

烘焙食品行业的可持续发展回顾：从原料、工艺到包装创新

王煜佳 马舜章 冯沐宇 侯殿志 周素梅

(北京工商大学食品与健康学院, 北京 102488)

摘要: 文章从近年来全球烘焙食品行业的健康化与可持续发展导向角度, 系统梳理了从原料替代、工艺优化、包装改进等三大核心维度的创新和发展情况。首先, 在原料端, 以杂粮粉、植物副产物等食材替代传统面粉, 开发天然功能性添加剂以及新型蛋白资源(植物蛋白、昆虫蛋白、微生物蛋白等), 实现产品营养健康水平提升及资源的有效利用。其次, 在核心工艺中, 通过优化和面、发酵、烘烤等技术以保留更多营养成分, 同时开创余热回收、柔性生产等低碳工艺, 减少加工能耗与碳排放。最后, 在包装端, 使用天然高分子复合膜、功能化纸材等新材料及智能保鲜等技术, 实现包装的减量化与循环发展体系。

关键词: 烘焙食品业; 健康化; 可持续发展; 原料替代; 工艺优化; 包装材料

Review of sustainable development in the baked food industry: innovations from raw materials, processing to packaging

WANG Yujia MA Shunzhang FENG Muyu HOU Dianzhi ZHOU Sumei

(School of Food and Health, Beijing Technology and Business University, Beijing 102488, China)

Abstract: From the orientation of the global baked food industry toward health and sustainable development in recent years, this paper systematically reviews the innovations and progress across three core dimensions: raw material substitution, process optimization, and packaging improvement. First, regarding raw materials, conventional wheat flour is replaced with ingredients such as whole-grain flours and plant-based food by-products. Natural functional additives and novel protein sources (e.g., plant proteins, insect proteins, and microbial proteins) are developed to enhance the nutritional and health value of products and realize the efficient utilization of resources. Second, in the core process, techniques such as dough mixing, fermentation, and baking are optimized to retain more nutritional components. Meanwhile, low-carbon processes including waste heat recovery and flexible production are pioneered to reduce processing energy consumption and carbon emissions. Finally, at the packaging stage, new materials such as natural polymer composite films and functional paper, along with intelligent preservation technologies, are adopted to establish a packaging system characterized by reduction and circular development.

Keywords: baked food industry; health-oriented development; sustainable development; raw material substitution; process optimization; packaging material

烘焙食品作为全球饮食结构的重要组成部分, 其产业和产业演进与社会、经济以及生态环境的发展深度绑定。尤其是近年来, 随着国内外消费行业升级与工业 4.0

时代的到来, 烘焙行业已完成从“满足饱腹需求”到“赋能品质生活”的深刻变革。尤其是当下全球居民健康意识普遍觉醒, 消费者对烘焙产品的期待不再局限于口感与

基金项目: “十四五”国家重点研发计划项目课题(编号: 2021YFD1600604)

通信作者: 周素梅(1971—), 女, 北京工商大学教授, 博士。E-mail: zhousumei@btbu.edu.cn

收稿日期: 2026-02-01 **改回日期:** 2026-04-10

引用格式: 王煜佳, 马舜章, 冯沐宇, 等. 烘焙食品行业的可持续发展回顾: 从原料、工艺到包装创新[J]. 食品与机械, 2026, 42(4): 1-9.

Citation: WANG Yujia, MA Shunzhang, FENG Muyu, et al. Review of sustainable development in the baked food industry: innovations from raw materials, processing to packaging[J]. Food & Machinery, 2026, 42(4): 1-9.

风味的表层体验,更是延伸至“拥有更丰富的营养,乃至具有健康调控功能等”高阶需求上^[1-2]。同时烘焙行业对于生态环保的要求也在增强,传统烘焙行业存在的原材料不够健康、产品浪费、能耗过高、过度包装等问题被日益重视,“全周期环境友好”被纳入产业升级目标^[3],健康、可持续发展已成为全球烘焙食品行业发展的主要导向和创新驱动力。

文章将回顾国内外烘焙食品行业的最新研究成果,重点从原料、工艺及包装 3 个技术环节和角度,共同探讨以实现产业的健康化与可持续发展为目标的做法、经验,旨在为中国烘焙行业的技术创新与产业升级提供借鉴,推动产业向“营养、安全、低碳、循环”的高质量、可持续发展目标迈进。

1 原材料的创新与替代

当前学术和产业界围绕烘焙食品的健康化与可持续发展已开展大量探索,尤其从原料端开展了诸多革新,较多地应用全麦粉、杂粮粉、加工副产物等全部或部分替代普通小麦面粉,不仅可显著提升最终产品中膳食纤维、矿物质、维生素等营养物质含量,并减少对粮食的浪费和对耕地的变相保护^[4-5]。而植物、微生物来源的新型蛋白资源的开发利用则在提升蛋白质营养的同时,亦有助于减少与畜牧业相关的碳排放和地球的可持续发展。

1.1 全谷物产品的流行

以面包、饼干等为主要代表产品的烘焙行业以往多采用的主要原料为普通小麦面粉,即分离剥除了小麦麸皮和胚芽,仅保留淀粉基胚乳的小麦粉,但其加工过程中大量的麸皮与胚芽被剥离,不仅造成营养素流失,还产生大量加工废弃物。以全麦粉为主要原料的全谷物面包、饼干正成为全球烘焙食品行业的流行产品。研究^[6]显示,全球全谷物食品市场持续扩容,产品供给日益丰富,但区域发展差异依旧突出。欧美地区全谷物产业成熟度高,美国、德国、荷兰及北欧国家居民全谷物消费意识强、摄入量普遍较高,全谷物消费占比达到 20%;以中国为代表的亚太市场全谷物食品虽增速较快,但产品品类集中于烘焙食品与早餐谷物、供给种类偏少,国内全谷物消费占比仅为 1% 左右,远低于欧美成熟市场水平。

以小麦为代表的全谷物原料在营养功能上较精制谷物具有更多优势,全谷物富含膳食纤维、B 族维生素、矿物质、蛋白质等基本营养组分以及多酚、黄酮、植酸等植物化学物质,拥有更高的营养密度、抗氧化活性以及一些已知对慢性代谢性疾病有益的功能^[7]。在烘焙食品中增加全谷物粉用量,可借由膳食纤维、多酚、植酸等物质的协同作用,降低淀粉的消化性,显著下调产品的血糖指数,进而成为对高血糖人群和糖尿病人友好的健康产品^[8]。然而,大量添加全谷物会对烘焙食品,尤其是对面团质构

和面筋网络要求较高的面包类产品的加工和品质带来不利影响。麸皮和胚芽的存留会干扰面筋网络形成,导致面团持气性下降、产品硬度增加、口感粗糙,限制了其在烘焙中的高比例应用^[9]。目前,可通过加工工艺优化,如超微粉碎、发酵处理、挤压膨化等对面粉或麸皮原料进行处理,显著改善全谷物产品的品质和可接受度^[10]。

从可持续发展角度,全谷物原料的开发大大减少了精加工过程中产生的麸皮、胚芽等副产物数量。以小麦为例,全麦粉较普通面粉的成品出品率提高 25%,若将中国 50% 的稻谷和小麦加工为全谷物,每年将增加近 2 000 万 t 口粮供应,相当于节约约 3.33 万 km² 的耕地资源^[11]。在全球可耕地资源日益紧张的背景下,推动全谷物烘焙食品的发展,亦是实现行业可持续发展的重要途径。

1.2 以杂粮及其他原料的多元化替代

小麦面粉一直以来都是传统烘焙食品的主要原料。随着公众健康意识的提升,改善营养、强化功能的原料创新也已成为烘焙行业发展的一个重要趋势。杂粮、杂豆、植物加工副产物及根茎类作物等正被广泛用于替代或部分替代小麦面粉。

杂粮面粉的多元化应用为烘焙食品的营养和资源利用率提升提供了可行路径。以目前常见的替代杂粮燕麦、藜麦、小米、高粱等原料为例,它们不仅营养价值高于小麦原料,还具备强抗逆性与广泛的生态适应性,耐旱、耐盐碱,可在贫瘠土地种植^[12-14],在原料层面可实现对农业系统的可持续转型支持。范梦茹等^[15]发现将燕麦原料添加到面包之中,膳食纤维含量显著增加的同时,产品的附加值也得以提升。Bravi 等^[16]将藜麦粉以 60% 添加到饼干中,产品的总膳食纤维和多酚含量增加约 5 倍。Aljobair^[17]研究发现,用 25% 小米粉和 75% 高粱粉替代小麦粉时,产品的蛋白质和脂肪含量升高,总酚含量和 DPPH 自由基清除率提高约 3 倍。此外,荞麦、黑麦、鹰嘴豆等杂粮杂豆也已被广泛应用于烘焙产品中^[18-20]。

植物副产物的发掘利用也成为烘焙产业原料创新应用的新领域,不仅显著提高了资源利用率、实现了“变废为宝”,同时也显著降低了产业的环境“碳足迹”。Silva 等^[21]将甜瓜皮粉添加到饼干和松饼中,其矿物质含量提高,氨基酸种类更加丰富。彭莉婷^[22]将柑橘皮渣添加到饼干中,使饼干的血糖生成指数下降,柑橘皮渣富含丰富的黄酮类物质也赋予了产品较好的抗氧化活性。

此外,一些特殊的马铃薯、甘薯等根茎类作物原料品种也成为替代面粉的新选择,其单位面积的碳水化合物产量高,在保障粮食安全方面具有独特优势^[23]。孙静等^[24]研究发现,将一种红色的马铃薯全粉以 20% 的比例添加到花色面包中,可显著提高产品的花青素和膳食纤维含量,同时赋予面包自然的红棕色和独特风味,改善产

品的综合品质。韩冰霜等^[25]使用紫甘薯全粉制作面包,所得产品不仅营养价值高,富含花青素,还具有抗氧化功能,且在色泽、口感和香气方面均优于普通面包。

1.3 功能性配料或添加剂的应用

添加剂是烘焙食品品质调控的核心要素,其天然化

转型不仅关乎产品的健康属性,更影响生产过程的环境友好性。传统化学合成添加剂的生产往往伴随高污染与高能耗,而天然添加剂多源于可再生生物资源,其开发与应用成为健康与可持续目标的重要结合点(如图1所示)。



图1 烘焙食品中常见天然功能性添加剂分类及特性

Figure 1 Classification and characteristics of natural functional additives used in baked foods in recent years

天然甜味剂通常具有较低的热量,是传统烘焙食品中常用的蔗糖的理想替代品。甜菊糖苷甜度约为蔗糖的数百倍,Karp等^[26]用甜菊糖苷代替巧克力松饼中20%的蔗糖,成功制得了热量较低且质量和传统松饼相当的产品。木糖醇具有与蔗糖相似的甜度和风味,Rutkowska等^[27]以木糖醇替换蔗糖制作曲奇,在降低其热量的同时,可延长产品保质期。赤藓糖醇的甜度为蔗糖的60%~80%,有利于维持人体血糖和胰岛素水平的稳定,还可抑制龋齿的发生^[28]。在烘焙产品中,赤藓糖醇还可以与其他功能性成分协同作用,进一步提升食品的健康价值。Olt等^[29]利用赤藓糖醇与葡萄渣共同制作的低糖饼干的抗氧化性优于普通饼干。Raczowska等^[30]研究发现,使用黑加仑果渣和赤藓糖醇制成饼干,可降低产品约30%能量值,且膳食纤维含量提高近10倍,同时其抗氧化能力和多酚化合物含量也显著增加。

酶制剂反应条件温和,来源于微生物发酵,生产过程绿色可控,能够显著降低能耗与碳排放,且还有助于实现

副产物高值化利用,为食品工业低碳转型提供可行路径^[31]。Brumă等^[32]用蛋白酶水解后的大豆蛋白水解物制作松饼,所得产品的蛋白质含量和抗氧化活性均显著提升。刘颖等^[33]将葡萄糖氧化酶、 α -淀粉酶和脂肪酶3种酶复配后加入大米面包,改善了产品的硬度、咀嚼性和弹性,且所得产品更加柔软,组织更加均匀细腻。Li等^[34]将经果胶酶、纤维素酶和 α -淀粉酶处理的南瓜果肉添加到面包,减少了产品烘焙损失,提高了膳食纤维含量。此外,乳糖酶可解决乳糖不耐受问题,拓宽健康食品范围^[35]。

植物提取物中的酚类化合物可通过破坏微生物细胞膜、抑制酶活性实现抗菌效果。例如,在面包中添加1%~3%的茶多酚,通过延长霉菌生长滞后期能够有效延缓面包的霉变,并保持良好的感官品质^[36]。微生物源防腐剂如乳酸链球菌素(Nisin)的应用则体现了生物技术的优势,其通过抑制革兰氏阳性菌的细胞壁合成发挥作用^[37]。Ai等^[38]研究发现,在面包发酵过程中产生的稳定的

Nisin,即使在烘烤后也能持续存在,为最终产品提供持续的抗菌保护,能有效延长面包的保质期。

不少植物提取物以天然抗氧化剂的功能出现,凭借其在抑制烘焙食品的氧化、延长保质期方面的价值获得重视。其中石榴皮提取物因含鞣花酸、石榴多酚等物质,在较低浓度下可抑制脂质过氧化,Ismail等^[39]将其添加到饼干中,可减少高温烘焙导致的氧化劣变,同时保持产品的酥脆质地。Imeneo等^[40]将柠檬加工副产物添加到饼干中,可在不破坏产品基础感官品质的前提下,显著提升饼干的多酚含量和抗氧化能力。向日葵花盘、荷叶等植物副产物原料中亦含有大量具有抗氧化、抗肥胖、降血糖、降血脂等功能的生物活性物质,亦被拓宽用于烘焙食品中^[41]。

1.4 新型蛋白资源的发掘

为应对传统蛋白质来源的资源与环境压力,烘焙行业正积极开拓可持续新型蛋白的应用路径。这些新型蛋白源不仅能有效提升产品的营养价值,赋予产品抗氧化等功能特性,还因其具有资源需求少、环境足迹低的优势,为行业构建了低碳供应链。

植物蛋白为烘焙产品营养升级提供了有效路径,其添加可从蛋白含量、氨基酸组成、功能成分等多维度改善营养特性。在面包中加入大豆蛋白等植物蛋白,不仅能显著提升产品的蛋白质含量,降低碳水化合物含量与总能量水平,还提升了氨基酸评分^[42]。浮萍蛋白浓缩物的添加则进一步拓展了营养维度,将其添加到产品中可提升产品的蛋白质、叶绿素、多酚等含量,还可赋予烘焙产品的抗氧化功能^[43]。将改性大米蛋白应用于无麸质烘焙产品时,既能提升蛋白消化率,还因无麸质、低致敏性适配麸质不耐受人群^[44]。

昆虫蛋白也具有其独特的优势。Zhang等^[45]将黄粉虫粉加入面包后,制成的产品颜色更深,质地更柔软,且在蛋白质和油脂方面的营养价值更高。Gantner等^[46]将蟋蟀粉加至小麦面包中,提升了产品的蛋白质、脂肪含量,同时保留了蟋蟀粉中的多种有益营养成分,除膳食纤维略有下降外,整体实现了营养品质的改进。从环境效益看,昆虫养殖的水资源消耗和碳排放量均较少,且可利用食品加工废料作为饲料,实现“废物—蛋白”的转化闭环^[47]。

微生物蛋白生产基本不受季节和气候限制,土地使用效率极高,还能通过利用工业废水、废气中的碳氮资源,完成从“废弃物”到“营养品”的升级,构建起资源循环利用的闭环^[48-49]。螺旋藻蛋白粉中同时富含多糖、多不饱和脂肪酸、维生素、矿物质等营养成分,添加到烘焙食品中可提升产品的抗氧化活性与营养密度^[50]。

2 通过工艺优化的健康与可持续发展策略

2.1 产品营养与安全性的提升

烘焙制品的生产过程是决定产品品质的核心,其不仅影响到产品的质构与风味,更关乎营养物质的保留与有害物生成。在实现工艺的“营养最大化、风险最小化”平衡的同时,越来越多的企业考虑节能及减少碳排放的可能性。

在和面工艺上,适当提高面团稳定性可缩短发酵时间,减少烘焙时间,降低碳排放,同时还可抑制有害物(如丙烯酰胺)的生成。刘锐等^[51]研究发现,较常规常压和面、短时快速和面等方法,真空和面可使面团水分分布更均匀,避免局部高温导致的丙烯酰胺超标。朱璠^[52]制作全麦面包时,将60目麸皮经常压蒸汽处理后,在和面期间加入面团中,可保证面筋蛋白充分水合,提升面团的弹性与持久性。发酵技术作为前置关键环节,其优化影响到最终烘焙产品的营养、安全与能耗。陈艳^[53]采用前发酵—冷藏法使面团水分稳定、发酵力提升,有助于在烘焙时形成均匀结构,从而更好地保留热敏性营养素,同时发酵过程中微生物代谢还能分解植酸,提升矿物质生物利用度。杨彩群^[54]采用分阶段活化酵母与精准控温控湿方法,可显著提高酵母存活率与发酵稳定性,缩短发酵时间,减少过度烘焙产生的有害物质。樊永华^[55]研究发现,利用定向筛选的乳酸菌或酵母菌株,可在发酵中合成功能性肽与多糖,增强产品抗氧化性及低血糖生成指数(GI)特性。

烘烤工艺优化亦可显著提升产品的健康性。李旭^[56]研究表明,较分阶段温度法、水浴烘焙法以及高温烘焙法,采用140℃、45min的低温慢烤工艺可显著提高面包内部抗性淀粉和膳食纤维含量,减缓碳水化合物的消化吸收速度,降低产品GI值。Akkurt等^[57]研究发现,真空烘烤下的薯片中丙烯酰胺生成量可减少近98%,产品品质上更为安全、健康。

2.2 低碳减排工艺创新

烘焙行业是食品工业中的能耗重点领域,其能源消耗主要集中在烤箱加热与原料处理两大环节。为推动绿色低碳转型,行业正从工艺层面积极探索有效的节能降碳路径。低碳工艺创新主要通过能源梯级利用、加工设备升级与生产模式优化3个方向系统推进(见图2),旨在显著降低单位产品的综合碳排放。

在能源梯级利用方面,可借鉴传统烘房中排潮余热回收技术的思路,将烘焙烤箱排放的高温湿热空气通过空气源热泵系统进行余热回收,然后将回收的热能用于原料预热、车间供暖等环节,实现能源的梯级利用^[58]。在设备改造方面,可采用蒸发冷热管系统替代传统制冷设

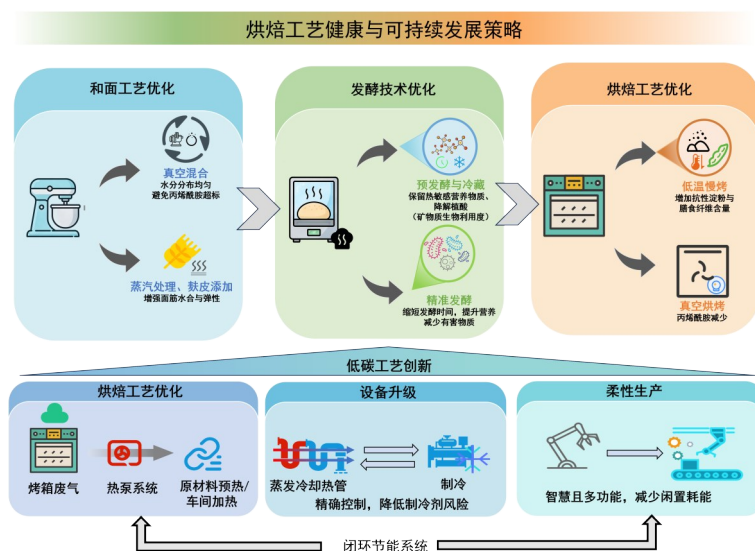


图2 从健康和可持续发展出发的烘焙工艺优化

Figure 2 Optimization of baking process tailored to health and sustainable development

备用于烘焙车间的温湿度控制,可有效降低车间降温环节的能耗,同时减少因氟利昂等制冷剂泄漏导致的碳排放^[59],该系统已被应用于乳品等食品加工,在实现精准控温、降低能耗的同时还提升了产品质量。

能源梯级利用、高效热管理设备和柔性生产模式的综合应用,形成了从热能回收到运行优化的闭环节能体系,显著提升了行业整体能效利用水平,为行业持续减排提供了可行路径。

3 包装材料与技术创新

3.1 可持续包装材料开发

传统石油基塑料包装因其在自然环境中难以降解,引发了持久的生态累积与污染风险,推动其向可再生、可降解材料转型已成为行业共识性方向。当前技术路径主要围绕天然高分子改性、纸基功能化等方面展开系统性探索,旨在构建从根本上降低环境影响的包装材料体系。

天然高分子复合膜可以通过多组分协同提升性能。赵郁聪等^[60]研究发现,小麦淀粉与壳聚糖复合时,因直链淀粉含量相对较高,膜的抗拉强度可达14.04 MPa,氧气透过系数低至 $33.1 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{MPa})$,用于面包包装可延缓氧化变质,延长货架期。该材料在自然环境中可生物降解,降解产物为二氧化碳和水,无环境残留。董宇豪等^[61]制备的海藻酸钠—鱼明胶复合膜,其水蒸气透过率低至 $2.80 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{MPa})$,可用于高水分含量的蛋糕包装。徐帝等^[62]研制的柚皮苷—多糖—蛋白复合膜,对紫外线、水蒸气及氧气具备优异阻隔性,其中的柚皮苷能够发生一定的缓释,有效提高复合膜的抗氧化和抗菌作用。

纸基包装作为塑料食品包装的环保替代品,具备环保可降解、加工适应性强、印刷装饰性优、性能多样的核

心特性。近些年,烘焙食品包装正朝纸基转变,硅油纸是典型代表,具有耐高温、防油、可剥离及安全性,在烘焙甜品的包装上多有应用^[63]。茅淑英^[64]还尝试将无毒的PVDC材料涂布于纸张表面,可赋予纸张更优异的气密性和耐油性,同时保留了材料的可回收性。

3.2 新型保鲜技术应用

包装的根本目的在于维持产品品质、延长其货架寿命。抗菌活性包装、气调包装乃至智能保鲜技术在烘焙食品上的应用目前均有一定突破,现有的包装技术已从传统静态隔离到主动干预、动态感知乃至包装内部的精准调控,在有效延长烘焙产品货架期的同时,可显著减少对防腐剂的依赖。

抗菌活性包装技术通过缓释抗菌成分抑制微生物生长。易苏等^[65]制备的淀粉/壳聚糖/M-Nano-TiO₂复合膜,可显著抑制大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的生长,减少防腐添加剂用量。Promhuad等^[66]将麦芽醇以10%的比例掺入乙酰化木薯淀粉薄膜中,用作黄油蛋糕的包装,能抑制霉菌的生长,使产品贮藏时间延长至19 d。植物源抗菌肽的引入能够减少抗菌成分失活与扩散,抑制导致烘焙食品霉变的微生物的生长,使烘焙食品更耐贮藏^[67]。

气调包装技术作为延长烘焙食品货架期的关键技术之一,其核心原理是通过精准调控包装内气体的混合比例,构建抑制微生物生长与延缓品质劣变的微环境,从而实现产品保鲜。Rodríguez等^[68]研究表明,在不含化学防腐剂的试验组中,采用50% CO₂与50% N₂混合气体时,切片小麦面包的货架期显著延长,且低温环境可进一步强化气调包装的保鲜效果。Rüegg等^[69]在改良气体中使用CO能够明显延缓霉菌生长,使全麦面包无霉货架期延长

至 10~12 d。

智能包装作为食品流通环节中的一种创新技术,其核心在于能够自动察觉食品内外环境中改变的温度、湿度、气体成分,以及食品自身品质特性等的变化,可实现食品新鲜度可视化监控。如意大利达芬奇面包坊,采用 O₂/CO₂ 气体传感器+纳米精油抗菌材料+高精度温度芯片集成智能包装系统,使面包在夏季高温下的货架期长达 18 d,较传统包装时间延长了 60%^[70]。德国的烘焙工厂则在高端蛋糕、定制烘焙礼盒产品的包装内安置有 RFID 智能追溯芯片,可记录产品的生产、仓储、运输过程的温湿度与时间数据,产品货架期预测准确率提升了 30%^[71]。

3.3 包装设计的减量化

可持续包装的全生命周期环境友好性,需遵循“减量化、再利用、再循环”的核心原则。具体体现在通过结构优化降低材料消耗、依托模式创新延长包装生命周期、借助技术突破完善回收链路,最终构建一个多维度协同的循环体系。

减量化结构设计在保障包装基础功能的前提下,通过形态优化与空间利用率提升减少材料投入。胡晶等^[72]将传统长方体盒型改为总长 450 mm×100 mm 的折叠结构,在满足安全运输需求的同时,将材料利用率提升 54%,间接减少自然资源消耗与碳排放。英国森宝利超市自有品牌的大蒜面包通过去除冗余包装层、采用聚丙烯薄膜替代“纸箱+塑料内套”的传统组合,包装质量减少 70%,运输效率提升 20%,可有效降低包装材料使用量和包材成本^[73]。减量化包装对于中国传统烘焙食品(如月饼)而言,有着更巨大的发展空间。如何在满足节庆礼品类食物包装相对讲究的前提下,减少不必要的包装材料消耗是值得行业共同研究和探讨的命题。

4 结论

当前围绕健康与可持续发展的烘焙食品研究已在原料、工艺、包装三大核心维度取得显著突破。原料端通过替代面粉开发、功能性添加剂天然化转型及新型蛋白源探索,既可实现烘焙产品营养升级,又能推动资源循环利用,植物副产物与边际土地作物的应用降低了产业环境足迹。工艺端以优化烘焙技术平衡营养保留与品质,借余热回收、柔性生产等低碳工艺减少能耗与碳排放。包装端则通过天然高分子材料、先进保鲜技术及减量化设计等,实现环保与保鲜协同,构建起烘焙行业从加工原料、生产工艺到产品包装的绿色健康发展链条,为中国烘焙行业提供了转型升级模式和参考。

展望未来,烘焙食品产业上还有以下方面有待深入研究和发

展,多开发一些可满足人们从情绪到身心健康需求的产品,将此作为行业安身立命之本。② 新产品、新技术应用的现实可行性,需要解决新型原料成本高、低碳工艺设备投入大以及规模化量产有难度等问题,以推动行业效益提升、产业可持续发展作为技术研发的关注目标。③ 产业科技创新需跟上时代发展节奏,面对 AI 时代以及个性化、功能性消费时代的全面来临,在产品研发上科学利用大数据与智能开发软件,加速产品的精准定位与更新迭代速率,进而推进中国乃至全球烘焙食品行业的健康、可持续发展。

参考文献

- [1] 林莉. 中国焙烤行业发展现状及趋势洞察[J]. 食品工业科技, 2023, 44(13): 483-489.
LIN L. Current situation and trend analysis of China's bakery industry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(13): 483-489.
- [2] 朱美乔. 烘焙市场洞察破局密码[N]. 中国食品报, 2025-07-31(5).
ZHU M Q. Breaking code for baking market insights[N]. China Food News, 2025-07-31(5).
- [3] 季杏迪, 金冬冬, 曾繁濠, 等. 烘焙食品健康与营养改良研究进展[J]. 食品工业科技, 2023, 44(5): 403-410.
JI X D, JIN D D, ZENG F H, et al. Research progress in the bakery reformulation for health and nutrition[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(5): 403-410.
- [4] 祖力皮亚·艾麦提, 祖力皮牙·买买提, 于明, 等. 杂粮复合粉添加量对馕品质及其挥发性物质变化的影响[J]. 现代食品科技, 2025, 41(10): 375-385.
ZULIPIYA A, ZULIPIYA M, YU M, et al. Effect of adding mixed grains on the quality of naan and changes in volatile flavor substances[J]. Modern Food Science and Technology, 2025, 41(10): 375-385.
- [5] 窦龙珠, 孙新, 贾小丽, 等. 添加不同杂粮粉对面包面团和产品品质的影响[J]. 鞍山师范学院学报, 2024, 26(2): 58-63.
DOU L Z, SUN X, JIA X L, et al. The effect of adding different miscellaneous grain flour on bread dough and product quality[J]. Journal of Anshan Normal University, 2024, 26(2): 58-63.
- [6] 陈宽宇, 赵伊琳, 张弟, 等. 大食物观视域下全谷物食品消费实现路径研究[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(1): 12-20.
CHEN K Y, ZHAO Y L, ZHANG D, et al. Research on the implementation path of whole grain food consumption from the perspective of all-encompassing approach to food[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(1): 12-20.
- [7] 尚珊, 臧梁, 傅宝尚, 等. 全谷物原料的营养特性及食品开发研究进展[J]. 食品工业科技, 2022, 43(8): 443-452.
SHANG S, ZANG L, FU B S, et al. Nutritional characteristics of whole grain and product development progress[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(8): 443-452.
- [8] 侯秀云. 全谷物面粉制作的质量分析及发展预测[J]. 食品安

- 全导刊, 2024(35): 106-110.
- HOU X Y. Quality analysis and development forecasts of whole grain pastry production[J]. Journal of Food Safety Guide, 2024 (35): 106-110.
- [9] 邵玉兰, 孙成行, 胡冰冰. 全谷物成分对面制品品质及加工特性影响研究进展[J]. 食品与机械, 2023, 39(9): 228-233.
- SHAO Y L, SUN C H, HU B B. Research progress on the effect of whole grain components on flour product qualities and processing characteristics[J]. Food & Machinery, 2023, 39(9): 228-233.
- [10] 陈宽宇. 全谷物食品加工技术及营养功能提升研究进展[J]. 中国食品工业, 2024(10): 101-103.
- CHEN K Y. Research progress on whole grain food processing technology and nutritional function improvement[J]. China Food Industry, 2024(10): 101-103.
- [11] 国家发展和改革委员会, 国家粮食和物资储备局, 科学技术部, 等. 关于印发《国家全谷物行动计划(2024—2035年)》的通知[EB/OL]. (2024-12-09) [2025-12-26]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202412/content_6997628.htm.
- National Development and Reform Commission, National Food and Strategic Reserves Administration, Ministry of Science and Technology, et al. Notice on issuing the national whole grain action plan (2024—2035) [EB/OL]. (2024-12-09) [2025-12-26]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202412/content_6997628.htm.
- [12] 杨杰, 杨诚, 杨发荣, 等. 藜麦的特性及其开发应用研究进展[J]. 寒旱农业科学, 2025, 4(6): 499-504.
- YANG J, YANG C, YANG F R, et al. Research progress on characteristics of quinoa and its development and application [J]. Journal of Cold-Arid Agricultural Sciences, 2025, 4(6): 499-504.
- [13] SINGH P, SINGH S, TIWARI A, et al. Review on nutritional and functional benefits of replacing refined wheat flour with millet flour in bakery products[J]. Journal of Advances in Food Science & Technology, 2025, 12(2): 35-42.
- [14] 余彬情. 小米的价值及种植技术研究[J]. 种子科技, 2023, 41 (3): 70-72.
- YU B Q. Research on the value and planting technology of millet[J]. Seed Science & Technology, 2023, 41(3): 70-72.
- [15] 范梦茹, 李佳星, 马牧然. 燕麦原料对面包品质的影响[J]. 食品工业, 2024, 45(6): 70-74.
- FAN M R, LI J X, MA M R. The effect of oat raw materials on bread quality[J]. The Food Industry, 2024, 45(6): 70-74.
- [16] BRAVI E, SILEONI V, MARCONI O. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as functional ingredient for the formulation of gluten-free shortbreads[J]. Foods, 2024, 13(3): 377.
- [17] ALJOBAIR M O. Physicochemical properties and sensory attributes of cookies prepared from sorghum and millet composite flour[J]. Food Science & Nutrition, 2022, 10(10): 3 415-3 423.
- [18] ÁVILA B P, BRAGANCA G C M, ROCKENBACH R, et al. Physical and sensory characteristics of cake prepared with six whole-grain flours[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2017, 11(3): 1 486-1 492.
- [19] BASSINELLO P Z, BENTO J A C, DE OLIVEIRA FROES GOMES L, et al. Nutritional value of gluten-free rice and bean based cake mix[J]. Ciência Rural, 2020, 50(6): e20190653.
- [20] 张勇, 刘慧卿, 刘金光, 等. 鹰嘴豆粉对面团特性及面包品质影响研究[J]. 农产品加工, 2025(2): 11-13.
- ZHANG Y, LIU H Q, LIU J G, et al. Effects of chickpea flour on dough characteristics and bread quality[J]. Agricultural Products Processing, 2025(2): 11-13.
- [21] SILVA M A, GONÇALVES ALBUQUERQUE T, ESPÍRITO SANTO L, et al. Exploring the functional features of melon peel flour for healthier bakery products[J]. Foods, 2025, 14 (1): 40.
- [22] 彭莉婷. 柑橘加工副产物的绿色改性及其在饼干中的应用[D]. 桂林: 广西师范大学, 2024: 39-52.
- PENG L T. Green modification of citrus by-products and their application in biscuits[D]. Guilin: Guangxi Normal University, 2024: 39-52.
- [23] VILLORDON A Q, GINZBERG I, FIRON N. Root architecture and root and tuber crop productivity[J]. Trends in Plant Science, 2014, 19(7): 419-425.
- [24] 孙静, 李刚刚, 效碧亮, 等. 红马铃薯面包的加工及营养品质[J]. 食品工业, 2021, 42(8): 43-46.
- SUN J, LI G G, XIAO B L, et al. Processing and nutritional quality of red potato bread[J]. The Food Industry, 2021, 42(8): 43-46.
- [25] 韩冰霜, 易宇文, 李正旭, 等. 紫甘薯全粉面包配方探究[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(9): 100-104.
- HAN B S, YI Y W, LI Z X, et al. Study on the formula of purple sweet potato flour bread[J]. Cereals & Oils, 2021, 34 (9): 100-104.
- [26] KARP S, WYRWISZ J, KUREK M A, et al. Combined use of cocoa dietary fibre and steviol glycosides in low-calorie muffins production[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2017, 52(4): 944-953.
- [27] RUTKOWSKA J, BARANOWSKI D, ANTONIEWSKA-KRZESKA A, et al. Comparison of storage-related volatile profiles and sensory properties of cookies containing xylitol or sucrose[J]. Foods, 2023, 12(23): 4 270.
- [28] 董国欣, 于佳鑫, 张晓维. 赤藓糖醇在低糖烘焙制品中的应用及发展趋势[J]. 粮食与食品工业, 2025, 32(5): 52-55.
- DONG G X, YU J X, ZHANG X W. The application and development trend of erythritol in low: sugar baked goods[J]. Cereal & Food Industry, 2025, 32(5): 52-55.
- [29] OLT V, BÁEZ J, CURBELO R, et al. Development of potential functional biscuits with the incorporation of tannat grape pomace and sweetener[J]. Biology and Life Sciences Forum, 2022, 18(1): 50.
- [30] RACZKOWSKA E, WOJDYŁO A, NOWICKA P. The use of

- blackcurrant pomace and erythritol to optimise the functional properties of shortbread cookies[J]. Scientific Reports, 2024, 14: 3 788.
- [31] MAO S C, JIANG J W, XIONG K, et al. Enzyme engineering: performance optimization, novel sources, and applications in the food industry[J]. Foods, 2024, 13(23): 3 846.
- [32] BRUMĂ (CĂLIN) M, BANU I, VASILEAN I, et al. Influence of soy protein hydrolysates on thermo-mechanical properties of gluten-free flour and muffin quality[J]. Applied Sciences, 2024, 14(9): 3 640.
- [33] 刘颖, 王旭, 陈凤莲, 等. 酶制剂对大米面包品质的改良作用研究[J]. 中国调味品, 2024, 49(10): 199-204.
- LIU Y, WANG X, CHEN F L, et al. Study on improvement effect of enzyme preparation on quality of rice bread[J]. China Condiment, 2024, 49(10): 199-204.
- [34] LI X H, SHI J, ZHAO J R, et al. The effect of enzyme-hydrolyzed pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) pulp supplementation on dough and bread quality[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2023, 17(2): 1 783-1 793.
- [35] 高强吉. 酶制剂在食品加工工艺中的应用研究[J]. 中国食品工业, 2025(10): 120-122.
- GAO Q J. Application of enzyme preparations in food processing technology[J]. China Food Industry, 2025(10): 120-122.
- [36] 陈勇, 朱一冰, 郑春棕, 等. 天然新型防腐剂在烘焙食品中的应用研究进展[J]. 食品工业, 2025, 46(6): 220-225.
- CHEN Y, ZHU Y B, ZHENG C L, et al. Research progress on the application of natural novel preservatives in bakery products[J]. The Food Industry, 2025, 46(6): 220-225.
- [37] 姚文俊, 杨勇, 刘希, 等. 微生物源乳酸链球菌素(Nisin)及在食品中应用研究进展[J]. 中国调味品, 2023, 48(1): 215-220.
- YAO W J, YANG Y, LIU X, et al. Research progress of Nisin from microorganism and its application in food[J]. China Condiment, 2023, 48(1): 215-220.
- [38] AI Y Q, KANG N N, MONTALBÁN-LÓPEZ M, et al. Enhanced stability, quality and flavor of bread through sourdough fermentation with nisin-secreting *Lactococcus lactis* NZ9700[J]. Food Bioscience, 2024, 62: 105484.
- [39] ISMAIL T, AKHTAR S, RIAZ M, et al. Oxidative and microbial stability of pomegranate peel extracts and bagasse supplemented cookies[J]. Journal of Food Quality, 2016, 39 (6): 658-668.
- [40] IMENEO V, ROMEO R, GATTUSO A, et al. Functionalized biscuits with bioactive ingredients obtained by citrus lemon pomace[J]. Foods, 2021, 10(10): 2 460.
- [41] 邬劲夫. 基于新型绿色溶剂提取分离天然抗氧化剂的工艺研究[D]. 无锡: 江南大学, 2023: 7-10.
- WU J F. Study on extraction and separation of natural antioxidants based on new green solvents[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2023: 7-10.
- [42] CHANG Y H, CHANG C M, CHUANG P T. Shelf-life assessment of bread partially substituted with soy protein isolate[J]. Applied Sciences, 2023, 13(6): 3 960.
- [43] AKYÜZ A, ERSUS S. Innovative integration of duckweed proteins: enhancing the nutritional and textural properties of snack bars, roll breads, and muffins enhancing baked goods with duckweed protein[J]. Journal of Food Science, 2025, 90 (7): e70374.
- [44] YANG J J, MENG D, WU Z J, et al. Modification and solubility enhancement of rice protein and its application in food processing: a review[J]. Molecules, 2023, 28(10): 4 078.
- [45] ZHANG G Q, WANG Y H, LIANG Z C, et al. Nutritional value and advances of mealworm (*Tenebrio molitor*) as a sustainable functional ingredient in bakery products: a key step toward sustainable diets[J]. Future Foods, 2025, 12: 100716.
- [46] GANTNER M, SADOWSKA A, PIOTROWSKA A, et al. Wheat bread enriched with house cricket powder (*Acheta domesticus* L.) as an alternative protein source[J]. Molecules, 2024, 29(3): 711.
- [47] VARGAS-SERNA C L, PINEDA-OSORIO A N, GOMEZ-VELASCO C A, et al. Neural network for AI-driven prediction of larval protein yield: establishing the protein conversion index (PCI) for sustainable insect farming[J]. Sustainability, 2025, 17(2): 652.
- [48] 朱俊英, 荣峻峰, 宗保宁. 螺旋藻固碳和作为饲用蛋白原料可行性分析[J]. 化工进展, 2025, 44(5): 2 705-2 715.
- ZHU J Y, RONG J F, ZONG B N. Feasibility analysis of Spirulina carbon sequestration while producing of bulk feed protein[J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2025, 44(5): 2 705-2 715.
- [49] 王国坤, 蔺玉萍, 王钦宏, 等. 微生物蛋白制造的发展趋势与挑战[J]. 科学通报, 2023, 68(21): 2 779-2 789.
- WANG G K, LIN Y P, WANG Q H, et al. Microbial protein manufacturing: the developing trend and challenge[J]. Chinese Science Bulletin, 2023, 68(21): 2 779-2 789.
- [50] NEJATIAN M, GHANDEHARI YAZDI A P, SABERIAN H, et al. Application of Spirulina as an innovative ingredient in Pasta and bakery products[J]. Food Bioscience, 2024, 62: 105170.
- [51] 刘锐, 任晓龙, 邢亚楠, 等. 真空和面工艺对面条质量的影响及参数优化[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(9): 6-12.
- LIU R, REN X L, XING Y N, et al. Effect of vacuum mixing on the noodles quality properties and optimization of its process parameters[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2015, 30(9): 6-12.
- [52] 朱璠. 麸皮处理和和面工艺对全麦面团及面包的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2021: 11-31.
- ZHU F. Effects of bran treatment and kneading process on whole wheat dough and bread[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2021: 11-31.
- [53] 陈艳. 糙米—高蛋白面包的研制及品质分析[D]. 长沙: 中南

- 林业科技大学, 2021: 18-38.
- CHEN Y. Development of brown rice high protein bread and functional analysis[D]. Changsha: Central South University of Forestry & Technology, 2021: 18-38.
- [54] 杨彩群. 酵母菌在传统面包发酵工艺中的应用与优化[J]. 现代食品, 2025(14): 90-92.
- YANG C Q. Application and optimization of yeast in traditional bread fermentation process[J]. Modern Food, 2025 (14): 90-92.
- [55] 樊永华. 生物发酵工艺在功能性食品开发中的新应用[N]. 中国食品报, 2025-07-03(6).
- FAN Y H. New application of biological fermentation process in functional food development[N]. China Food News, 2025-07-03(6).
- [56] 李旭. 不同低温烘焙方法对杂粮杂豆面包血糖生成指数和品质特性的影响[J]. 中国食品工业, 2025(11): 111-113.
- LI X. Effects of different low-temperature baking methods on glycemic index and quality characteristics of multigrain and bean bread[J]. China Food Industry, 2025(11): 111-113.
- [57] AKKURT K, MOGOL B A, GÖKMEN V. Mitigation of acrylamide in baked potato chips by vacuum baking and combined conventional and vacuum baking processes[J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 144: 111211.
- [58] 卢红平, 张国栋, 张鑫, 等. 挂面生产车间烘房排潮余热回收技术应用[J]. 食品工业, 2022, 43(11): 15-18.
- LU H P, ZHANG G D, ZHANG X, et al. Application of waste heat recovery technology in drying room of noodle production workshop[J]. The Food Industry, 2022, 43(11): 15-18.
- [59] 唐婉莹. 蒸发冷热泵系统节能减排技术在工业生产中的运用[J]. 生态与资源, 2024(11): 65-67.
- TANG W Y. Application of energy-saving and emission reduction technology for evaporative cooling and heating pipe system in industrial production[J]. Ecology and Resources, 2024(11): 65-67.
- [60] 赵郁聪, 王婧, 靳刘萍, 等. 不同淀粉原料对淀粉-壳聚糖复合膜性能的影响[J]. 包装工程, 2021, 42(7): 151-158.
- ZHAO Y C, WANG J, JIN L P, et al. Properties of starch-chitosan composite films based on different starches[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(7): 151-158.
- [61] 董宇豪, 陈浩, 吴志宇, 等. 海藻酸钠-鱼明胶复合可食膜的制备及特性研究[J]. 中国食品学报, 2020, 20(1): 134-140.
- DONG Y H, CHEN H, WU Z Y, et al. Research on the preparation and properties of the sodium alginate-fish gelatin composite edible film[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(1): 134-140.
- [62] 徐帝, 刘霞, 熊菱姿, 等. 柚皮苷-多糖-蛋白复合保鲜膜制备工艺优化及应用[J]. 食品与机械, 2025, 41(5): 105-113.
- XU D, LIU X, XIONG Y Z, et al. Preparation process optimization and application of naringin-polysaccharide-protein composite preservative film[J]. Food & Machinery, 2025, 41(5): 105-113.
- [63] 程峥, 宁梅, 文璇慧, 等. 纸基包装在食品领域中应用现状及发展趋势[J]. 中国造纸, 2025, 44(7): 74-86.
- CHENG Z, NING M, WEN X H, et al. Applications status and development trend of paper-based packaging in food field[J]. China Pulp & Paper, 2025, 44(7): 74-86.
- [64] 茅淑英. 纸基/PVDC复合包装材料的专利技术进展[J]. 聚氯乙烯, 2021, 49(6): 1-8.
- MAO S Y. Patented technology progress of paper-based/PVDC composite packagings[J]. Polyvinyl Chloride, 2021, 49(6): 1-8.
- [65] 易苏, 谭宇恒, 何为, 等. 淀粉/壳聚糖复合膜的制备、性能及抗菌改性研究[J]. 湖南工程学院学报(自然科学版), 2023, 33(3): 58-63.
- YI S, TAN Y H, HE W, et al. Study on fabrication, performance and antibacterial modification of starch/chitosan composite films[J]. Journal of Hunan Institute of Engineering (Natural Science Edition), 2023, 33(3): 58-63.
- [66] PROMHUAD K, BUMBUDSANPHAROKE N, WADAUGSORN K, et al. Maltol-incorporated acetylated cassava starch films for shelf-life-extension packaging of bakery products[J]. Polymers, 2022, 14(24): 5342.
- [67] 刘敏, 黄湘宇, 吴昊, 等. 植物源抗菌肽的筛选及其在食品中的应用进展[J]. 食品与机械, 2024, 40(7): 200-207, 215.
- LIU M, HUANG X Y, WU H, et al. Screening of antimicrobial peptides from plants and their application in food[J]. Food & Machinery, 2024, 40(7): 200-207, 215.
- [68] RODRÍGUEZ M, MEDINA L M, JORDANO R. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of sliced wheat flour bread[J]. Food/Nahrung, 2000, 44(4): 247-252.
- [69] RÜEGG N, RÖCKER B, YILDIRIM S. Application of palladium-based oxygen scavenger to extend the mould free shelf life of bakery products[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2022, 31: 100771.
- [70] BEIKZADEH S, ASSADPOUR E, JAFARI S M. Active/smart packaging of bread and other bakery products; fundamentals, mechanisms, applications[J]. Future Foods, 2025, 12: 100858.
- [71] AKKURT Z. Intelligent packaging with RFID and gas sensors for extended shelf life of bakery products[J]. Packaging Technology and Science, 2022, 35(8): 412-420.
- [72] 胡晶, 林蕾. 食品包装的生态设计策略探析[J]. 食品工业, 2023, 44(1): 120-124.
- HU J, LIN L. Analysis of food packaging based on ecological design strategies[J]. The Food Industry, 2023, 44(1): 120-124.
- [73] 居磊. 可持续食品包装设计: 环境保护与经济可行性的平衡[J]. 食品工业, 2023, 44(11): 97-99.
- JU L. Sustainable food packaging design: balancing environmental protection with economic viability[J]. The Food Industry, 2023, 44 (11): 97-99.