

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.01.023

冀晓龙, 宋醒, 房连胜, 等. 基于国内外专利分析小麦淀粉资源产业化途径及策略[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(1): 175-184.

JI X L, SONG X, FANG L S, et al. Resources industrialization channels and strategies of wheat starch based on analysis of domestic and foreign intellectual properties[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(1): 175-184.

基于国内外专利分析小麦淀粉资源产业化途径及策略

冀晓龙¹, 宋醒¹, 房连胜², 高博¹, 王文涛¹, 刘延奇¹✉

(1. 郑州轻工业大学 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001;

2. 高密市向阳中学, 山东 潍坊 261500)

摘要: 小麦淀粉是小麦中的主要营养物质, 具有多种功能特性, 拥有广阔的开发利用前景。基于对小麦淀粉专利文献的全方位深入分析, 针对全球专利产出情况, 从技术领域分布、时间纬度以及专利申请申请人等多个方面阐明了小麦淀粉当前的专利情况, 重点分析专利在我国的公开趋势, 揭示我国小麦淀粉产业发展态势。小麦淀粉的研究较之前有所平缓, 发展态势稳定, 研究机构主要以国内为主; 但小麦淀粉应用性开发的产业化缺乏, 多领域产业化发展仍有很大空间。综述了小麦淀粉的糊化、回生、冻融稳定性和凝胶性质等功能特性。根据小麦淀粉的功能特点, 提高小麦淀粉基食品的品质, 拓宽小麦淀粉的开发渠道。在此基础上, 提出了小麦淀粉产业化开发的潜在方向以及产业化前景, 以期为发掘小麦淀粉价值及我国小麦淀粉多方面开发利用提供科学依据。

关键词: 小麦淀粉; 专利分析; 功能特性; 资源产业化; 发展策略

中图分类号: TS201.4; S-1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)01-0175-10

Resources Industrialization Channels and Strategies of Wheat Starch Based on Analysis of Domestic and Foreign Intellectual Properties

JI Xiao-long¹, SONG Xing¹, FANG Lian-sheng², GAO Bo¹, WANG Wen-tao¹, LIU Yan-qi¹✉

(1. College of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450001, China; 2. Xiangyang Middle School in Gaomi City, Weifang, Shandong 261500, China)

Abstract: Wheat starch is the main business material in wheat. It has a variety of functional characteristics and broad development and utilization prospects. This article is based on a comprehensive and in-depth analysis of wheat starch patent literature. For global patent output, the current patent situation of wheat starch is clarified from many aspects such as distribution, time latitude, and patent applicants in the technical field. We focus on analyzing the public trend of patents in China, revealing

收稿日期: 2023-06-11

基金项目: 河南省青年科学基金项目(212300410297); 郑州轻工业大学博士科研启动基金项目(2020BSJJ015); 郑州轻工业大学星空众创空间项目(2021ZCKJ205)。

Supported by: Youth Science Foundation Project of Henan Province (No. 212300410297); Zhengzhou University of Light Industry Doctoral Research Start-up Fund Project (No. 2020BSJJ015); Zhengzhou University of Light Industry Starry Sky Creative Space Project (No. 2021ZCKJ205)

作者简介: 冀晓龙, 男, 1989年出生, 博士, 讲师, 研究方向为植物多糖与淀粉相互作用。E-mail: xiaolongjiytu@163.com

通讯作者: 刘延奇, 男, 1964年出生, 博士, 教授, 研究方向为天然大分子改性及应用。E-mail: liuyanqi@zzuli.edu.cn

the development trend of wheat starch industry in China. At present, the research on the impact of wheat starch has been slower than before, and the development trend is stable. The research institutions are mainly domestic; however, the industrialization of wheat starch is lacking in the industrialization of the application of the application of wheat starch. There is still a large room for the industrialization of wheat starch in many fields. In this paper, the functional properties of wheat starch, such as gelatinization, retrogradation, freeze-thaw stability and gel property were summarized. According to the functional characteristics of wheat starch, the quality of wheat starch-based food was improved to broaden the development channel of wheat starch. On this basis, this article proposes the potential direction and industrialization of wheat starch industrialization and industrialization, so as to provide scientific basis for discovering the value of wheat starch and the use of development of wheat starch in various aspects of my country's wheat starch.

Key words: wheat starch; patent analysis; functional performance; resource industrialization; development strategy

小麦在我国至少有四千年的种植历史，其种植范围相当广泛，仅次于玉米，位居世界第二，在世界的粮食作物中有十分重要的地位^[1]。小麦作为日常主食，可以做成面条、馒头、烙饼等多种形式的食物，是人们日常饮食中不可或缺的一部分。小麦是世界上最重要的粮食作物之一，小麦淀粉提供了人类膳食来源所需总热量的 20% 以上^[2]。小麦籽粒中含有淀粉、蛋白质、氨基酸、B 族维生素等营养物质，其中淀粉含量最为丰富，是人体营养和能量的主要来源。小麦淀粉是一种天然的高分子多糖化合物，在小麦籽粒中总淀粉含量约占 65%，由直链淀粉和支链淀粉组成，在加工食品中可用作增稠剂、稳定剂和脂肪替代品等^[3]。同时，广泛应用于纺织、造纸、化妆品等工业中，可以生产胶黏剂和增稠剂等很多工业所需产品。因此，小麦淀粉在整个小麦加工行业非常重要。

科技创新已成为推动国家经济社会发展的主要动力，也是当前世界经济发展的必然选择。专利是科技创新成果的主要载体，它承载着全球 90%~95% 的科技信息。文章对目前已申请公开授权的小麦淀粉专利为样本，对其进行分析整理，分析了小麦淀粉未来的产业化发展前景及发展趋势，并预测指出小麦淀粉产业化发展的前景，以为促进小麦淀粉的全面开发利用，提供科学指导，以提高我国小麦淀粉资源的价值。

1 基于专利文献小麦淀粉发展趋势分析

专利数量及其发展趋势，是综合反映一个国家或地区技术发展状况以及科学技术最新动态的重要指标^[4]。本节将概述并分析已申请公开的小麦淀粉专利资料，以期了解当前小麦淀粉的技术发展趋势以及应用研究现状。本文所使用的统计数据源于专利之星检索系统，专利之星搜索系统涵盖世界上 104 个国家及机构的专利资料。检索日期为 2022 年 12 月 16 日共获得 1 720 件专利，其中包括 1 321 件中文专利，包括已获发明专利的专利和已获实用新型的专利[中国专利检索式为 F XX(小麦淀粉/TI)，世界专利检索式为 F XX(wheat/TI* starch/TI)-CN/GJ]。中国专利资料是重要的数据样本，它反映了我国在研究和发展方面所取得的进展，也是本文研究的重点核心。

1.1 小麦淀粉的技术领域分布分析

小麦淀粉在我国的主要技术领域专利分析见图 1。小麦淀粉申请专利所属的 IPC 分类号主要集中在 A23L(食品、饲料或非酒精饮料的处理或制备，及其一般保存)、C08L(高分子化合物的组合物)、A23K(饲料)、A21D(焙烤用面粉或面团的处理)、C08B(多糖类；其衍生物)、C08K(使用无机物或高分子有机物作为配料)、C09J(黏合剂；一般黏合方法[非机械部分]；黏合剂材料的应用)、C12P(发酵或使用酶的方法合成

目标化合物或组合物或从外消旋混合物中分离旋光异构体)、A61K(医用、牙科或梳妆用的配制品)、A23P(未被其他单一小类所完全包含的饲料成型或加工)。其中在 A23L 领域的研发呈现出非常活跃的态势,体现了以小麦淀粉为原料或配料常在食品、饲料或非酒精饮料中的应用研究,这个领域大多是与我们的生活息息相关的基础领域研究,此为当前小麦淀粉研究方向的热点。同时以小麦淀粉为原料或辅料在聚合物化合物的组合物以及饲料中的研究也受到较大关注,而关于其在医用、牙科或梳妆用配制品研究方面专利申请量较少,仅占专利申请总量的 4.28%。

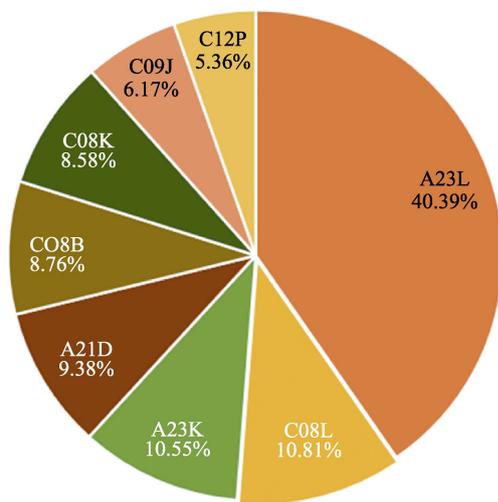


图 1 小麦淀粉主要技术领域专利分布

Fig.1 Patent distribution of wheat starch in the main technical field of wheat starch

1.2 小麦淀粉专利的时间维度分析

小麦淀粉在我国的专利申请时间维度分析结果见图 2。在 1986 年首次出现对小麦淀粉的专利申请,其发展历程可分为三个阶段:第一阶段,技术萌芽和技术摸索阶段,1986—2005 年,在此期间,专利申请数量很少(年均十项以下),并且没有明显的增长趋势,在这一阶段,专利产出相对匮乏;第二阶段,技术发展期,2005—2011 年,此阶段专利的申请量从总体上开始有了小幅度的增长,但年申请量总量仍然较低(平均七项以下),技术开始转化并产生成果。第三阶段,蓬勃发展阶段,2012—2018 年七年间,专利申请总量有了较大幅度的增加,表明初期研究已逐渐形成,

科技成果正在不断涌现。其可能原因是:①在国家知识产权战略和各个省、市区知识产权规划相继出台的情况下,各个研发机构和公司的知识产权意识明显提高,对职务成果的观念更加坚定,小麦淀粉专利数量大幅增加。②随着消费者生活质量的提高,对食品的风味有了更高的追求,因此以小麦淀粉为原料改善食物风味也是研究热点,刺激了相关专利技术的开发数量;③绿色发展和可持续发展理念指导,在小麦淀粉的生产过程中创新了许多机械,进行废物利用,技术成果具有较好的稳定性,利于技术管理和推广。④因为自然灾害的影响,许多实验无法进行导致成果产出不足。

1.3 小麦淀粉专利的申请人分析

对现有小麦淀粉专利的申请人所在地区进行分析见图 3。图中表明,在检索的所有文献专利中,中国专利 1 321 项占 76.80%,国外专利(其各个国家专利局公开的本国专利)共计 399 项,占 23.20%。可见,目前国内机构是小麦淀粉研究开发的主力,但也逐步得到国际市场的承认和重视。国内各个省份在小麦淀粉专利申请上都呈现出了一种积极的趋势,但是提交申请的地区相对来说比较集中。其中申请较多的 9 个省份是江苏、安徽、山东、河南、广东等,约占所有专利申请量的 74.87%。国外专利申请中美国、欧洲专利局、澳大利亚和加拿大小麦淀粉相关申请量约占国际专利申请总量的 57.37%,日本、世界知识产权局、联邦德国、英国和韩国的专利申请量在国际上也处于前十。国家在一个技术领域内的科研水平和目标市场占比一定程度上体现在该国家在该技术领域上专利所占的比例。据此推断,这些国家能在小麦淀粉专利数量上占据较大比例,其原因可能是这些国家比较注重科研的投入,有较强的原创技术实力和知识产权保护意识。国际竞争将会日益激烈,对我国科研机构在研发过程中将会遇到更大的专利壁垒。

对国内小麦淀粉专利申请机构进行统计分析,排名全国前十位的主要机构见图 4。数据表明,排名前十的机构的专利总申请量仅占小麦淀粉专利的 8.93%,我国地域辽阔,在小麦淀粉的

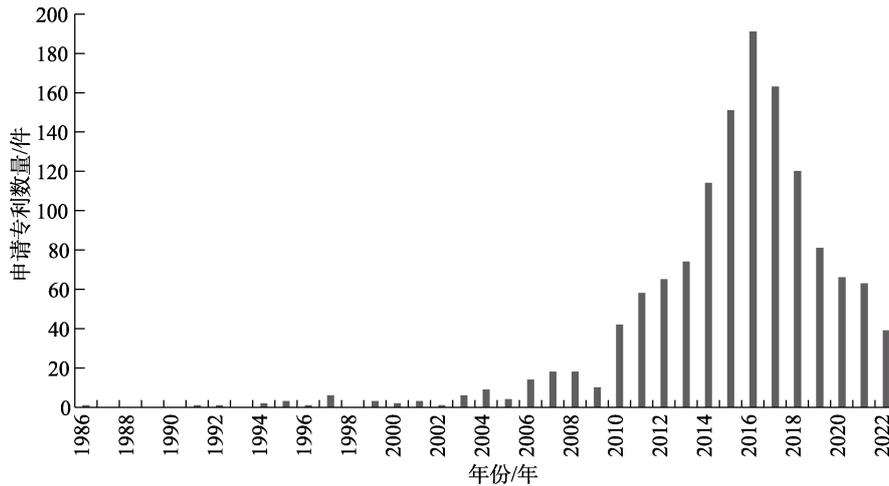


图 2 小麦淀粉的时间维度分析
Fig.2 Analysis of the time dimension of wheat starch

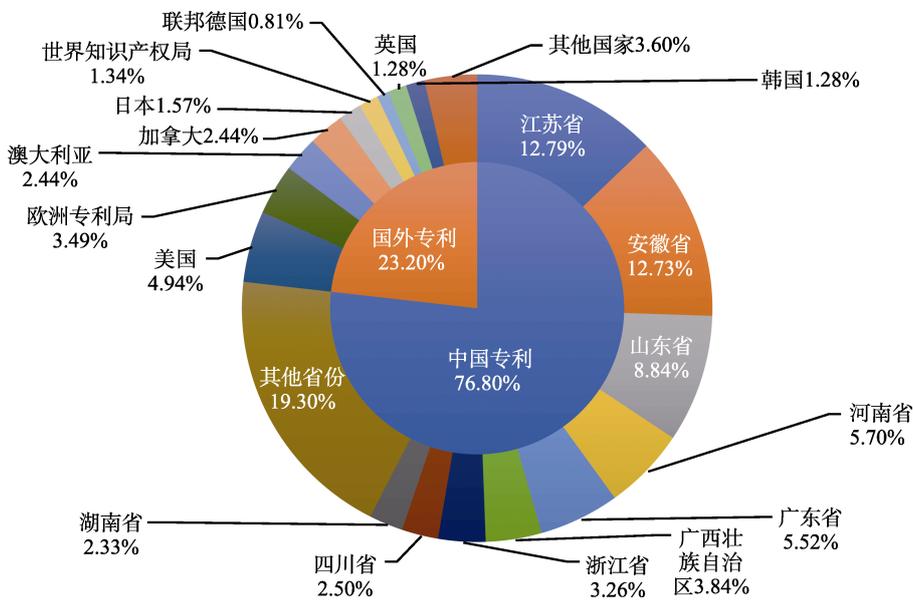


图 3 小麦淀粉技术专利申请区域分布
Fig.3 Regional distribution of wheat starch technology patent applicants

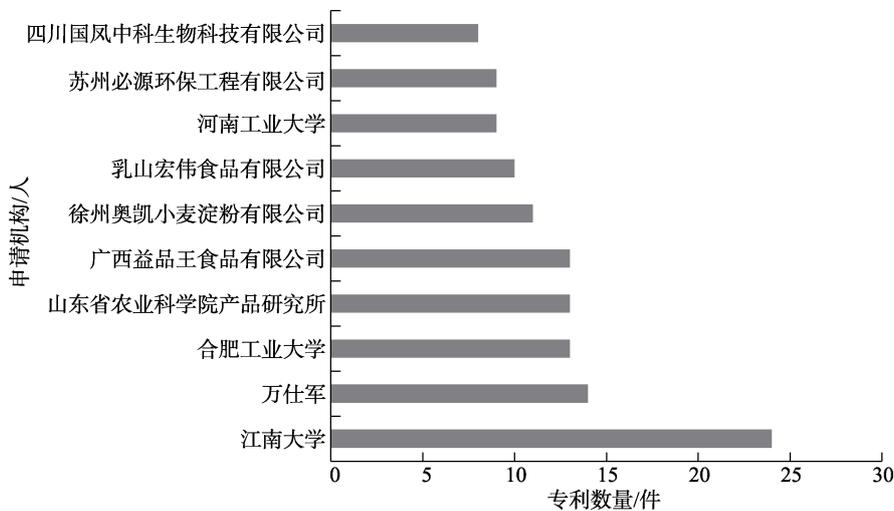


图 4 小麦淀粉申请专利前十名机构
Fig.4 The top ten institutions of wheat starch application patent

科研研究领域中, 科研院所较为分散, 尚未有明显的优势单位出现。在排名前十位的申请机构中, 除了江南大学、合肥工业大学和河南工业大学外, 余下的都为企业, 表明企业对有关技术的研发、知识产权的保护、工业化应用更加重视。进一步分析发现绝大多数机构较为关注小麦淀粉在焙烤用面粉或面团中的应用研究, 其中以广西益品王食品有限公司为代表。此外江南大学和山东省农业科学院农产品研究所对小麦淀粉在饲料中的应用也投入了较多的研究。

通过对上述内容分析可以发现, 小麦淀粉专利的申请量保持着高速增长的状态, 并且在最近几年里保持着一个平稳的发展趋势, 而在这当中, 我国的专利申请量最高。数据分析显示, 尽管在我国小麦淀粉的年专利申请量很高, 但仍有问题存在, 表现在:

①对小麦淀粉研究成果已经有很多, 专利有相对饱和迹象。虽然小麦淀粉专利的年申请总量水平依旧很高, 但出现下降态势。出现此现象可能是由于疫情原因所造成的。因此, 在疫情逐渐好转的态势下, 需活跃研究态势, 加大对小麦淀粉的研究与创新, 使其再次活跃起来。②小麦淀粉专利集中度不高, 随着对小麦淀粉深加工的研究, 小麦淀粉可以应用于多种行业, 但是由于其自身的性质, 在工业和某些食品行业还是无法满足需求, 限制了小麦淀粉的加工及应用^[5]。改性淀粉指的是在经过物理、化学、酶等处理后, 其天然属性会发生变化, 其性质会得到加强, 或者被赋予新的特性, 因而更适于生产加工。经处理后的淀粉为改性淀粉。在纺织、造纸、日用化工等行业使用的多是改性淀粉, 改性后的小麦淀粉能够克服原淀粉的许多缺点。因此, 需紧跟小麦淀粉研究领域前沿技术, 利用现有技术平台提高自身研发能力, 加大小麦淀粉改性后应用的研发投入, 掌握核心技术, 是现阶段实现小麦淀粉产业化发展的必由之路。因此, 今后可进一步充分发挥我国小麦资源的优势, 在已有的技术条件下, 进一步强化其小麦淀粉的产业化发展是今后研究的重点。

2 小麦淀粉的功能特性

淀粉可以看作是葡萄糖的高聚体。淀粉除食

用外, 工业上用于制造糊精、麦芽糖、葡萄糖、酒精等, 其在很多领域都有很大的开发潜力与产业前景。目前在市面的大米淀粉、玉米淀粉、马铃薯淀粉、红薯淀粉、绿豆淀粉等, 相对而言, 小麦淀粉的产业化发展面更广, 主要应用于食品增稠剂、凝胶剂、粘结剂或稳定剂等。小麦淀粉的专利研究中 A23L (食品、饲料或非酒精饮料的处理或制备, 及其一般保存) 占全部专利的 40.39%, A21D (焙烤用面粉或面团的处理) 占全部专利的 9.38%, C09J (黏合剂; 一般黏合方法[非机械部分]; 黏合剂材料的应用) 6.17%。关于小麦淀粉的基础研究十分活跃, 有许多专利, 涵盖了许多领域, 但是集中度不高。了解小麦淀粉的功能特性, 针对性地改善小麦淀粉在应用中的不足, 对小麦淀粉基产品的发展至关重要。

2.1 小麦淀粉糊化特性

小麦淀粉具有半结晶的颗粒结构, 加水调浆加热到一定温度后就会发生糊化。目前对小麦淀粉糊化特性的影响研究, 主要集中在小麦品种、淀粉来源、颗粒大小、直链淀粉和支链淀粉的比例, 以及糊化浓度、温度、pH 值和外力等因素^[6]。Zhu 等^[7]研究了知母多糖对小麦淀粉糊化的影响, 发现知母多糖能够抑制小麦淀粉糊化。

Renzetti 等^[8]研究了糖类和糖类替代剂 (增塑剂) 对小麦淀粉糊化和糊化行为的影响。指出增塑剂的本质是由有效羟基的摩尔体积密度, 以及单一溶剂处理的糖液中氢键的体积密度, 来控制溶胀和糊化行为。方颂平等^[6]研究小麦淀粉生产工艺因素中乳酸、焦亚硫酸钠、 α -淀粉酶以及提取工艺对淀粉糊化特性的影响, 减少杂菌感染产酸, 适量添加焦亚硫酸钠以及尽量避免使用 α -淀粉酶活性高的新小麦或发芽小麦制粉, 有利于解决小麦淀粉在应用中出现的粘连、凝胶强度不够等问题。小麦淀粉是面条的主要成分, 面条在煮制过程中淀粉糊化粘度越高, 面条煮熟后的外观和口感越佳^[9]。此外, 在冷冻熟制面条和凉皮的口感质量上都有很大的影响^[10-11]。小麦淀粉的糊化会影响烘焙食品的最终结构和质地。基于糊化温度, 许多低聚糖在烘焙食品中有望替代蔗糖,

这可以促进它们在高纤维,低糖淀粉基烘焙产品配方中的使用^[12]。对小麦淀粉糊化特性的研究,以及对提升食物的口感和改善食物的品质方面具有深远意义。

2.2 小麦淀粉的回生特性

在食品加工过程中,淀粉通常会在水的作用下发生糊化,颗粒大的糊化较快,颗粒小的糊化较慢,整个过程是吸水溶解膨胀,形成了具有黏性的糊状溶液,随着温度降低,已经糊化的淀粉分子重新组合,形成一种类似天然淀粉结构的物质,淀粉一旦回生就不能够糊化再次恢复到回生之前的状态,此过程会使直链淀粉形成螺旋结构堆积,支链淀粉侧链形成双螺旋结构堆积^[13]。由于淀粉原料本身性质问题,淀粉会随着时间的推移逐渐回生,回生后的淀粉失去与水的亲和力,难以被淀粉酶水解,因此不宜被人体消化吸收利用,食用性会降低。食品中常用的抗淀粉回生措施有控制水分和温度延缓淀粉回生、蛋白质抑制淀粉回生、脂质抑制淀粉回生、酶处理、乳化剂及糖类调控淀粉回生^[14-15]。谢新平等^[16]利用 X 射线衍射仪和差示扫描量热仪研究月桂酸对小麦淀粉凝胶回生特性的影响,发现月桂酸与淀粉形成复合物能抑制小麦淀粉的短期回生和长期回生。Kong 等^[17]对虫草多糖进行研究,虫草多糖在糊化过程中通过氢键与浸出的直链淀粉结合,阻止淀粉颗粒重新团聚,从而能够抑制小麦淀粉的短期回生。Yan 等^[18]研究发现支化度较低的麸皮阿拉伯木聚糖由于麸皮阿拉伯木聚糖与淀粉发生氢键作用,在长期贮藏过程中,通过阻碍支链淀粉的重排和直链淀粉的双螺旋关联,抑制淀粉的长期回生。

黄峻榕等^[19]对凉皮在贮藏过程中的回生行为和机理进行研究,发现在贮藏过程中,淀粉的持水力下降,硬度增大,网络结构出现塌陷和断裂,表现为凉皮回生程度逐渐增大。为提高凉皮的品质稳定性提供了理论基础。回生是面包陈旧的主要原因,Yu 等^[20]通过 X 射线衍射法分析了退火条件对小麦淀粉回生度的影响,在 7 °C 下储存 4 d 的退火小麦淀粉比天然小麦淀粉重结晶少。优化的退火条件可用于控制某些淀粉基产品的结构和

机械性能,例如在面包生产中,因为回生会导致陈旧和消化率降低。Park 等^[21]研究发现蔗糖存在下,柑橘皮水解物(CPH)对小麦淀粉(WS)回生的抑制作用,在淀粉基食品中掺入 CPH 可有效抑制其回生。Chen 等^[22]采用 4 种亲水胶体(海藻酸钠、可溶性大豆多糖和黄原胶)研究了 中国煎饼的烘焙特性改善和淀粉回生抑制作用,研究结果表明,推荐添加海藻酸钠和可溶性大豆多糖用于改善烘焙特性和抑制淀粉回生。一般面包的保质期为三天左右,通过对小麦淀粉机理的研究能够将面包的保质期延长一天,可以很大程度上提高面包的经济效应。以小麦淀粉为主要原料的食物在中国饮食中占很大比例,控制小麦淀粉的回生,能够有效提高这些食物的货架期以延长最佳使用时间。小麦淀粉的发展新机遇为小麦淀粉的产业化应用发展提出新的挑战。

2.3 小麦淀粉的冻融稳定性

小麦淀粉凝胶的冻融稳定性是影响淀粉基食品品质的一个重要因素,淀粉基食品在经历冷冻、冻融、再冷冻的处理运输过程中会使食品水分流失、表皮干裂、变硬等导致食品品质的劣变,这与淀粉凝胶的冻融稳定性有直接关系^[23]。魔芋葡甘聚糖的加入能有效抑制了淀粉凝胶的凝沉性,这大大提高了淀粉凝胶的冻融稳定性,确立了魔芋葡甘聚糖对提高冷冻淀粉凝胶的质量非常有用^[24]。冻融稳定性可以用来衡量淀粉承受冷冻和解冻过程引起的不良物理变化的能力^[25]。

冷冻食品在不同的温度环境条件下会反复冻融,影响食品的品质,因此提高食品的冻融稳定性对于保证食品质量至关重要。Xu 等^[26]发现冻融处理对淀粉分子和超分子结构的破坏程度大,且随着冻融循环的增加,破坏程度更为严重。这些结构紊乱使水分子更容易渗透到淀粉颗粒内部并与淀粉分子链形成氢键,从而提高了淀粉糊的峰值、分解、回退和最终粘度。这对冷冻面团中的淀粉成分如何影响面包质量,提高冷冻产品的质量很有价值。对于馒头来说,由于冻融淀粉与面筋蛋白竞争性吸水,弱化了淀粉-面筋蛋白复合体的界面稳定性,使其形成不完整的面筋网络结构,会导致馒头的品质下降^[27];冷冻面团从生产、销

售、运输到食用的整个过程不可避免地会经历温度波动,即发生冷冻-解冻的循环过程冻融循环,而冻融循环过程会使产品品质下降^[28]。欧洲的冷冻面团占面包行业的比重大约是 40%,美国大约是 70%,而国内可能不足 10%。我国冷冻面团行业仍存在发展机遇。Woo 等^[29]研究发现,环糊精葡聚糖转移酶和支链酶能产生具有高冻融稳定性的支链淀粉簇,根据差示扫描量热法分析的结果,经过三次冻融循环后,含有 19%支链淀粉簇的面团比对照面团少损失 7%的水分;处理过的面团生产的面包比对照面团的回生峰小 37%,在反复冻融条件下提供高水平的食品稳定性。 γ -聚谷氨酸能够抑制淀粉分子的重结晶,延缓淀粉的老化,提高小麦淀粉的冻融稳定性^[30]。冷冻食品在不同的温度环境条件下会反复冻融,影响食品的品质,因此提高食品的冻融稳定性对保证食品质量至关重要。

2.4 小麦淀粉的凝胶特性

淀粉糊化后,淀粉分子中的直链淀粉渗透出来,以双螺旋的形式相互缠绕形成三维网状结构,将充分糊化的淀粉颗粒包裹其中,此过程称为凝胶化。目前有关淀粉凝胶特性的研究主要集中在影响淀粉凝胶特性的各种因素,包括结构、处理条件、食品成分^[31]。戚明明等^[32]通过实验发现,不同的 pH 值会显著改变小麦淀粉在老化后凝胶的质地特征,酸性环境会使淀粉凝胶体系的稳定性受到破坏,而弱碱性环境则可以降低小麦淀粉凝胶硬度的上升,并延缓其老化过程。

天然小麦籽粒中高分子量的阿拉伯木聚糖可以有效影响小麦淀粉的胶凝性能,有助于阿拉伯木聚糖在小麦淀粉基功能性食品中的应用^[33]。凉皮是中国流行的小麦淀粉基(无麸质)凝胶食品,蛋清使整个多糖凝胶体系更加致密,改善淀粉凝胶的凝胶特性和功能特性,有助于开发新型无麸质食品^[34]。3D 打印食品是近年来新兴的技术产业,脉冲电场处理的小麦淀粉使 3D 打印具有更光滑的表面和不同的质地^[35]。预测到 2025 年,食品 3D 打印市场的全球规模将达到 4.25 亿美元(约 29.3 亿人民币),并且从 2018 起,其复合年增长率(CAGR)将高达 54.75%。使用小麦淀粉

凝胶和 NaCl 添加物 3D 打印食品结构抑制淀粉的回生并增强其稳定性提高食品的加工特性;此外,退火处理和湿热处理对用于 3D 食品打印的小麦淀粉的理化和结构特性的影响降低了淀粉凝胶的粘度从而提高了小麦淀粉的 3D 打印性能,提高打印高度和精度,为利用淀粉改善 3D 打印效果提供了一种简单有效的方法^[36]。这为小麦淀粉的产业化发展应用提供新的发展方向。

3 小麦淀粉产业化发展前景

3.1 小麦淀粉产业化发展拥有优越的资源优势

小麦是世界第一大粮食作物,在我国主要种植小麦的地区有山东、河南、河北、安徽、江苏、内蒙古、黑龙江、新疆等。中国小麦收获面积占世界小麦收获面积的 11%左右,世界排名第 4;产量占 18%左右,仅次于欧盟^[37]。我国种植小麦历史悠久,我国小麦种植面积约占全国耕种总面积的 22%~30%左右,播种面积稳定。据国家统计局数据公布^[38],2022 年,我国小麦播种面积约 23 518.5 ha,小麦总产量约 13 772.3 万 t,小麦收获后政府相关部门都会对收获的小麦进行质量安全监测,为小麦的质量安全把关。为小麦淀粉的产业化应用提供了稳定的原料供应和可靠的安全保证。

3.2 小麦淀粉产业化发展享有广阔的市场前景

随着对小麦淀粉深加工的研究,小麦淀粉被应用于许多行业,但是由于其自身的性质,无法满足在生产上的需求,限制了小麦淀粉的加工及应用。但改性后的小麦淀粉克服了原淀粉易回生、不耐强酸、强碱等缺点为小麦淀粉的产业化发展开拓了广阔的市场前景。小麦改性淀粉能够用于生产更加绿色环保的可用于食品包装的膜以及淀粉胶粘剂用于造纸、木材加工等^[39-43];此外小麦改性淀粉还能应用于食品做稳定剂等^[44]。随着生活节奏的加快,速冻食品需求量变大,对小麦淀粉进行先交联后氧化表现出一系列良好的功能特性,包括更高的峰值温度、更低的回生趋势、更好的浆体透明度、更强的保水能力和更好的冻融稳定性,有利于速冻食品的生产^[45-46]。近年来对改性小麦淀粉的研究一直是热点,这些研究为小

麦淀粉产业化发展提供了坚实的理论基础,拓宽了其发展道路。从可持续发展角度看,小麦淀粉的多领域应用能替代一些对环境不友好材料的使用,做到绿色发展。

3.3 小麦淀粉产业化发展形成产品集群发展优势

小麦淀粉与其他物质共同联用能够起到协同作用,更好地改善食品的品质,也可与其他物质结合共同研制新的产品,实现小麦淀粉的有效利用。无麸质产品的市场正在增加,发现将小麦淀粉掺入无麸质面包配方中可以改善米粉制成的面包的比体积并增加细胞密度,从而在味道和可接受性方面获得比玉米淀粉面包更高的分数。小麦淀粉是开发工业和传统无麸质面包的一种非常重要的替代品^[47]。对油炸鲢鱼鱼糜外裹糊小麦淀粉和谷蛋白配比共同使用的效果比二者单独使用的效果更优;小麦淀粉可与玉米淀粉复合研制可食用膜^[48]。小麦淀粉与其他物质配合使用,能够形成产业集群发展优势,拓宽我国小麦淀粉的发展道路,为小麦淀粉的产业化生产提供新的思路。

4 结语

从分析当前我国和世界上小麦淀粉的专利文献来看,小麦淀粉在我国的产业化开发拥有雄厚的资源优势,发展环境稳定、市场前景广阔,能与其他物质一起利用形成集群发展优势,可加强小麦淀粉在食品工业中应用开发和产业化。在关注小麦淀粉发展前景的同时,更需要关注小麦淀粉发展中可能遇到的困难,比如疫情过后,恢复小麦淀粉研究的活跃态势;如何控制好外部环境使小麦淀粉的特性处于最佳状态,提高产品的质量;对小麦淀粉的应用由理论转化为实践,由实验室转换到大批量工业化生产中所面临的问题。充分发挥我国优越的小麦资源优势,对小麦淀粉展开系统的基础研究,开发高效、稳定的分离方法,并引导和推动小麦淀粉的产品开发和产业化进程,是未来小麦淀粉的研究发展方向。

参考文献:

[1] ZHANG Y F, LOU H Y, GUO D D, et al. Identifying changes in the wheat kernel proteome under heat stress using iTRAQ[J].

The Crop Journal, 2018, 6(6): 600-610.

- [2] KYMAR R, MUKHERJEE S, AYELE T B. Molecular aspects of sucrose transport and its metabolism to starch during seed development in wheat: A comprehensive review[J]. Biotechnology Advances, 2018, 36(4).
- [3] FUNAMI T, KATAOKA Y, OMOTO T, et al. Effects of non-ionic polysaccharides on the gelatinization and retrogradation behavior of wheat starch[J]. Food Hydrocolloids, 2005, 19(1): 1-13.
- [4] 赵亚娟, 董瑜, 朱相丽. 专利分析及其在情报研究中的应用[J]. 图书情报工作, 2006, 50(5): 19-22.
ZHAO Y J, DONG Y, ZHU X L. Patent analysis and its application in intelligence research[J]. Library and Information Work, 2006, 50(5): 19-22.
- [5] 项丰娟, 苏磊, 张秀南, 等. 小麦淀粉的研究现状[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(16): 212-219.
XIANG F J, SU L, ZHANG X N, et al. Research status of wheat starch[J]. Food Research and Development, 2021, 42(16): 212-219.
- [6] 方颂平, 蒲顺昌, 吴文睿, 等. 小麦淀粉生产工艺因素对淀粉糊化特性的影响[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(4): 33-38.
FANG S P, PU S C, WU W R, et al. Influence of wheat starch production process factors on starch gelatinization characteristics[J]. Chinese Journal of Cereals and Oils, 2020, 35(4): 33-38.
- [7] ZHU L, ZHANG F J, YANG Y, et al. Extraction, purification, structural characterization of Anemarrhena asphodeloides polysaccharide and its effect on gelatinization and digestion of wheat starch[J]. Industrial Crops and Products, 2022, 189: 115867.
- [8] RENZETTI S, VAN A F, VAN G M. Mechanisms controlling wheat starch gelatinization and pasting behavior in presence of sugars and sugar replacers: Role of hydrogen bonding and plasticizer molar volume[J]. Food Hydrocolloids, 2021, 119: 106880.
- [9] 闫慧丽, 陆敏玉, 李翠翠. 小麦淀粉结构、组成、改性对其理化性能及面条品质的影响研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(14): 307-313.
YAN H L, LU Q Y, LI C C. Research progress on the effects of structure, composition and modification of wheat starch on its physicochemical properties and noodle quality[J]. Food Industry Technology, 2019, 40(14): 307-313.
- [10] 王育红, 远兵强, 潘治利. 小麦粉糊化特性与冷冻熟制面条品质相关性研究[J]. 粮食与油脂, 2023, 36(1): 43-47.
WANG Y H, YUAN B Q, PAN Z L. Correlation between gelatinization characteristics of wheat flour and quality of frozen cooked noodles[J]. Grain and Fat, 2023, 36(1): 43-47.
- [11] 张波波, 郑帅帅, 艾志录, 等. 小麦淀粉糊化前浸泡处理对凉皮品质的影响[J]. 现代食品科技, 2022, 38(4): 92-98.
ZHANG B B, ZHENG S S, AI Z L. et al. Effect of soaking treatment before gelatinization of wheat starch on the quality of

- cool skin[J]. *Modern Food Technology*, 2022, 38(4): 92-98.
- [12] WOODBURY T J, GRUSH E, ALLAN M C, et al. The effects of sugars and sugar alcohols on the pasting and granular swelling of wheat starch[J]. *Food Hydrocolloids*, 2022, 126: 107433.
- [13] 邢俊杰, 李栋, 郭晓娜, 等. 湿热处理淀粉的糊化特性及糊化机制[J]. *食品与机械*, 2021, 37(1): 19-24.
- XING J J, LI D, GUO X N, et al. Gelatinization characteristics and gelatinization mechanism of moist heat treated starch[J]. *Food and Machinery*, 2021, 37(1): 19-24.
- [14] 张龙振, 臧鹏, 董海胜, 等. 食品中淀粉回生防护研究进展[J]. *中国食品添加剂*, 2021, 32(1): 107-112.
- ZHANG L Z, ZANG P, DONG H S, et al. Research progress on starch rejuvenation prevention in food[J]. *Chinese Food Additives*, 2021, 32(1): 107-112.
- [15] ZHAI Y, LI X X, BAI Y X, et al. Maltogenic α -amylase hydrolysis of wheat starch granules: Mechanism and relation to starch retrogradation[J]. *Food Hydrocolloids*, 2022, 124: 107256.
- [16] 谢新华, 贺平, 宋一诺, 等. 月桂酸对小麦淀粉凝胶回生特性的影响[J]. *麦类作物学报*, 2016, 36(10): 1350-1354.
- XIE X P, HE P, SONG Y N, et al. Effect of lauric acid on the rejuvenation properties of wheat starch gel[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2016, 36(10): 1350-1354.
- [17] KONG X R, ZHU Z Y, ZHANG X J, et al. Effects of Cordyceps polysaccharides on pasting properties and in vitro starch digestibility of wheat starch[J]. *Food Hydrocolloids*, 2020, 102: 105604.
- [18] YAN W J, ZZHANG M H, ZHANG M, et al. Effect of wheat bran arabinoxylan on the gelatinization and long-term retrogradation behavior of wheat starch[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2022, 291: 119581.
- [19] 黄峻榕, 伏佳静, 蒲华寅, 等. 凉皮(面皮)贮藏过程中的回生行为及其机理[J]. *陕西科技大学学报*, 2021, 39(6): 39-44+50.
- HUANG J R, FU J J, PU H Y, et al. Rejuvenation behavior and mechanism of cool skin (dough) during storage[J]. *Journal of Shaanxi University of Science and Technology*, 2021, 39(6): 39-44+50.
- [20] YU K, WANG Y, XU Y, et al. Correlation between wheat starch annealing conditions and retrogradation during storage[J]. *Czech Journal of Food Sciences*, 2016, 34(1): 79-86.
- [21] PARK H K, RYU A R, KIM H, et al. Effects of citrus peel hydrolysates on retrogradation of wheat starch[J]. *Foods*, 2021, 10(10): 2422-2422.
- [22] CHEN C, ZHANG M, LIU W C, et al. Baking characteristic improvement and starch retrogradation inhibition of Chinese pancakes by hydrocolloids[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2022, 46(5): e16529.
- [23] TENG L Y, CHIN N L, YUSOF Y A. Rheological and textural studies of fresh and freeze-thawed native sago starch-sugar gels. I. Optimisation using response surface methodology[J]. *Food Hydrocolloids*, 2011, 25(6): 1530-1537.
- [24] GUO J Y, WANG C Y, LIU C Y, et al. Effect of Konjac Glucomannan on gelatinization, retrogradation, and gelling properties of frozen wheat starch[J]. *Starch-Starke*, 2020, 73(1-2): 2000025.
- [25] 宁吉英, 顾丰颖, 高萍萍, 等. 蜡质玉米淀粉凝胶的冻融稳定性[J]. *中国农业科学*, 2017, 50(8): 1514-1524.
- NING J Y, GU F Y, GAO P P, et al. Freeze-thaw stability of waxy corn starch gels[J]. *Chinese Agricultural Sciences*, 2017, 50(8): 1514-1524.
- [26] XU K, CHI C D, SHE Z Y, et al. Understanding how starch constituent in frozen dough following freezing-thawing treatment affected quality of steamed bread[J]. *Food Chemistry*, 2022, 366: 130614.
- [27] 王宏伟, 陈彬云, 许可, 等. 冻融淀粉对馒头品质的影响研究[J]. *中国粮油学报*, 2022, 37(7): 69-76.
- WANG H W, CHEN B Y, XU K, et al. Study on the effect of freeze-thawed starch on the quality of steamed buns[J]. *Chinese Journal of Cereals and Oils*, 2022, 37(7): 69-76.
- [28] YANG Z X, YU W J, XU D, et al. Impact of frozen storage on whole wheat starch and its A-Type and B-Type granules isolated from frozen dough[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2019, 223: 115142.
- [29] WOO S H, KIM J S, JEONG H M. Development of freeze-thaw stable starch through enzymatic modification[J]. *Foods*, 2021, 10(10): 2269.
- [30] 谢新华, 范逸超, 徐超, 等. γ -聚谷氨酸对小麦淀粉凝胶冻融稳定性的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(14): 97-101.
- XIE X H, FAN Y C, XU C, et al. Effect of γ -polyglutamic acid on freeze-thaw stability of wheat starch gel[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2019, 45(14): 97-101.
- [31] 黄峻榕, 唐晓东, 蒲华寅. 淀粉凝胶的微观结构、质构及稳定性研究进展[J]. *食品与生物技术学报*, 2017, 36(7): 673-679.
- HUANG J R, TANG X D, PU H Y. Research progress on microstructure, texture and stability of starch gels[J]. *Journal of Food and Biotechnology*, 2017, 36(7): 673-679.
- [32] 戚明明, 郭鹏, 汪陈洁, 等. 挤压对淀粉微观结构和理化性质影响的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(5): 305-310.
- QI M M, GUO P, WANG C J, et al. Research progress on the effect of extrusion on the microstructure and physicochemical properties of starch[J]. *Food Industry Technology*, 2020, 41(5): 305-310.
- [33] XIE H, YING R F, HUANG M G. Effect of arabinoxylans with different molecular weights on the gelling properties of wheat starch[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2022, 209: 1676-1684.
- [34] BAI J, DONG M X, LI J Y, et al. Effects of egg white on physicochemical and functional characteristics of steamed cold noodles (a wheat starch gel food)[J]. *LWT-food Science and Technology*, 2022, 169: 114057.
- [35] MANIGLIA B C, PATARO G, FERRARI G, et al. Pulsed electric fields (PEF) treatment to enhance starch 3D printing application: Effect on structure, properties, and functionality of wheat and cassava starches[J]. *Innovative Food Science and Emerging*

- Technologies, 2021, 68: 102602.
- [36] ZHENG L Y, REN A Q, LIU R, et al. Effect of sodium chloride solution on quality of 3D-printed samples molded using wheat starch gel[J]. Food Hydrocolloids, 2022, 123: 107197.
- [37] 刘锐, 刘晶晶, 钟钰, 等. 中国小麦国际竞争力分析[J]. 麦类作物报, 2022, 42(9): 1087-1098.
- LIU R, LIU J J, ZHONG Y, et al. Analysis of China's wheat international competitiveness[J]. Wheat Crops Newspaper, 2022, 42(9): 1087-1098.
- [38] 中华人民共和国 2022 年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. 国家统计局. 2023-02-28. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230228_1919011.html.
- Statistical Bulletin of the People's Republic of China on National Economic and Social Development in 2022[EB/OL]. National Bureau of Statistics. 2023-02-28. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230228_1919011.html.
- [39] SARKA E, KRULIS Z, KOTEK J, et al. Application of wheat B-starch in biodegradable plastic materials[J]. Czech Journal of Food Sciences, 2011, 29: 232-242.
- [40] MATHEUS J R V, DALSSASSO R R, REBELATTO E A, et al. Biopolymers as green-based food packaging materials: A focus on modified and unmodified starch-based films[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2023, 22(2): 1148-1183.
- [41] 梅小虎, 崔燕玲, 杨水莲, 等. 变性淀粉聚乙烯醇复合膜的性能研究[J]. 食品安全导刊, 2022, 340(11): 97-100.
- MEI X H, CUI Y L, YANG S L, et al. Study on the performance of modified starch polyvinyl alcohol composite membrane[J]. Food Safety Guide, 2022, 340(11): 97-100.
- [42] 顾俊, 高桂枝, 丁雨果, 等. 板材生产用小麦淀粉改性环保胶粘剂的研制[J]. 中国胶粘剂, 2017, 26(1): 21-24.
- GAO J, GAO G Z, DING Y G, et al. Development of wheat starch modified environmentally friendly adhesive for plate production[J]. Chinese Adhesives, 2017, 26(1): 21-24.
- [43] 龚德才, 樊婧. 小麦淀粉浆糊中 A 行、B 型淀粉及蛋白质对书画装裱的影响研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2022, 52(3): 476-484.
- GONG D C, FAN J. Study on the effects of type A and B starch and protein in wheat starch paste on the framing of calligraphy and painting[J]. Journal of Northwestern University (Natural Science Edition), 2022, 52(3): 476-484.
- [44] 吴津蓉, 车玉红, 杨海燕. 酸改性小麦淀粉在慕斯中的应用研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(13): 23-26.
- WU J R, CHE Y H, YANG H Y. Application of acid-modified wheat starch in mousse[J]. Food Research and Development, 2015, 36(13): 23-26.
- [45] 梁逸超, 别平平, 陈燕芳, 等. 变性淀粉在速冻食品中的应用[J]. 现代食品, 2022, 28(19): 16-19.
- LIANG Y C, BIE P P, CHEN Y F, et al. Application of modified starch in quick-frozen food[J]. Modern Food, 2022, 28(19): 16-19.
- [46] SUN F S, LIU J N, LIU X Y, et al. Effect of the phytate and hydrogen peroxide chemical modifications on the physicochemical and functional properties of wheat starch[J]. Food Research International, 2017, 100(Pt 1): 180-192.
- [47] MANCEBO C M, MERINO C, MARTINEZ M M, et al. Mixture design of rice flour, maize starch and wheat starch for optimization of gluten free bread quality[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(10): 6323-6333.
- [48] 冯佳奇, 陈季旺, 袁子珺, 等. 小麦淀粉和谷蛋白互作对油炸外裹糊鲢鱼鱼糜块油脂分布的影响[J]. 食品科学, 2023, 44(4): 24-31.
- FENG J Q, CHEN J W, YUAN Z J, et al. Effects of wheat starch and gluten interaction on oil distribution of surimi of silver carp coated in fried paste[J]. Food Science, 2023, 44(4): 24-31. 
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。