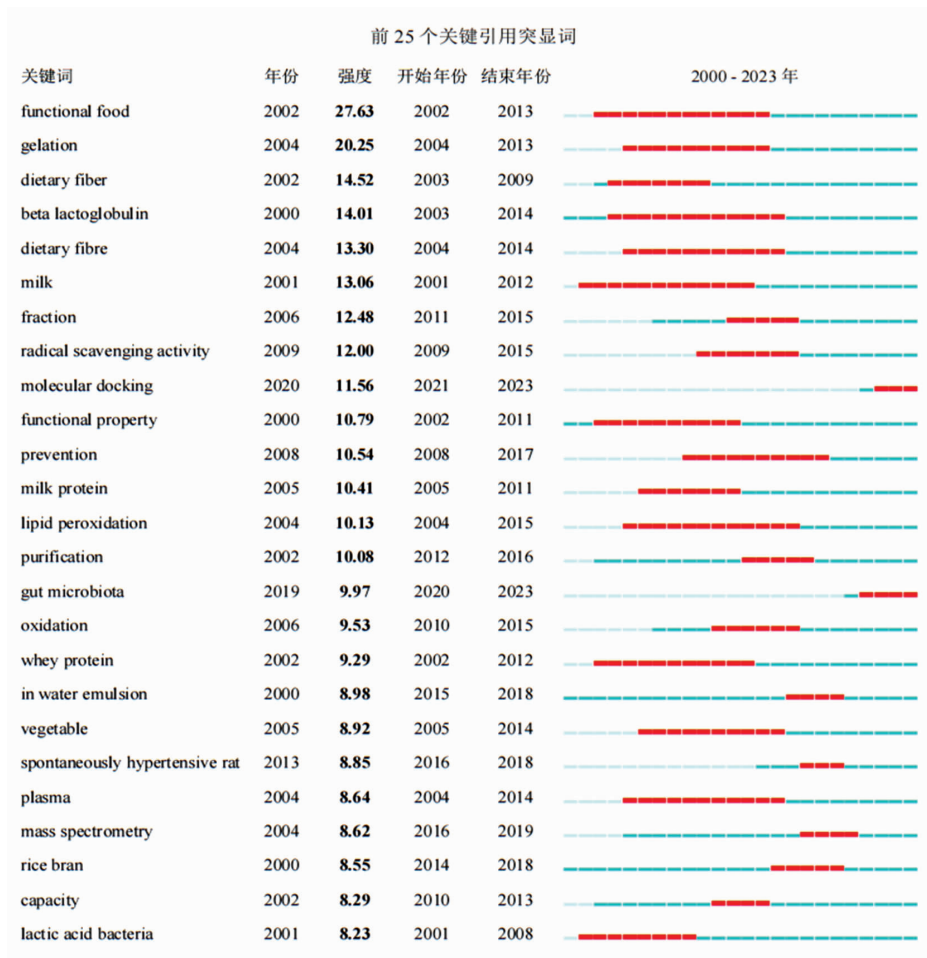


图 11 WOS 数据库中“功能性食品配料”相关突显词分析

Fig.11 Keyword outburst analysis of literature on ‘functional food ingredients’ in the WOS database

配料及其改性产品的开发与迭代更新是“营养素”和“花色苷”主题演变的主要原因。聚类主题词“柠檬酸”主要是因为柠檬酸在多领域都具有非常强的应用特点,如日化、生物医药、食品等行业^[26-28]。此外,柠檬酸的生物合成、分离纯化、发酵菌种的改性与效率提升均被广泛研究^[29]。

Web of Science 数据库关键词聚类时序图如图 13 所示,其中“#0 oxidative stress”作为关键词演化过程最为丰富,同时影响其它聚类,其相关联的聚类文献,研究内容主要为 antioxidant activity、phenolic compound、profile、extraction、seed,并且从 2000 年至今一直在不断发展。与“#1 antioxidant activity”相关联的聚类文献所涉及的研究内容主要为 antioxidant activity、fatty acids、natural products、antimicrobial agents、oxidation stability 等。与

“#2 resistant starch”相关联的聚类文献所涉及的研究内容主要为 functional properties、enzymatic hydrolysates、sweet potato、frozen dough、microstructure 等。与“#3 encapsulation”相关联的聚类文献所涉及的研究内容主要为 antioxidant activity、fatty acids、natural products、antimicrobial agents、oxidation stability 等。与“#4 functional properties”相关联的聚类文献所涉及的研究内容主要为 functional properties、physicochemical properties、protein structure、pilot plant production 等。

2.2 食品功能性配料的市场需求及产业现状

《中国居民营养与慢性病状况报告(2020 年)》显示,2019 年我国因慢性病导致死亡占总死亡 88.5%,虽然营养不足问题以及微量营养素缺乏症得到改善,但是慢性疾病防控形势依旧十分

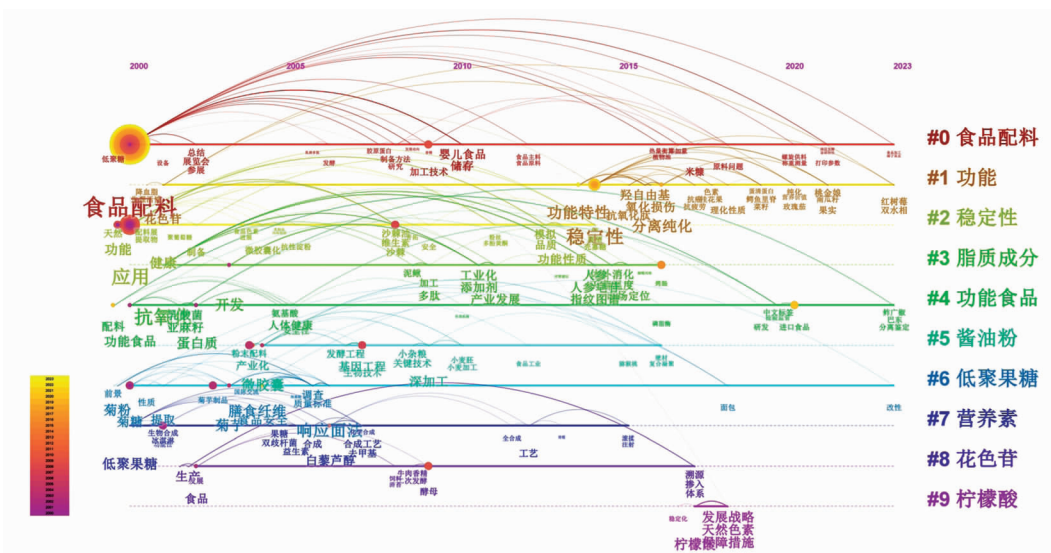


图 12 CNKI 数据库中“食品配料”相关文献关键词 top10 聚类时序谱图

Fig.12 Temporal spectrum of the top 10 keyword clusters in literature on the ‘food ingredients’ in the CNKI database

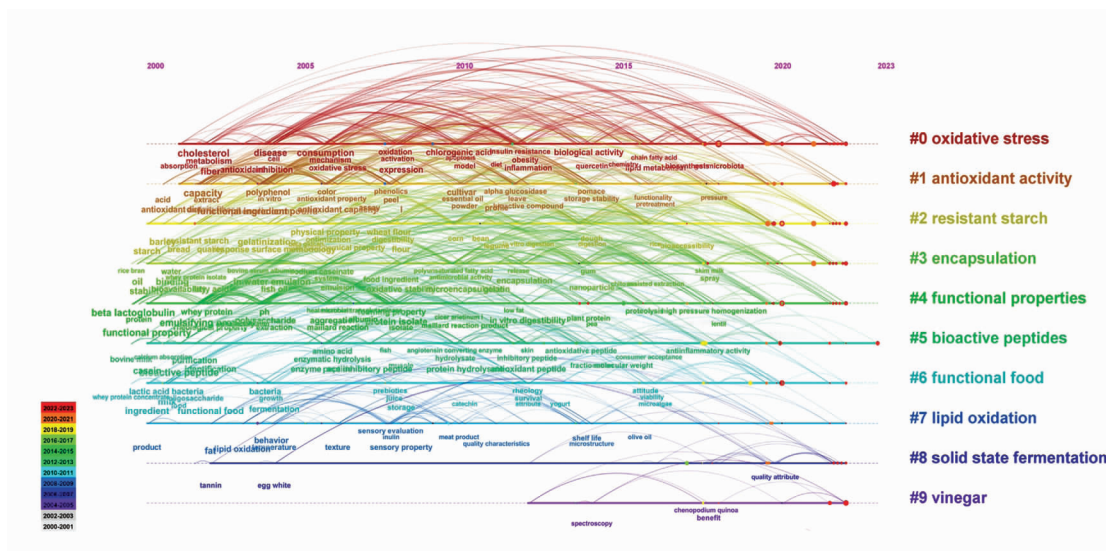


图 13 WOS 数据库中“功能性食品配料”相关文献关键词 top10 聚类时序谱图

Fig.13 Temporal spectrum of the top 10 keyword clusters in literature on the ‘functional food ingredients’ in the WOS database

严峻^[30]。功能性食品配料作为为功能食品提供主要功能成分的原料,除含有基本营养素外,还含有功能因子,对特定人群营养补充与疾病预防具有重要作用^[31-32]。为此,2023年5月世界卫生组织(WHO)在第76届世界卫生大会上批准了“关于通过安全有效的食品强化来加快预防微量营养素缺乏症的决议”,并敦促会员国制定关于使用微量营养素和/或补充剂等食品强化的政策。据联合国

发布的《世界人口展望 2022》预测,到 2050 年我国将进入重度老龄化社会,60 岁及以上老年人口将超过 5 亿人^[33]。随着健康中国建设和健康扶贫等民生工程的深入推进,消费者尤其是中老年群体健康意识日趋强烈,这将为功能性食品配料消费需求提供持续动力。

全球功能性食品配料的来源主要为动物、植物和微生物,细分类别主要有活性多糖^[34-35]、活性

微量元素^[36-38]、内源性甜味剂^[39-41]、肽与蛋白质^[42-45]、功能性油脂^[46-50]、有益菌^[51-53]、自由基清除剂^[54-56]以及其它活性物质^[57-58]。目前,国内市场对功能性食品配料的需求主要集中在食品和饮料两大领域,所涵盖的功能性食品配料主要有膳食纤维、低聚糖、蛋白粉、维生素等。近年来,随着生物技术、酶工程等技术的发展,功能性食品配料的研发能力得到显著提升,这些技术的应用推动了更具创新性和功能性食品配料的开发。据统计,中国功能性食品配料市场规模为1 103.42亿元,约占全球功能性食品配料市场规模的20%^[59]。功能食品配料作为发展第3代功能性食品的有效途径,在未来的市场规模中将飞速发展,预计全球功能性食品配料市场在2022至2028年期间将以6.64%的复合年增长率增长,至2028年全球功能性食品配料市场总规模将会达到8 082.66亿元^[59]。虽然功能性食品配料市场规模不断扩大,但是存在市场集中度低,核心技术缺乏,产品同质化严重等问题。未来食品配料企业需要加强研发能力,紧跟市场需求,注重产品创新和差异化开发,以适应市场的变化和消费者的需求。

3 食品功能性配料产业面临的挑战

3.1 食品功能性配料产业基础研究薄弱

消费者对食品的安全、风味、营养、健康等多层次需求,促进了食品配料产业的多元化发展和食品工业健康转型。目前,我国食品功能性配料加工与应用产业整体仍面临基础研究不强的问题:1)功能组分在食物中的空间分布规律,多组分间的交互作用及其生物活性机制的复杂性,制约了功能性配料在健康食品开发中的应用与推广;2)高性能菌株/酶的选择,功能配料合成途径不清晰,制约了功能性配料绿色、高效的生物制造;3)天然属性功能性配料发掘不足,应用过程中对食品品质构、风味和稳定性的影响不清晰,制约了“清洁标签”属性功能食品的开发;4)微生物源食品配料风味物质基础不明确,加工过程中不良风味的形成、吸附及削减机制不清晰,制约了微生物风味代谢产物在食品配料领域的应用。以上等问题的基础理论研究不清楚,直接影响了“风味健康双导向”食品配料产业的发展。

3.2 食品功能性配料产业科研投入低

由于早期国家和各省市相关科研部门对食品配料“风味与健康”形成相关的基础理论研究重视程度不够且资源投入不足,加之我国食品配料涉及的研究比较分散,研究人员少且聚焦食品配料基础理论研究的高层次科研人员更为匮乏,导致我国在食品配料领域基础研究方面与全球领先水平还存在一定差距。食品功能性配料属于多学科交叉领域,我国在核心领域研究不够深入,交叉学科不够丰富,应该融入更多的心理学、营养学、设计学、人工智能、合成生物学等,强化技术创新与融合,推进新产品的开发。在加强基础研究投入的同时,需要加大以产业需求为导向的科研投入,加大食品配料领域共性问题 and 特色问题研究的扶持力度,强化科研人才培养,形成结构合理的人才队伍,为食品功能性配料产业健康发展提供技术团队保障。

3.3 食品功能性配料相关法律法规不完善

我国对于食品配料的定义不明确,加工工艺不规范,缺少相应的法律法规支撑。在我国,食品配料的生产和使用必须遵守相应的食品安全国家标准,然而,针对新食品原料生产的各项技术、安全卫生等标准的制定需要参照多批次产品生产的实测数据,因此,产品生产与标准制定的非同步性进一步限制了国内食品功能性配料新品种的开发。此外,就食品配料安全监管体系构建而言,我国现行《中华人民共和国食品安全法》(2021年4月29日第二次修正)中第七十一条仅对一般食品安全标识的真实性进行规范,且尚未明确市场主体对食品标签的管理责任。相比而言,在法国的食品安全标识制度中,兼顾了一般和特殊两类食品的安全标识,明确了市场主体的作用,同时针对每一种食品安全标识制定法律或行政法规,有效保证了食品安全制度的落实^[60]。从制度借鉴角度来看,其成熟的制度体系对于优化和构建中国食品配料安全管理体系具有重要的指导意义。美国作为全世界最早要求标识营养标签的国家,其新版食品营养标签法规中强制要求企业对食品标签的食用分量、每日所需量、“添加糖”标识、“维生素D”和“钾”营养素标识等进行更新,以帮助消费者做出更健康合理的饮食选择^[61]。食品配料作为我

国食品工业发展和产品创新的重要组成部分,借鉴美国等发达国家的丰富经验设计并完善符合我国国情的食品配料营养标签管理体系,对功能性食品配方精准设计具有重要推动作用。

3.4 食品功能性配料产品同质化严重,创新不足

消费者健康意识的觉醒,促使其对食品配料的营养、风味和安全性提出更高要求,然而,当前国内高品质食品功能性配料的供应并未适应市场需求,消费者可信赖的品牌少,企业间相同赛道产品类似,风味差异不明显,在产品包装、风味及品种创新方面均存在同质化严重现象。主要体现在市场细分领域不够深入,营养健康型和多功能的高端食品配料研发和创新能力不足。目前,我国食品配料企业中普遍存在产学研环节薄弱,人员素质偏低,制度难以完全落实到位等情况,生产企业质量安全保障能力有待提升。

3.5 食品功能性配料数据库有待建立

伴随着消费者需求的变化,食品配料发展经过阶段性的升级与变化,衍生出多元、绿色、健康等细分方向,不断挑战新边界。食品配料品种多,特性差异大,相关类属交叉,需要依据应用场景对产品的功能、营养成分、色香味、质构等感官品质和营养品质进行评价并分类。在食品工业健康转型时期,食品配料尤其是功能性配料数据库的建立和应用可以更好地服务于食品行业的发展,推动健康中国战略实施。

4 食品功能性配料产业未来发展趋势

4.1 加强食品功能性配料基础研究和专业人才的培养

4.1.1 加强对食品功能性配料的基础研究 聚焦风味健康双导向,加强食品配料基础理论研究:1)以多糖为代表的功能性配料各组分在细胞中分布复杂,首先需进一步完善组分结构理论,进而依托可视化等技术阐明各组分原位多重分布规律,最终建立以关键组分为核心的生物体内的空间结构模型;2)探究配料制备过程中物化作用对提取效率的影响机制,解析多元因素介导的溶剂-溶质相互作用过程组分动态演替规律,明确高度聚合的多重网络结构下多组分变化规律;3)突破高性能微生物菌株或生物酶挖掘与生物合成基础理论,实

现功能性配料高效、绿色生物合成及其规模化制备;4)科学阐明功能性配料对食品感官品质及相关营养健康功效的调节作用机制,构建基于多受体共识别、多途径协同应答的精准、靶向干预策略;5)基于多组分互作,完善“清洁标签”属性功能性产品设计理论;6)构建以免疫调节、改善胃肠道功能等为导向的健康产品体内/体外相结合功效评价模型,制定并完善质量评价标准;7)基于多组学、肠道菌群移植、基因编辑等现代分析与生物学技术,揭示健康产品作用靶点与途径,为功能性配料在健康食品中的应用提供强有力支持。

4.1.2 加强食品功能性配料关键技术研发与科研投入

随着美味健康饮食理念的深入,人们对于食品配料及其产品的精准赋味与多功能性需求越来越高。由于不同人群的口味偏好存在差异,因此在解决风味分子稳定性、溶解性、抗氧化性等问题的同时,还需要结合生产成本和规模化生产的可行性,针对不同消费群体进行风味分子修饰关键技术研发。在食品基质互作增效方面,基于不同食品基质性质间的差异性,综合考虑食品的物化性质和生物活性等因素,加强基质互作增效技术研发和创新,对提高食品的口感、营养价值和功能效果非常重要。在食品配料加工制造领域,加强以“清洁标签”为导向的食品配料绿色、高效制备技术研发,突破制约产业发展的绿色化和智能化共性关键技术,实现食品配料加工制造过程的绿色化、数字化与信息化。食品配料作为食品领域研究的核心,需要不断适应新的市场需求和新的技术手段。未来食品配料科研投入需注重基础研究和应用研究的结合,通过基础研究为应用研究提供理论支持和技术手段,通过应用研究为食品配料基础研究提供更多的解决方案。最终,通过增加科研投入推动技术创新,研发新工艺、新设备,满足不断增长的市场需求。

4.1.3 加强食品功能性配料专业人才培养

未来食品配料科研投入将更加注重产学研合作,围绕“风味+健康”双重需求的目标,引导开展由高校、科研院所和企业等人员共同参与的食品配料相关基础研究。新型功能性食品配料的探究以及关键技术研发涉及多个学科、领域和多种生产方式,需要高精尖、高技能、强专业人才,因此,应立足功能

性食品配料产业,加强人才队伍建设,建立政府、高校和企业联合培养人才机制,在开展跨学科、跨领域研究的同时需注重人才协同创新能力、理论与实际生产相结合能力以及新型技术研发等能力的培养,以满足食品配料产业对人才的多样化需求。最终,通过共同研发、技术转让、人才培养等方式,实现资源的共享和优势互补,推动食品配料产业高质量发展。

4.2 完善食品功能性配料相关法律法规建设

4.2.1 建立并完善食品功能性配料监管体系 随着科技的进步,细胞培养肉、植物肉、3D打印食品等新产品和新技术日益成熟并不断应用于食品配料产业^[62-65],这给传统的食品安全监管模式带来了新的挑战。在确保食品功能性配料市场机制对基础资源有效配置的同时,我国可系统整理比对全球食品配料监管法规和政策,在借鉴国外先进管理经验的同时,结合我国市场与食品配料监管实际,及时跟踪新兴食品配料的研发和生产,完善食品配料安全监督管理体系,强化食品配料安全溯源机制,构建适合我国国情的食品配料综合监管体系,提升我国对于食品配料的监管效能。同时,进一步发挥消费者、行业组织等在食品安全监管中的作用,建立政府管理守安全、行业自律提品质、消费者监督促发展的综合管理模式,完善共建共治共享的食品功能性配料监管体系,促进食品配料生产和使用的规范性和标准化。

4.2.2 完善食品功能性配料标签相关规定 大健康产业的发展带动了消费者对食品从营养成分到功能性成分的关注。近年来,许多国家更新了食品配料标签法规和指南。例如:2018年欧盟委员会修订了有机产品生产及有机产品标签法律,2023年英国食品标准局发布了最新版食品过敏原标签和信息技术指南等。为保护消费者知情权,促进食品安全消费,我国应根据食品功能性配料来源、功能等细化食品标签标识相关规定,进一步督促落实细化《食品安全法》,为食品安全监管提供有力支撑。

4.3 加快推进功能性食品配料数据库建设

4.3.1 制定功能性食品配料的认定标准 功能性食品配料物质组成复杂,发酵类配料产品更是涉及众多微生物及代谢途径,导致目前大多功能性

食品配料的功效成分及量效机制并不明确。为有效推进功能性食品配料开发,必须制定针对各类配料功效成分的认定及检测标准,明确其功能特性、功效因子以及剂量效应关系,在兼顾风味与健康双重功效的基础上,完善配料基础指标检测,建立质控标准;同时结合市场需求,建立健全功能性食品配料安全及功能评价体系,促进功能性食品配料产业健康发展。

4.3.2 建立功能性食品配料数据库 建立以功能为区分的食品配料数据集,涵盖食品配料名称、制备方式、物质组成、功效成分、质量标准、检测方法、适用范围及限量等在内的产品全方位信息,帮助消费者了解产品信息,针对性消费;同步完善产品生产厂家信息,包括企业名称、企业法人、产品类别、执行标准、生产批次等,提高溯源精准性,为食品配料质量安全监督提供保障;结合产品组成及功效,智能化追踪最新科研成果,系统展示功能性配料的研发过程,同时通过对国内外先进技术和成果的梳理,为食品配料产业创新和可持续发展提供动力。

参 考 文 献

- [1] 国家统计局. 2023年全国规模以上工业企业利润情况表[R/OL]. (2024-01-28)[2024-02-23]. https://www.stats.gov.cn/english/PressRelease/202402/t20240201_1947130.html.
National Bureau of Statistics of China. The profit of industrial enterprises above designated size in 2023 [R/OL]. (2024-01-28)[2024-02-23]. https://www.stats.gov.cn/english/PressRelease/202402/t20240201_1947130.html.
- [2] 中国食品添加剂和配料协会. 食品配料分类: T/CFAA 0002—2021[S]. 北京: 中国食品添加剂和配料协会, 2021: 1-5.
China Food Additives & Ingredients Association. Classification of food ingredients: T/CFAA 0002—2021[S]. Beijing: China Food Additives & Ingredients Association, 2021: 1-5.
- [3] 朱新苗. 食盐来源及其历史[J]. 盐业与化工, 2014, 43(6): 26-28.
ZHU X M. Source and brief history of salt[J]. Journal of Salt Science and Chemical Industry, 2014,

- 43(6): 26–28.
- [4] 胥洪泉. 中国酒文化中的盐和梅[J]. 文史杂志, 1997(4): 50–52.
XU H Q. Salt and plum in Chinese wine culture[J]. Journal of Literature and History, 1997(4): 50–52.
- [5] 王文哲. 中国食品工业“九五”规划和2010年远景目标[J]. 中国对外贸易, 1996(6): 16.
WANG W Z. Outline of the 9th Five-year plan and vision 2010 for China food industry[J]. China's Foreign Trade, 1996(6): 16.
- [6] JI H Y, LIU J L, MCCLEMENTS D J, et al. Maltoligosaccharides as critical functional ingredient: A review of their properties, preparation, and versatile applications [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2024, 64(12): 3674–3686.
- [7] 李海芹, 田振扬, 骆霜霜, 等. 大蒜多糖的功能性质及其在食品中的应用展望[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(11): 271–276.
LI H Q, TIAN Z Y, LUO S S, et al. Functional properties of garlic polysaccharide and its application prospects in food[J]. China Food Additives, 2023, 34(11): 271–276.
- [8] YANG X T, TANG C H, ZHAO Q Y, et al. Melanin: A promising source of functional food ingredient[J]. Journal of Functional Foods, 2023, 105: 105574.
- [9] 郭顺堂, 徐婧婷. 植物基乳产业的发展趋势与技术创新[J]. 食品科学技术学报, 2024, 42(2): 1–9.
GUO S T, XU J T. Trends and technological innovations in the plant-based milk industry[J]. Journal of Food Science and Technology, 2024, 42(2): 1–9.
- [10] SHARIFI-RAD J, ADETUNJI C O, OLANIYAN O T, et al. Antimicrobial, antioxidant and other pharmacological activities of *Ocimum* species: Potential to be used as food preservatives and functional ingredients[J]. Food Reviews International, 2023, 39(3): 1547–1577.
- [11] CHANG M W, LIU K L. *Arthrospira platensis* as future food: A review on functional ingredients, bioactivities, and application in the food industry[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2023, 59(3): 1197–1212.
- [12] KUMAR H, DHALARIA R, GULERIA S, et al. Advances in the concept of functional foods and feeds: Applications of cinnamon and turmeric as functional enrichment ingredients[J/OL]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, (2023–12–08) [2024–02–23]. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2023.2289645>.
- [13] GARBACZ K, WAWRZYKOWSKI J, CZELEJ M, et al. Recent trends in the application of oilseed-derived protein hydrolysates as functional foods[J]. Foods, 2023, 12(20): 3861.
- [14] BOUKID F, ROSELL C M, CASTELLARI M. Pea protein ingredients: A mainstream ingredient to (re) formulate innovative foods and beverages[J]. Trends in Food Science & Technology, 2021, 110: 729–742.
- [15] 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.
- [16] CHEN C M, HU Z G, LIU S B, et al. Emerging trends in regenerative medicine: A scientometric analysis in CiteSpace[J]. Expert Opinion on Biological Therapy, 2012, 12(5): 593–608.
- [17] 李佳璘, 王莉丽, 孙彤, 等. 基于CiteSpace对丁香酚在食品领域中研究进展的可视化分析[J]. 包装工程, 2023, 44(11): 132–143.
LI J L, WANG L L, SUN T, et al. Citespace-based visualization analysis of the research progress on eugenol in food field[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(11): 132–143.
- [18] 鲍小铁. 创新减糖技术应用多元融合提升竞争力[N]. 中国食品报, 2023–09–25(6).
BAO X T. Innovative sugar reduction technology application of diversified integration to enhance competitiveness[N]. China Food News, 2023–09–25(6).
- [19] 史安祺, 程景民. 基于Citespace的食品添加剂可视化分析[J]. 现代食品, 2017(12): 46–48.
SHI A Q, CHENG J M. Visualization analysis of food additives based on citespace[J]. Modern Food, 2017(12): 46–48.
- [20] 梁慧光, 王工程, 王亚兰, 等. 西兰花膳食纤维饼干的研制[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(15): 98–104.
LIANG H G, WANG W C, WANG Y L, et al. Manufacturing broccoli dietary fiber biscuits[J]. Food Research and Development, 2023, 44(15): 98–104.

- [21] 时晨阳, 张筠, 吕歌, 等. 植物基类乳制品的研究现状及发展趋势—国内外食品配料的研究热点[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(11): 248–254.
SHI C Y, ZHANG J, LÜ G, et al. Research status and development trend of plant-based dairy products [J]. China Food Additives, 2023, 34(11): 248–254.
- [22] 潘燕墨. 食品配料改善虾肉糜 3D 打印适应性的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2021.
PAN Y M. Research on improving the adaptability of 3D printing of shrimp surimi by adjusting food Ingredients[D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2021.
- [23] 赵广河, 陆玺文, 胡梦琪, 等. 桃金娘果实多糖抗氧化稳定性的研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(16): 65–70.
ZHAO G H, LU X W, HU M Q, et al. Study of antioxidant stability of polysaccharides from *Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk berries[J]. Food Research and Development, 2021, 42(16): 65–70.
- [24] 杨晓娜, 张星和, 黄琪珍, 等. 食品配料及添加剂对双水相法提取红树莓花色苷稳定性的影响[J]. 北方园艺, 2023(4): 85–94.
YANG X N, ZHANG X H, HUANG Q Z, et al. Effects of food ingredients and additives on stability of anthocyanins extracted from *Rubus idaeus* L. by aqueous two-phase methods [J]. Northern Horticulture, 2023(4): 85–94.
- [25] 王宝石, 陈坚, 孙福新, 等. 发酵法生产柠檬酸的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(9): 251–256.
WANG B S, CHEN J, SUN F X, et al. Advances in production of citric acid through microbial fermentation [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(9): 251–256.
- [26] 黄静雅, 张禹, 朴美兰, 等. 酶解制备柞蚕蛹多肽及柠檬酸改善风味研究[J]. 北方蚕业, 2020, 41(2): 6–13.
HUANG J Y, ZHANG Y, PU M L, et al. The preparation of *Tussah pupa* polypeptide by means of enzymolysis and flavor improvement of polypeptide with citric acid[J]. North Sericulture, 2020, 41(2): 6–13.
- [27] 郭训练, 田倩倩, 曹静文. 南瓜草莓百香果复合饮料的配方优化[J]. 食品安全导刊, 2023(27): 155–158, 177.
GUO X L, TIAN Q Q, CAO J W. Optimization of the formula of pumpkin strawberry passion fruit compound beverage[J]. China Food Safety Magazine, 2023(27): 155–158, 177.
- [28] 吕静, 杨洁茹, 陈亚蓝, 等. 玫瑰菠萝复合饮料的研发[J]. 农产品加工, 2023(18): 27–29.
LÜ J, YANG J R, CHEN Y L, et al. Research and development of rose pineapple composite beverage[J]. Farm Products Processing, 2023(18): 27–29.
- [29] 彭超, 姚福伟, 朱威宇, 等. 柠檬酸发酵产业的市场分析与生产现状[J]. 当代化工, 2023, 52(9): 2196–2200.
PENG C, YAO F W, ZHU W Y, et al. Analysis on production and market of citric acid fermentation industry[J]. Contemporary Chemical Industry, 2023, 52(9): 2196–2200.
- [30] 国家卫生健康委员会疾病预防控制局. 中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)[J]. 营养学报, 2020, 42(6): 521.
Bureau of Disease Control and Prevention of National Health Commission. Report on the nutrition and chronic disease status of Chinese residents (2020) [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2020, 42(6): 521.
- [31] ASBAGHI O, ASHTARY-LARKY D, BAGHERI R, et al. Effects of folic acid supplementation on inflammatory markers: A grade-assessed systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Nutrients, 2021, 13(7): 2327.
- [32] ESMAEILI M, AJAMI M, BARATI M, et al. The significance and potential of functional food ingredients for control appetite and food intake [J]. Food Science & Nutrition, 2022, 10(5): 1602–1612.
- [33] Population Division. World population prospects 2022 [R/OL]. (2022-07-04)[2024-02-23]. <https://www.un.org/development/desa/pd/content/World-Population-Prospects-2022>.
- [34] 谢冰宗, 李密, 董彩文, 等. 黄精皂苷与多糖超声辅助提取工艺优化及降血糖活性研究[J]. 食品与机械, 2024, 40(1): 158–166, 196.
XIE B Z, LI M, DONG C W, et al. Study on the technology of ultrasonic assisted combined extraction of saponins and polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* and its hypoglycemic activity [J]. Food & Machinery, 2024, 40(1): 158–166, 196.
- [35] 张巧玲, 蒋小华, 张洁, 等. 罗汉果干果多糖的分离纯化、结构表征及其体外免疫调节活性[J/OL]. 食

- 品科学, (2024-01-30)[2024-02-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20240129.1835.012.html>. ZHANG Q L, JIANG X H, ZHANG J, et al. Isolation, purification and structural characterization of polysaccharides from dried *Siraitia grosvenorii* fruit and their immunomodulatory activity *in vitro* [J/OL]. Food Science, (2024-01-30)[2024-02-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20240129.1835.012.html>.
- [36] MENCHIKOV L G, POPOV A V. Physiological activity of trace element germanium including anti-cancer properties [J]. Biomedicines, 2023, 11 (6): 1535.
- [37] KHAN N, JAMILA N, AMIN F, et al. Quantification of macro, micro and trace elements, and antimicrobial activity of medicinal herbs and their products[J]. Arabian Journal of Chemistry, 2021, 14 (4): 103055.
- [38] ASLAM M Z, FIRDOS S, ZHOUSI L, et al. Managing hypertension by exploiting microelements and fermented dairy products[J]. CyTA—Journal of Food, 2022, 20(1): 327–342.
- [39] LEE S H, CHOE S Y, SEO G G, et al. Can ‘functional sweetener’ context increase liking for cookies formulated with alternative sweeteners? [J]. Foods, 2021, 10(2): 361.
- [40] AMORIM C, RODRIGUES J L, BRAGA A, et al. Engineering *Saccharomyces cerevisiae* for the one-step production of a functional sweetening mixture towards food applications[J]. Food and Bioprocess Technology, 2022, 135: 123–134.
- [41] SALAZAR V A G, ENCALADA S V, CRUZ A C, et al. *Stevia rebaudiana*: A sweetener and potential bioactive ingredient in the development of functional cookies[J]. Journal of Functional Foods, 2018, 44: 183–190.
- [42] LIU Y Q, STRAPPE P, SHANG W T, et al. Functional peptides derived from rice bran proteins [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2019, 59(2): 349–356.
- [43] LIN D Q, SUN L C, HUO W S, et al. Improved functionality and safety of peptides by the formation of peptide–polyphenol complexes[J]. Trends in Food Science & Technology, 2023, 141: 104193.
- [44] YIČIT A, BIELSKA P, CAIS-SOKOLIŃSKA D, et al. Whey proteins as a functional food: Health effects, functional properties, and applications in food [J]. Journal of the American Nutrition Association, 2023, 42(8): 758–768.
- [45] SHEN P Y, GAO Z L, FANG B C, et al. Ferretting out the secrets of industrial hemp protein as emerging functional food ingredients [J]. Trends in Food Science & Technology, 2021, 112: 1–15.
- [46] 周志华, 洪育翎, 陈娜, 等. 酶法改性微藻油脂制备功能性油脂的研究进展[J]. 中国油脂, 2023, 48 (2): 79–84, 128.
- ZHOU Z H, HONG Y L, CHEN N, et al. Research progress on preparation of functional lipids by enzymatic modification of microalgal oil [J]. China Oils and Fats, 2023, 48(2): 79–84, 128.
- [47] KUMBHARE S, PRASAD W, KHAMRUI K, et al. Recent innovations in functionality and shelf life enhancement of ghee, clarified butter fat[J]. Journal of Food Science and Technology, 2023, 60: 11–23.
- [48] XU Q Q, TANG Q Y, XU Y, et al. Biotechnology in future food lipids: Opportunities and challenges [J]. Annual Review of Food Science and Technology, 2023, 14: 225–246.
- [49] NORAZLINA M R, JAHURUL M H A, HASMADI M, et al. Trends in blending vegetable fats and oils for cocoa butter alternative application: A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2021, 116: 102–114.
- [50] 刘夏炜, 王昆鹏, 袁超, 等. 功能性油脂在食品工业中的应用及展望[J]. 食品安全导刊, 2022(11): 145–147.
- LIU X W, WANG K P, YUAN C, et al. Application and prospect of functional oils in food industry [J]. China Food Safety Magazine, 2022(11): 145–147.
- [51] ZHANG Y Z, LIU P P, FU H, et al. Effects of *Lactobacillus kefir* fermentation supernatant on skin aging caused by oxidative stress[J]. Journal of Functional Foods, 2022, 96: 105222.
- [52] 侯金丽. 乳酸菌在发酵食品中的应用研究进展[J]. 工业微生物, 2023, 53(1): 1–3.
- HOU J L. Application of *Lactobacillus* in fermented food[J]. Industrial Microbiology, 2023, 53(1): 1–3.
- [53] KIM H, FUGABAN J I I, HOLZAPFEL W H, et al. Selection of beneficial bacterial strains with po-

- tential as oral probiotic candidates[J]. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 2022, 14(6): 1077–1093.
- [54] STEFANUCCI A, MOLLIKA A. Mediterranean edible plants: An assessment of their antioxidant, radical scavenger properties and their use as super foods, nutraceuticals, functional foods[J]. *Antioxidants*, 2021, 10(5): 766.
- [55] CHOI S I, LEE J S, LEE S, et al. Radical scavenging-linked anti-adipogenic activity of *Alnus firma* extracts[J]. *International Journal of Molecular Medicine*, 2018, 41(1): 119–128.
- [56] KOSTKA T, OSTBERG-POTTHOFF J J, BRIVIBA K, et al. Pomegranate (*Punica granatum* L.) extract and its anthocyanin and copigment fractions—Free radical scavenging activity and influence on cellular oxidative stress[J]. *Foods*, 2020, 9(11): 1617.
- [57] ZAHARAN E M, SAYED A M, ALAAELDIN R, et al. Bioactives and functional food ingredients with promising potential for the management of cerebral and myocardial ischemia: A comprehensive mechanistic review[J]. *Food & Function*, 2022, 13(13): 6859–6874.
- [58] KIM M E, LEE J S. The potential of korean bioactive substances and functional foods for immune enhancement[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2024, 25(2): 1334.
- [59] 贝哲斯咨询. 功能性食品配料行业—2023年最新进展与未来前景分析[R/OL]. (2023–03–03)[2024–02–23]. https://news.sohu.com/a/761479796_121666394. Market Monitor. Functional food ingredients industry – recent advances and future prospects 2023 [R/OL]. (2023–03–03)[2024–02–23]. https://news.sohu.com/a/761479796_121666394.
- [60] 姜顶, 陈文华. 法国食品安全标识制度体系及启示[J]. *食品与机械*, 2023, 39(3): 61–65.
- JIANG D, CHEN W H. French food safety labeling system and enlightenment [J]. *Food & Machinery*, 2023, 39(3): 61–65.
- [61] 陈晓静. 美国最新食品营养标签法规解读[J]. *标准科学*, 2018(7): 35–38.
- CHEN X J. An interpretation of the latest food nutrition labeling regulations in the United States [J]. *Standard Science*, 2018(7): 35–38.
- [62] SCHLÜTER O, RUMPOLD B, HOLZHAUSER T, et al. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects[J]. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2017, 61(6): 1600520.
- [63] MEYER A S. Enzyme technology for precision functional food ingredient processes [J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2010, 1190(1): 126–132.
- [64] DONN P, PRIETO M A, MEJUTO J C, et al. Functional foods based on the recovery of bioactive ingredients from food and algae by-products by emerging extraction technologies and 3D printing [J]. *Food Bioscience*, 2022, 49: 101853.
- [65] HAN W H, LI X, YU G F, et al. Recent advances in the food application of electrospun nanofibers [J]. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2022, 110: 15–26.

The Current Status and Trends in the Functional Food Ingredients Industry

Zhang Lili^{1,2}, Zhang Yuyu^{1,2}, Nie Shaoping³, Xiao Zuobing⁴, Sun Baoguo^{1*}

(¹Key Laboratory of Geriatric Nutrition and Health (Beijing Technology and Business University), Ministry of Education, Beijing 100048

²Key Laboratory of Flavor Science of China General Chamber of Commerce, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048

³State Key Laboratory of Food Science and Resources, Nanchang University, Nanchang 330047

⁴School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240)

Abstract Food ingredients, as an important part of the modern food industry, play an important role in enhancing the sensory properties (color, aroma, taste, texture, etc.) and nutritional value of food. With the growing consumer demand for flavor and health, as well as the formation of a dual-wheel drive pattern of scientific "three reductions" and health connotation of 'N plus' in the food industry, the dual-orientation of 'health + flavor' food ingredients is gradually be-

coming an important driving force for the healthy transformation of the food industry. The article reviewed the development history of food ingredients in China and discussed its important position and role in the food industry. The current status of the functional food ingredients research and industry was systematically reviewed through comprehensive literature research and data visualization analysis. Finally, the challenges and future development trends of the functional food ingredients industry was summarized to provide insights and references for the research and development of the food ingredients industry in China.

Keywords food ingredients; delicious and healthy dual orientation; current status of the industry; future trends