

谭斌研究员主持“国粮院粮食加工 30 年历程与发展”专栏文章之一

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.05.008

谭斌, 翟小童. 国粮院粮食加工领域近 30 年发展与展望[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(5): 61-72.

TAN B, ZHAI X T. Development and its prospect of grain processing field in academy of national food and strategic reserves administration in the last 30 years[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(5): 61-72.

国粮院粮食加工领域近 30 年 发展与展望

谭斌, 翟小童

(国家粮食和物资储备局科学研究院 粮油加工研究所, 北京 100037)

摘要: 时值《粮油食品科技》创刊 30 周年之际, 记录总结国家粮食和物资储备局科学研究院(以下简称“国粮院”)近 30 年在粮食加工领域的发展情况, 并进行了展望, 以期为国粮院下一步升级发展提供参考。全文共分四部分: 一是总结回顾自上世纪 90 年代以来我国粮食加工领域的发展情况。二是概述了近 30 年来国粮院在粮食加工领域的重要成果及其对推动该领域发展的贡献, 从政策建议、科技创新及标准引领等方面, 推动了二十世纪九十年代我国粮食加工链条从初级加工向粮食食品加工的延伸, “十五”、“十一五”期间为提升我国粮食食品供给保障能力提供了支撑, 通过从杂粮到全谷物的健康谷物食品研究布局, 从“十一五”至今, 专注于营养健康谷物食品加工领域, 有力推动了我国粮食加工行业转型升级。三是在保障国家粮食安全与人民生命健康大背景下, 分析了新时代我国粮食加工领域发展面临的挑战与机遇。四是结合我国重要战略布局, 进一步展望国粮院在粮食加工领域未来发展中的重点工作与使命, 作为我国唯一的国家级粮食行业公益性科研机构, 国粮院将进一步加强我国全谷物领域的科技创新、标准体系建设、科普引领及全民推广等方面的工作, 助力健康中国建设和加工环节的节粮减损, 推动我国粮食产业高质量发展。

关键词: 国家粮食和物资储备局科学研究院; 粮食加工; 健康中国; 节粮减损; 全谷物; 发展; 展望

中图分类号: TS205; S-1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)05-0061-12

网络首发时间: 2023-09-08 15:35:32

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.ts.20230907.1809.001>

Development and Its Prospect of Grain Processing Field in Academy of National Food and Strategic Reserves Administration in the Last 30 Years

TAN Bin, ZHAI Xiao-tong

(Institute of Cereal and Oil Science and Technology, Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: On the occasion of the 30th anniversary for the publication of “Science and Technology of Cereals,

收稿日期: 2023-06-05

基金项目: 国家重点研发计划项目(2022YFF1100500; 2022YFF1100504)

Supported by: National Key Research and Development Project of China (No. 2022YFF1100500; No. 2022YFF1100504)

作者简介: 谭斌, 男, 1972 年出生, 博士, 首席研究员, 研究方向为健康谷物加工与营养。E-mail: tb@ags.ac.cn。本专栏背景及作者详细介绍见 PC23。

oils and Foods”, the development and achievements in the field of grain processing of the Academy of National Food and Strategic Reserves Administration (Academy of NFSRA) in the past 30 years are recorded and summarized. Four content are described. Firstly, the development of grain processing field in China since the 1990’s was reviewed. Secondly, the important achievements and the contributions for promoting the development of this area from the Academy of NFSRA in the past 30 years were summarized. In terms of the policy suggestions, scientific and technological innovation and standard leading, Academy of NFSRA promoted the extension of Chinese grain processing chain from primary processing to food processing in the 1990s. During the 10th and 11th “Five Year Plan”, it supported the improvement of Chinese food supply security capacity. Since the 11th “Five Year Plan”, it has focused on the nutritional and healthy grain food processing field via the health grain food studies on miscellaneous grains and whole grains, which has strongly promoted the upgrading of Chinese grain processing industry. Thirdly, the challenges and opportunities of grain processing area in China in the new period were analyzed in the context of ensuring national food security and public nutrition and health. In addition, further outlook to the key points of work and mission of the Academy of NFSRA in grain processing field was discussed in response to the strategic layout of China. As the only national public institution for scientific research in the grain industry of China, the Academy of NFSRA will further strengthen the scientific and technological innovation, standard system construction, popularization and promotion in the area of whole grains. This may be beneficial to assist in the construction of Healthy China as well as food saving and loss reduction, and promote the high-quality development of the Chinese grain processing industry.

Key words: Academy of National Food and Strategic Reserves Administration; grain processing; Healthy China; food saving and loss reduction; whole grain; development; prospect

我国是粮食生产与消费大国，依据国家统计局公布的年度数据，2021 年我国粮食产量达 6.83 亿 t，口粮年消费量约为 2.04 亿 t。粮食加工业是农产品加工业和食品工业的战略性支柱产业，关乎国计民生。在习近平新时代中国特色社会主义思想及党的二十大精神指导下，牢固树立“国之大者”的国家粮食大安全观，发展粮食加工业，在抓好粮食生产的同时，进一步推动粮食资源加工利用的转型升级与可持续发展，将为保障我国粮食安全夯实基础^[1-2]。粮食加工技术是产业发展的重要科技支撑。建国以来，经过几代粮食科技工作者钻研创新、薪火相传，我国在稻米及小麦等粮食加工工艺、生产技术与加工装备研发，杂粮资源利用、原料稳定化、活性组分保持与杂粮食品加工技术研发，粮食主食品、方便食品工业化加工技术研发与成套装备集成创新，及米糠、麦麸等粮食加工副产物高值化梯次利用技术开发等领域取得了数以百计的重大科研成果，很多成果水平已达到或接近世界先进水平，有力地支撑了我国粮食加工产业的迅速发展^[1,3-4]。近年来，

保障粮食数量和质量安全，均衡膳食营养、改善国民体质，满足人民群众对美好生活日益增长的需求，成为了粮食加工科技创新的主攻方向^[5]。

本文的前半部分对自上世纪 90 年代至今 30 余年来，我国在粮食加工领域的发展成就、国家粮食和物资储备局科学研究院（以下简称“国粮院”）在该领域取得的重要成果及对推动该领域发展的贡献进行了回顾与概述；后半部分基于分析新时代我国粮食加工领域发展面临的挑战与机遇，展望了国粮院未来在粮食加工领域拟开展的重点工作及其可能发挥的作用。

1 30 年来我国粮食加工领域的发展回顾

1.1 二十世纪九十年代：保障粮食生产稳定增长，坚持粮食加工向食品加工延伸

九十年代是我国食物观念转变的时期，人们对食物的需求逐渐从满足温饱转向高精度、多样化，粮食在我国居民食物结构中处于基础地位，保障粮食生产稳定增长是实现我国九十年代食物发展目标的根本措施之一^[6]。依据我国年鉴统计

数据, 1992 年, 我国粮食加工企业完成工业总产值 357.69 亿元, 占全国食品工业总产值的 11.92%, 其中主要产品及其产量为面粉 2 643.2 万 t、大米 1 874.6 万 t、杂粮 179.7 万 t, 粮食食品年产量仅为 285.06 万 t, 约占粮食产品总产量的 5.7%^[7]。总体上看, 九十年代初期, 我国的粮食加工主要集中于初级加工, 食品加工在粮食工业中所占比例小, 转化率低。国内贸易部工业司在“八五”期间提出了粮食向食品延伸的战略方向, 并在“九五”期间进一步明确并坚持了这一方向。

十年间, 粮食食品加工朝着生产、流通、加工、消费协调发展的方向进行产业结构调整; 通过二砂一铁的三机碾白等大米精碾关键技术与装备研发, 有效提高了后道大米抛光的效果与质量、降低碎米率^[8]; 河南工业大学研发的强化物料分级与磨撞均衡出粉的小麦制粉新技术的应用, 有效增加了高精度面粉的出粉率, 推动了专用粉的研制与开发^[9-10]; 以粮食为原料的工业化生产食品, 如方便面、方便米粉、八宝粥、烘焙食品、膨化食品等加工技术与设备得到推广^[11-14], 大大促进了主食品工业化的进程, 成为粮食行业改革与发展的新增长点; 对玉米综合利用与深度加工重要性的认识提高, 用于淀粉、酒精、味精等深加工产品生产的玉米约为年产量的 10%^[15]。至 2000 年, 我国面粉年产量 2 764 万 t、大米年产量 2 180 万 t, 粮食食品加工总产值约为 1 500~1 600 亿元, 约占全国食品工业总产值的 21%左右^[16]。与国内其它食品领域相比, 粮食加工领域的发展呈“小型分散”态势, 内部市场竞争加剧; 粮食食品加工领域的创新体系尚不健全, 有关粮食资源综合利用的基础研究与国外差距较大, 粮食加工装备的研发和质量控制手段相对落后; 随着粮食市场的一步步开放, 国有粮食加工业的改革和产品结构调整滞后, 企业效率、效益低下, 应对市场缺乏核心竞争力^[17]。

1.2 2000—2010 年: 持续提升粮食食品供给保障能力, 杂粮资源获得关注

进入二十一世纪, 面对粮食市场逐步开放、人口增长, 人民消费水平提高, 以及我国加入 WTO, 粮食加工领域市场竞争加剧, 进口原料的

消化及对我国农民自产自销和口粮转化部分的工业化加工水平亟待提升, 科研及其转化的需求迫切。随着我国西部地区的开发和农村城镇化进程的加速, 西部特色粮食原料的加工与消费利用受到关注并获得发展^[17]。“十五”、“十一五”期间, 国家在粮食科技方面的投入明显增加, “十一五”我国粮食行业面向全社会的科技总投入约达 61.47 亿元, 投入的范围、领域不断扩展^[18]。初级粮食加工产品产量稳定增长, 新产品不断投入市场, 产品结构改善明显, 加工企业规模增大同时生产集中度显著提高。通过应用计算机辅助设计和制造、精密铸造、数控加工中心、数控弯折冲压、激光切割、机电一体化和自动化控制等技术和手段, 我国粮食加工技术和装备水平得到快速提升。

至 2010 年, 我国大米加工年处理稻谷能力为 2.43 亿 t, 当年实际处理稻谷 1.11 亿 t, 大米产量 0.73 亿 t, 产能利用率为 45.32%; 产品结构方面, 以标准一等米和特等米(优质米)为主, 年产量分别为 3 553.3 万 t 和 2 284.4 万 t, 分别占总产量的 48.7%和 31.3%; 标准二等米和糙米产量较少, 年产量分别为 964 万 t 和 86.2 万 t, 分别占总产量的 13.2%和 1.2%。小麦粉加工年处理小麦能力为 1.60 万 t, 当年实际处理小麦 1.12 万 t, 小麦粉产量 0.75 亿 t, 产能利用率为 70.34%; 产品结构方面, 以特制一等粉和特制二等粉为主, 年产量分别为 3 351.7 万 t 和 2 035.4 万 t, 分别占总产量的 44.52%和 27.04%; 标准粉和全麦粉产量较少, 年产量分别为 1 225.5 万 t 和 74.6 万 t, 分别占总产量的 16.28%和 0.99%; 另生产专用粉 580.8 万 t, 占总产量的 7.71%^[19]。利用稻谷加工副产物米糠及玉米加工副产物玉米胚榨油, 利用碎米制取淀粉糖, 玉米深加工多元醇等技术实现产业化, 粮食加工副产物综合利用取得显著成就^[18-19]。同时, “十一五”后期我国粮食加工领域依然面临问题, 初级加工产品多、产业链延伸不足, 成品粮过度加工问题突出, 核心技术与装备的研发落后于世界先进水平, 资源综合利用率较低, 节能减排任务艰巨^[20]。

1.3 2011 年至今: 推进粮食供给侧结构性改革, 加快粮食加工营养健康转型升级

我国的“十二五”和“十三五”时期, 是全

面建成小康社会的关键和决胜阶段，也是粮食加工领域转型升级推进现代化创新发展的重要战略机遇期^[20-21]。“十三五”期间，我国粮食加工行业以推进供给侧结构性改革为主线，以满足我国人民不断升级的安全优质营养健康粮食食品消费需求为目标，进一步增加绿色优质粮食产品供给，提高粮食加工行业供给质量及效率，保障粮食安全^[22-23]。中央财政对粮食行业科研投入力度明显加大，加工企业科研投入不断增加。在广大粮食科技工作者的共同努力下，我国粮食科技总体水平明显提高，粮食加工技术的创新作用日益凸显，新产品不断增加，为产业规模经济效益的平稳增长、产业规模集约化水平的提高、产品结构及质量安全水平的改善以及现代粮食产业体系的构建提供了有效支撑^[3,5,22,24]。经过“十二五”我国粮食加工业总体平稳较快的发展，大米、小麦粉、淀粉等粮食加工产品种类日益丰富、产量稳步增长^[3,22]，“十三五”期间，粮食科技以适度加工为重点创新方向，通过国家重点研发计划“大宗米制品适度加工关键技术装备研发与示范”和“大宗面制品适度加工关键技术装备研发与示范”等项目着重对稻谷、小麦的适度加工技术进行攻关，系统分析了加工精度变化对米、面制品营养组分保留及风险因子去除的影响，研究了大宗主食品加工适应性规律，开发出大米留皮程度在线检测设备和大米适度加工智能化成套装备及小麦柔性剥皮等核心装备，米制品原料专用工业化技术及冷冻面制品、生鲜面制品生产技术体系进一步完善，推动了传统米面制品的工业化生产。杂粮方面，“十二五”期间重点解决了杂粮的品质改良技术及“上餐桌”的问题，突出解决我国杂粮长期处于原粮销售的局面^[25]。通过“十三五”国家重点研发计划“传统杂粮加工关键新技术装备研发及示范”等项目，探究了杂粮生物活性物质的营养健康作用，创新研发了杂粮活性组分保持关键技术及其主食营养复配、挤压物理改性加工等技术，开发出挤压杂粮速食粥等新产品，有效改善了杂粮烹制不便、口感不佳等问题。“十二五”、“十三五”期间制修订了一批粮食产品质量安全标准，形成了一套较为完善的食物质量安全保障

技术标准体系，引领和推动了我国粮食加工业的持续高质量发展^[5,24]。

十余年间，我国全谷物领域呈快速发展趋势^[25-26]。随着社会各界对全谷物关注度的提高，越来越多的科研团队参与全谷物的装备、加工关键技术、标准、营养健康、产品开发研究及全谷物科普等。《粮食加工业发展规划（2011—2020年）》明确提出“推进全谷物健康食品的开发”、“鼓励增加全谷物营养健康食品的摄入，促进粮食科学健康消费”。在国务院办公厅78号文件《关于加快推进农业供给侧结构性改革大力发展粮食产业经济的意见》中指出“推广大米、小麦粉和食用植物油适度加工，大力发展全谷物等新型营养健康食品”。2020年，朱蓓薇、孙宝国、吴清平院士与国粮院谭斌研究员等共同提交的《关于大力发展全谷物食品的对策建议》的院士建议通过中国工程院报送至科技部、农业农村部、发改委、粮食局、工信部、财政部、卫健委、民政部 and 科协等9个部委。2021年，包括国粮院、中国疾病预防控制中心营养与健康所等在内的八家机构联合发布我国《全谷物与健康科学共识（2021）》，旨在帮助消费者全面了解全谷物与健康的关系，促进公众养成食用全谷物的膳食习惯。同年，由中办、国办印发的《粮食节约行动方案（2021年）》中明确指出“发展全谷物产业，启动国家全谷物行动计划”。依据中国科协的批示，2021年10月10日，中国食品科学技术学会全谷物分会正式成立，从此，我国有了全谷物推动的专业组织。2022年，“全谷物营养健康食品创制”首次作为独立项目，纳入国家重点研发计划“食品营养与安全关键技术研发”专项。2023年5月，人民日报健康客户端“全谷物频道”正式上线。全谷物领域在我国获得高度关注，迎来了前所未有的发展机遇。

2 近30年国粮院粮食加工领域发展情况

国粮院始建于1956年，建院以来，国粮院紧密围绕我国各个时期的粮食中心工作，积极发挥科技支撑服务作用。在粮食加工领域，国粮院在

建国初期以“产地加工”、“中小为主”为方针研发了稻谷碾米、小麦制粉设备及工艺，并制定了粮食加工原料及其加工产品的标准，淘汰了当时的作坊土法加工，推广粮食机械化加工，满足了当时的市场供应^[27]。随后在八十至九十年代，设计了我第一家等级小麦粉加工厂，推动我国小麦加工工艺技术实现跨越式发展。九十年代至今，在碾米制粉设备升级、系列化成品粮生产加工配套技术、粮食食品营养健康升级及副产物加工利用技术研发、标准研制等方面开展研究，布局与系统化整体推进我国全谷物食品发展，为科技兴粮提供了重要支撑。

2.1 二十世纪九十年代：推动粮食加工链条从初级加工延伸至粮食食品加工

二十世纪九十年代，国粮院在政策建议、科技创新及标准引领等方面有力支撑推动了粮食加工链条从初级加工向粮食食品加工延伸。1992年，商业部科学研究院正教授级高级工程师顾尧臣在商业部商办工业研讨会上对这一战略方向进行了深入阐释，提出我国发展粮食食品的重点是面向广大消费者，致力于提供利润低、销量大、重量足、质量均匀一致以及供应普遍、方便和及时的粮食食品，同时，对加工设备、产品包装、米制食品、小麦粉食品、多谷物食品及相关行政措施进行了建议^[28]。针对上述战略目标，在粮食加工生产装备，尤其是小麦制粉装备的国产化设计、优化与应用方面，国粮院结合国内外相关领域实情，开展了大量研究。顾尧臣在院刊《粮油食品科技》上综述了国内外小型粮食加工厂的发展要求、规模与形式^[29-32]，分析了 FNBC50 小麦碾皮制粉技术和设备新进展^[33-34]，并分别从进料机构、松合闸等的自动控制、研磨机构、差速传动等 8 个方面提出了现代辊式磨粉机的设计要素^[35-40]。章学澄论证了分层碾磨制粉新工艺主要特点及其机理^[41]，探讨了小麦籽实形态结构与制粉方法工艺^[42-43]，分析了糊粉层营养成分及其对强化优质面粉烘焙品质的关系^[44]。周承惠探讨了心磨系统采用光辊和齿辊对软、硬麦出粉率及灰分的影响^[45]，论述了专用粉配制生产关键设备的国产化

进展^[46]，并对面粉厂食品专用粉配制生产技术及副产品打包工段进行了技术改造与讨论^[47-48]。同时，在面制品的品质提升与新产品研发方面取得了一定成果。林家永等发现葡萄糖氧化酶与脂肪酶对粉质稳定时间、软滑度、拉伸强度等面粉质量有十分明显的改善作用^[49-50]。张崑等针对国内小麦粉品质不稳定的缺点，研制出国产面包专用粉品质改良剂 M-I，在保证改良效果的基础上，大大降低了改良剂成本^[51]。1999—2000 年间，顾尧臣系统综述了燕麦、荞麦、大麦和大麦制备麦芽加工相关原粮、加工产品、加工工艺与设备，为后来我国在小宗粮食加工领域及国粮院在杂粮加工领域的众多研究起到了抛砖引玉的作用^[52]。标准方面，张诚彬、夏建桥等制定了《粮食工业用图形符号、代号（GB 12529.4—1990）》《粮食加工机械通用技术条件（LS/T 3501.9—1993）》；顾尧臣针对评价指标、检验方法与仪器等问题对稻谷、小麦及其加工产品标准的增修订提出了建议^[53]。

2.2 2001—2010 年：持续提升粮食食品供给保障能力，从杂粮到全谷物，布局健康谷物食品研究

“十五”、“十一五”期间，国粮院基于前期基础进一步探索，在小麦、稻谷等大宗粮食加工领域进一步发力，形成了面粉及其制品加工品质的评价方法^[54-56]，面粉及其制品品质改良技术^[57-62]，及粮食加工副产品增值开发技术^[63-64]等研究成果。同时，进一步强化国粮院标准引领作用，研制并颁布了一系列列国家及粮食行业标准。由孙辉研究员牵头制定的《小麦粉馒头（GB/T 21118—2007）》对规范馒头企业生产、保障食品安全具有重要意义^[65]；陆续制定的《粮食检验 小麦粉面包烘焙品质试验直接发酵法（GB/T 14611—2008）》《粮食检验 粮食、油料中淀粉含量的测定》《粮食检验 谷物及制品中钙的测定》《小麦、黑麦及其面粉，杜伦麦及其粗粒粉降落数值的测定 Hagberg-Perten 法》等检测分析方法，体现了国粮院对支撑提高我国粮食及其制品的质量工作的高度重视。此外，顾尧臣系统调研综述了美国、加拿大、俄罗斯、荷兰、澳大利亚、巴西、日本、

南非等^[66-73]全球30余个国家的粮食生产、贸易、加工、综合利用和消费情况,为国内粮食加工领域从业者提供了第一手参考资料。

在我国西部发展的大背景下,“十一五”期间,通过国家科技支撑(攻关)计划课题“主要杂粮加工品质评价系统及加工适用性研究”和“蚕豆、高粱加工品质评价系统及加工适用性研究”,国粮院在杂粮加工领域完成了“摸家底”研究,为后续研究奠定了良好基础。谭斌等系统综述了我国杂粮加工与杂粮加工技术的现状与发展^[74-75]。谭斌、田晓红、谭洪卓等分析了我国20个优质高粱及蚕豆品种的物理参数与化学组分,并对各品种的营养成分及加工适应性进行了分析^[76-79]。谭洪卓等探讨了甘薯淀粉的理化特性、回生机理及其与粉丝品质的关系^[80-81]。刘明、刘艳香等比较评价了3种具有地方代表性的高粱粉的挤压特性及挤压前后涩味物质单宁含量的变化,发现双螺杆挤压技术是一种较好的改善高粱品质的加工方式^[82-83]。值得一提的是,国粮院谭斌研究员敏锐的洞察到我国粮食过度加工问题严重,2008年带着这个问题赴美国康奈尔大学访学,深入研究了美国的粮食加工现状与趋势,回国后坚定的开启了全谷物研究与推广之路^[84]。

2.3 2011年至今:专注营养健康谷物食品加工,助力我国粮食加工行业转型升级

发展优质杂粮产业是我国粮食供给侧结构性改革的重要举措之一^[26]。在“十一五”“摸家底”的基础上,国粮院针对我国大量优质杂粮资源未得到良好的开发利用问题,在“十二五”期间基于国家科技支撑计划“粗粮及杂豆食用品质改良及深度加工关键技术研究及示范”等项目,重点围绕杂粮杂豆食用不方便、不含面筋,在主食应用中严重受限的技术难题与瓶颈,以让优质杂粮杂豆资源“上餐桌”为目标开展系统化攻关。选择面广量大的挂面产品为载体,通过物理改性^[85-87]、粒度适度控制及预混合粉制备等技术的集成^[88-92],实现了杂粮豆在挂面产品中的高含量添加,最高添加量可达100%^[93-95]。高杂粮含量面条技术成功实现产业化推广,在湖南裕湘食品有限

公司建成国内第一条年产10 000 t的全谷物杂粮挂面专用预拌粉和年产7 000 t的杂粮挂面生产线,开发“裕湘谷膳”高含量杂粮系列挂面,产品在我国20多个省份销售、出口20多个国家。”一种杂粮豆挂面的加工方法”获中国专利优秀奖,“重大杂粮主食产品创新关键技术与产业化应用”成果获中国食品科学技术学会技术进步一等奖,引领了行业的发展。

“十三五”、“十四五”期间,研究领域从杂粮延伸到全谷物,着力我国全谷物食品加工技术发展。在“十三五”重点研发计划项目下设课题“全谷物糙米制品营养保全及品质改良关键技术装备研发与示范”及“基于挤压重组技术的方便杂粮主食加工关键技术、装备研制及示范”,国家自然科学基金面上项目“全谷物糙米膳食纤维-酚酸协同效应调控米淀粉凝胶质构的分子机制研究”、“鲜湿糙米线品质劣变机制与调控研究”、“挤压蒸煮过程中糙米膳食纤维分子解聚机制研究”等的支持下,针对糙米、全麦等全谷物原料营养丰富,但存在口感差、烹煮时间长、货架期短等问题,初步探究了膳食纤维对米淀粉凝胶结构及小麦面筋网络结构的稀释切割作用及水分迁移规律^[96-99],通过集成应用生物酶、挤压等生物、物理加工技术进行全谷物稳定化处理,通过物理塑形技术进行速食营养粥胚造粒等^[100-105],形成了“稳定化全麦粉及全麦主食加工技术”、“糙米米线加工技术”及“全谷物方便速食粥加工技术”等,相关全谷物食品具有更高的膳食纤维、维生素、酚类物质等生物活性成分含量,较精米白面制品营养健康特性显著改善^[106-109]。相关成果已通过中国食品科学技术学会组织的成果鉴定,总体技术分别达到国际先进或国际领先水平。“十四五”期间,国粮院主持承担了国家重点研发计划项目“全谷物营养健康食品创制”,重点围绕全谷物生物加工技术、原配料及全谷物食品创制与在不同人群、不同场景下的应用与示范方面开展深入研究。同时,国粮院粮食加工领域还基于科技攻关成果,在全谷物标准构建、产业推动、科普、产业政策建议和平台搭建等多维度进行立体式布局与系统化整体推进^[110]。2020年,联合4位院士

和专家向中国工程院提交了《关于大力发展全谷物食品的对策建议》的院士建议,并被报送到 9 个部委。2021 年,牵头编著了我国首部全谷物学术专著《全谷物营养健康与加工》^[111];主笔完成了《国家全谷物行动计划方案》草案,并报送到有关部委;同年,与荷兰、美国、英国、澳大利亚等多国专家,在《Nutrients》上联合发表了《全谷物配料与全谷物食品的全球定义共识》^[112]。2023 年,国家粮食产业(全谷物)技术创新中心获得国家粮食和物资储备局的授牌。同年,《建议大力发展全谷物产业 打造“无形良田”建设“健康中国”》的建议被中办采用。针对我国全谷物标准空白现状,牵头制修订国家标准及行业标准 14 项,已发布包括《发芽糙米(GB/T 42173—2022)》、《荞麦(GB/T 10458—2008)》等国家标准及我国首个全谷物标准—《全麦粉(LS/T 3244—2015)》行业标准,率先在国际上采用烷基间苯二酚作为全麦粉的特征指标。初步构建了我国全谷物标准体系,有效规范与引领了全谷物行业发展。

3 国粮院粮食加工领域面临的挑战与机遇

欧美等西方国家为全谷物的推动做了很多努力与贡献,但目前欧美国家的全谷物消费量距离膳食推荐的目标仍然有很大差距。同样,虽然关注健康谷物消费的群体也在不断增多,但我国谷物的加工与主流消费基本仍处在不断追求感官品质的精制白面食品阶段^[25,111]。要改变已经经历了上百年的精制谷物消费理念与方式所形成的强大的惯性力量,既是一个科学技术问题,又是一项系统工程、民生工程,需要在粮食加工领域的不断深耕,也需要全产业链的内外协同联动。

3.1 全谷物原配料加工技术装备与规范相对缺乏、产品结构单一、品质安全保障技术体系不完善

目前我国谷物原配料的加工主要基于精致谷物的加工技术体系,全谷物原配料加工技术装备与规范相对缺乏,同时存在不耐存储、品质安全保障技术体系不完善、专用化程度低、产品结构单一等问题。对于以粒食形式食用的全谷物,需要研究开发适合全谷物米的色选技术装备、轻碾技术装备以及预加工类技术装备等。对于以全谷

物粉形式作为食品加工原料的全谷物配料加工,其关键难点是保持合适的颗粒细度、破损淀粉的控制以及足够的货架期等。传统的制粉技术装备,粉路长、效率低,需要开发新型全谷物粉的制粉专用装备,如石磨制粉装备、高效振动场制粉技术与装备,还有通过麸皮和胚单独粉碎与稳定化加工后再回填的方法等。开展全谷物原配料加工生物辅助新技术,开发系列化、专用化、稳定化全谷物原/配料产品,初步构建我国基础的、大宗的全谷物原/配料加工技术解决方案,为全谷物食品的创制与推广提供有效保障。

3.2 高纤基质全谷物的加工过程中组分互作及水分迁移等对食品品质影响的机制需进一步明确

全谷物食品的加工技术与装备是制约全谷物产业发展的重要因素之一。与精制谷物不同,全谷物包含了种皮与胚,直接影响产品口感、风味、色泽和质构等,给全谷物食品的加工带来极大的挑战。谷物种皮中富含的膳食纤维等活性物质,对全谷物食品质构、感官等加工品质特性的影响及其机理尚不明确,不同加工方式对活性组分物化特性的影响及其机制不清晰。在不同加工过程中,淀粉、蛋白、膳食纤维、酚类物质等的多组分互作及其对产品加工、食用和营养品质的影响需进一步阐明。

3.3 现有全谷物食品无法满足消费者的多元化需求,食品精准设计依据缺乏

解决全谷物健康食品品类少的问题,增加消费者连食性是全谷物食品开发的关键。不同人群对全谷物食品的口感接受程度、基于健康目标的全谷物需求量不同,在不同场景下对适宜的全谷物含量与口感要求也不同,而现有全谷物产品的设计缺乏针对上述问题的精准设计指导依据。如何针对不同人群、不同场景,通过精准设计实现全谷物食品中全谷物含量与其口感达到最佳平衡点缺乏理论支撑。集成应用“场景-体验-人群”三维一体精准设计技术体系,实现基于全谷物含量的营养量效与食用口感的最佳平衡,针对不同人群需求,创制出口感优、连食性好、全谷物含量合理、场景适合的系列化大宗主食及代餐食品

产品体系，并在不同场景中进行推广示范，是未来研发工作的重点之一。

3.4 全谷物与健康的关系需基于我国人群特质开展深入研究，为强化科学认知共识提供基础依据

过去的30多年，世界范围内有关全谷物与健康关系的关注不断增加，证据也越来越多，增加全谷物消费可以有效降低慢性非传染性疾病的风险已经基本成为国际学术界的共识。西方国家有关全谷物与健康关系的研究成果也为加快我国全谷物的发展与推广奠定了良好的基础。未来，需进一步围绕肥胖、糖尿病、心脑血管疾病等慢病人群的营养健康需求，联合应用基因组学、代谢组学、免疫组学、食品组学、仿生微流控技术、行为科学、物联网、大数据等多学科技术，构建全谷物食品及有效成分的生物利用率及胰岛素抗性等体外及动物评价模型，开展我国慢病人群健康效应评价及其机制研究，获得基于我国膳食结构与人群特征的全谷物食品健康效应评估数据，为我国居民膳食指南中全谷物推荐摄入量的优化提供更加严谨科学的数据支撑。

3.5 粮食原料品种专用性不强，缺乏适合全谷物食品开发的优质全谷物原料选择依据

优质的全谷物原料是产业发展的重要基础。随着人们对食物营养及感官要求的不断提升，食品加工端对粮食原料品种提出了新的需求，如增加谷物籽粒中阿拉伯木聚糖、植物甾醇、酚类物质等活性物质，通过培育种皮更薄更易熟化、种皮中导致涩味等不良风味的物质降低等品种以实现食品食用品质的改善，以及通过改变谷物籽粒的物理结构，降低谷物籽粒各部分的分离难度等。应用现代分析与生物技术手段，筛选鉴定谷物组分的新的变异，再把这些变异应用到适合中国栽培的谷物品种中，培育更营养更适合全谷物食品加工的谷物新品种，是实现增加全谷物消费的一个重要方向。

3.6 我国全谷物食品定义与标准体系亟待尽快建立

随着国家全谷物市场的不断发展，形成与国际统一的全谷物定义标准，并制定适合我国国情

的全谷物食品标准体系已成为当务之急。目前，国际上许多组织发布了相应的全谷物定义，国际全谷物定义工作组已发布全谷物及全谷物食品的全球定义^[112]，正在进一步制定ISO全谷物及全谷物食品标准。我国虽然已建立了一些全谷物相关标准，但数量较少，缺乏完整的全谷物标准体系。标准的建立无法跟上市场产品的步伐，导致市面上的全谷物食品质量参差不齐，消费者易受误导，极大地制约了我国全谷物的发展。如何充分结合国际全谷物定义与我国实际，从全谷物原料、全谷物食品、检测方法等层面加快推进标准制定，逐步构建我国全谷物与全谷物食品的标准体系，规范行业发展，是当前的重要任务与难题。

3.7 全谷物营养健康益处的科普宣传有待进一步加强

谷物经过精制加工后，口感得到改善，且容易储存、制作。而全谷物富含膳食纤维、含有胚芽，导致其制作不方便、不耐储存，且口感粗糙、颜色暗沉，进而导致人们对全谷物的接受程度不高，成为全谷物在推广过程中最大的阻碍。长久以来，消费者已习惯精米白面的口感，同时对全谷物的营养健康益处认识不足，造成了“消费者不愿意买，企业不愿意生产”的局面。应积极探索高效的消费者科普宣传方式，让消费者接触并了解全谷物的益处并形成消费欲望，倡导人民健康生活方式，进一步打通全谷物的消费障碍。

4 国粮院粮食加工领域的未来发展展望

4.1 站位我国唯一国家级粮食行业公益性科研机构，筑牢我国粮食安全基础

新时代，在建设中国特色社会主义强国进程中，国粮院应站位我国唯一国家级粮食行业公益性科研机构，积极应对粮食在持续提供人民生活所需足够热量的同时，满足保障营养均衡膳食需求的粮食安全新挑战，全方位夯实我国粮食安全基础。国粮院粮食加工团队坚持以《粮食节约行动方案》、“健康中国战略”的实施为出发点，以节粮减损、改善国民体质为行动目标，以提高我国全谷物加工与消费占比为核心任务，从全谷物品种选育、储运、加工与消费等环节开展全链条顶层设计，通过改进和提升粮食加工技术装备、

引领粮食产业创新科研,减少谷物加工过程中的数量损失与营养浪费,提高粮食资源的可食化利用率,全力促进我国粮食产业营养健康转型升级。

4.2 加大科技创新力度,强化“国家队”科技支撑作用

针对我国全谷物领域总体上处于发展起步阶段,全谷物消费占比极少的问题,国粮院粮食加工团队将整合国内外科技资源,加大科技创新力度,强化科技支撑作用,扎实推进“十四五”全谷物国家重点研发计划项目。重点以稻米、小麦、玉米、燕麦、青稞及类谷物等全谷物为研究对象,系统研究膳食纤维、酚类物质等共性活性物质,同时深入挖掘不同谷物的差异化重要活性物质及其特性,构建我国全谷物重要生物活性物质特性谱库。以全谷物生物活性物质特性及加工品质为主线,系统深入探究其在原/配料加工、食品加工过程中受物理、生物加工技术手段的影响及其变化规律,构建基于安全与品质提升的全谷物原/配料及高纤基质食品加工共性技术解决方案。以“场景-体验-人群”三位一体的全谷物食品精准设计思路,创制适用于不同人群、机关食堂及学校等不同场景的蒸煮、焙烤等系列化大宗全谷物主食品与代餐方便食品,并推广下游生产与消费,构架我国大宗全谷物食品体系。同时,通过开展基于我国人群特点与膳食习惯的全谷物健康效应“体外-动物-人群膳食干预”评价,对我国全谷物膳食推荐摄入量提供建议依据。

4.3 推动完善营养健康谷物食品标准体系建设

针对目前我国市场上全谷物标准缺乏,没有统一的全谷物定义,全谷物产品鉴别手段缺乏,产品质量良莠不齐的局面^[25,111],国粮院粮食加工方向将加快推进粮食行业标准《全谷物与全谷物食品通则》的研制;从粮食节约与营养健康角度出发,推动我国粮食加工相关品质标准与技术规范的修订,进一步完善粮食加工标准体系。同时,将积极配合有关部门完善相关粮食立法、增加全谷物相关的标准规范要求,制定有关学生营养餐主食全谷物替代的强制性标准;联合我国相关慢病防控与公共卫生组织,发布与全谷物有关的健康声称规范。

4.4 充分利用有关全谷物研究推广平台,推动实施“国家全谷物行动计划”

国粮院作为我国唯一国家级粮食行业公益性科研机构、中国食品科学技术学会全谷物分会主任委员单位,目前已牵头起草了《国家全谷物行动计划(2022—2035)》方案草案,并已通过国家粮食和物资储备局上报有关部门。推动我国全谷物事业发展是一项系统工程,需要政府、科研单位、生产企业、媒体与消费者的共同努力。“国家全谷物行动计划”将通过强化全谷物科学共识、开展媒体宣传活动等方式强化全谷物科普与消费倡导,通过系列化科技创新行动、产业推进与应用推广示范行动、及标准标识认证行动,大力促进全谷物产业的发展,健全和完善全谷物产业链条,指导和推动全谷物原配料及制品的加工生产,不断提升全谷物在我国谷物消费中的占比,推动节约和充分利用粮食资源,正确引导和完善谷物膳食结构,实现慢病防控的关口前移,改善国民体质,全面落实健康中国战略与粮食节约行动方案。

5 结语

我国粮食加工领域的发展与国家发展阶段及战略目标息息相关。伴随着我国经济社会的快速、高质量发展,我国居民历经了从“吃饱”到“好吃”再到“吃的健康与美味”的历史阶段。当前,我国“精米白面”的谷物食品加工与消费习惯,一是造成了占谷物籽粒重量约 9%~17%的种皮与胚的损失,导致粮食资源的浪费;二是同时导致天然谷物中膳食纤维、B 族维生素等微量营养素及各种活性组分的损失。我国目前每日人均膳食纤维的摄入量仅为 10.2 g,约为推荐摄入量的三分之一, V_{B1} 的摄入量仅为 0.8 mg,约为推荐摄入量的二分之一,隐性饥饿问题突出,已经成为我国慢病高发的重要原因。因此,进入新时代,为保障国家粮食安全与人民生命健康,我国亟待大力发展全谷物食品,推动健康中国建设和加工环节的节粮减损。国粮院作为我国唯一的粮食行业公益性科研机构,将致力于整合各方面资源与力量,从科技创新、产业示范、应用推广、标准体系、标识认证、科普宣传等方面联合行动,加

快支持推动国家全谷物行动计划的组织实施，引导全民科学健康生活方式，助力我国粮食产业高质量发展。

参考文献：

- [1] 姚惠源. 新时代粮食安全新思路 把中国人的饭碗牢牢端在自己手中[J]. 粮食与食品工业, 2018, 25(6): 4-6+12.
- [2] 王瑞元. 2022年粮油加工业要努力做好和关注的几项工作[J]. 中国油脂, 2022, 47(7): 1-3+8.
- [3] 姚惠源. 中国粮食加工科技与产业的发展现状与趋势[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3541-3546.
- [4] 中国粮食学会. 粮油科学技术学科发展报告(2018-2019)[M]. 中国科学技术出版社, 2020.
- [5] 姚磊. 粮食加工技术研发布局及发展思考[J]. 中国粮食经济, 2022, 6: 29-30.
- [6] 刘兴信. “九五”我国粮油食品科技发展的方向和任务[J]. 中国粮油学报, 1995, 10(2): 1-4.
- [7] 国家统计局贸易物资统计司. 中国国内市场统计年鉴(1992年)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1993.
- [8] 姚惠源. 我国碾米加工业关键技术的研究和应用[J]. 粮食与饲料工业, 1998, 1: 12-14.
- [9] 郭祯祥, 李东森, 温纪平, 等. 强化分级的制粉新技术研究——国内制粉工艺现状[J]. 郑州粮食学院学报, 2000, 1: 1-4.
- [10] 许红. 强化物料分级与磨撞均衡出粉的小麦制粉新技术研究[J]. 现代面粉工业, 2009, 23(2): 6-8.
- [11] 孟素荷. 中国方便面行业 1998 年的回顾与思考[J]. 食品与机械, 1999, 2: 6-7.
- [12] 姚惠源. 我国早籼稻谷加工与转化的技术途径[J]. 中国稻米, 1999, 3: 28-30.
- [13] 荚恒龙, 李清海, 郑慰民. 烘焙食品市场的现状及展望[J]. 食品与机械, 1995, 6: 22-23.
- [14] 陈岩. 浅谈“膨化食品行业标准”[J]. 轻工标准与质量, 1998, 3: 20-21.
- [15] 刘兴信. 我国粮食工业现状和发展方向[J]. 中国食品工业, 2000, 7(6): 6-8.
- [16] 黄圣明. 中国食品工业年鉴 2000[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001.
- [17] 刘兴信. 关于“十五”粮油食品加工业发展问题的探讨[J]. 中国粮油学报, 2001, 3: 1-5.
- [18] 中国粮食经济编辑部. 精彩“十一五”系列报道之十: 粮油加工平稳较快发展 科技创新能力显著提升[J]. 中国粮食经济, 2011, 6: 33-34.
- [19] 王瑞元. 我国粮油加工业的发展趋势[J]. 粮食与食品工业, 2011, 18(5): 1-6.
- [20] 国家粮食局. 粮油加工业“十二五”发展规划[J]. 粮食科技与经济, 2012, 37(2): 63-64.
- [21] 姚惠源. 我国粮食加工行业供给侧结构性改革的战略思考[J]. 粮食与食品工业, 2017, 24(1): 1-2+7.
- [22] 姚惠源. 国内外粮食加工业的现况和发展趋势[J]. 粮食加工, 2017, 42(3): 1-4.
- [23] 戴炳业. 食品科技 全面开拓产业发展新局面——“现代食品加工及粮食收储运技术与装备”重点专项着力解决产业技术关键[J]. 中国农村科技, 2018, 9: 14-17.
- [24] 王瑞元. 我国粮油加工业在“十三五”期间的发展情况[J]. 中国油脂, 2022, 47(3): 1-4.
- [25] 谭斌, 乔聪聪. 中国全谷物食品产业的困境、机遇与发展思考[J]. 生物产业技术, 2019, 6: 64-74.
- [26] 姚惠源. 大力发展杂粮产业和全谷物食品推进粮食供给侧结构性改革[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(3): 1-3.
- [27] 顾尧臣. 中国粮食加工科学研究发展的回顾[J]. 科研与设计, 1991, 0: 9-13+20.
- [28] 顾尧臣. 粮食工业向粮食食品方向发展[J]. 科研与设计, 1992, 2: 5-8.
- [29] 顾尧臣. 小型粮食加工厂的发展(一)[J]. 粮油食品科技, 1999, 7(4): 15-20.
- [30] 顾尧臣. 小型粮食加工厂的发展(二)[J]. 粮油食品科技, 1999, 2(5): 3-7.
- [31] 顾尧臣. 小型粮食加工厂的发展(三)[J]. 粮油食品科技, 1999, 5(6): 11-15.
- [32] 顾尧臣. 小型粮食加工厂的发展(二)[J]. 粮油食品科技, 2000, 1(8): 4-8.
- [33] 顾尧臣, 唐明和. 小麦碾皮制粉的新进展 FNBC50 小麦碾皮制粉技术和设备(一)[J]. 粮食与饲料工业, 1999, 7: 1-3.
- [34] 顾尧臣, 唐明和. 小麦碾皮制粉的新进展 FNBC50 小麦碾皮制粉技术和设备(二)[J]. 粮食与饲料工业, 1999, 8: 1-5.
- [35] 顾尧臣. 论现代辊式磨粉机的设计要素(1)[J]. 西部粮食科技, 1998, 23(1): 3-9.
- [36] 顾尧臣. 论现代辊式磨粉机的设计要素(2)[J]. 西部粮食科技, 1998, 23(2): 3-8.
- [37] 顾尧臣. 论现代辊式磨粉机的设计要素(3)[J]. 西部粮食科技, 1998, 23(3): 3-8.
- [38] 顾尧臣. 论现代辊式磨粉机的设计要素(4)[J]. 西部粮食科技, 1998, 23(4): 5-12.
- [39] 顾尧臣. 论现代辊式磨粉机的设计要素(5)[J]. 西部粮食科技, 1998, 23(5): 3-9.
- [40] 顾尧臣. 论现代辊式磨粉机的设计要素(6)[J]. 西部粮食科技, 1998, 23(6): 3-8.
- [41] 章学澄. 分层碾磨系统制粉新工艺[J]. 中国粮油学报, 1996, 11(5): 1-11.
- [42] 章学澄. 小麦籽实皮对制粉工艺的干扰[J]. 粮食与饲料工业, 1991, 1: 1-2.
- [43] 章学澄. 小麦籽实的形态结构与制粉方法的配合[J]. 粮食与饲料工业, 1995, 5: 1-3.
- [44] 章学澄. 小麦籽实皮糊粉层与面粉品质的关系[J]. 粮食与饲料工业, 1993, 6: 1-2.
- [45] 周承惠. 心磨系统采用光辊和齿辊对出粉率、灰分的影响[J]. 中国粮油学报, 1993, 8(1): 5-14.
- [46] 周承惠. 专用粉配置生产技术关键设备的国产化进展[J]. 粮

- 食与饲料工业, 1999, 11: 3-4.
- [47] 周承惠. 面粉厂食品专用粉配制生产技术改造[J]. 粮油食品科技, 1999, 7: 8-9.
- [48] 周承惠, 林涛. 面粉厂副产品打包工段技术改造[J]. 粮油食品科技, 1998, 1: 6.
- [49] 林家永, 李歆, 封雯瑞. 葡萄糖氧化酶与脂肪酶改善面粉质量的作用(一)[J]. 粮油食品科技, 1998, 7: 3-4.
- [50] 林家永, 李歆, 封雯瑞. 葡萄糖氧化酶与脂肪酶改善面粉质量的作用(二)[J]. 粮油食品科技, 2000, 1: 16-18.
- [51] 张巍. 面包专用粉品质改良剂 M-I 的研究[J]. 粮油食品科技, 1998, 3: 18-20.
- [52] 顾尧臣. 小宗粮食加工[J]. 粮食与饲料工业, 1999, 4: 10-14.
- [53] 顾尧臣. 关于增修订稻谷、小麦及其加工产品标准的建议[J]. 粮食与饲料工业, 1991, 6: 1-4.
- [54] 孙辉, 吴尚军, 姜薇莉. 小麦粉食用品质的感官评定和仪器评价[J]. 粮油食品科技, 2004, 12(1): 25-28.
- [55] 凌家煜, 姜薇莉. 用快速黏度分析仪评价专用小麦粉的质量[J]. 粮油食品科技, 2002, 10(1): 30-32.
- [56] 孙辉, 姜薇莉, 雷玲, 等. 应用快速烘焙法测试面包烘焙品质[J]. 粮油食品科技, 2009, 17(1): 36-37.
- [57] 孙辉, 李保云, 王岳光, 等. 普通小麦谷蛋白亚基与烘烤品质的关系[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(3): 18-24.
- [58] 孙辉, 吴玉凯, 杜政. 谷朊粉对我国小麦粉品质改良的研究[J]. 粮油食品科技, 2000, 8(3): 15-17.
- [59] 黄兴峰, 孙辉, 姜薇莉, 等. 糯小麦粉与普通小麦粉对面条品质影响的研究[J]. 粮油食品科技, 2006, 14(4): 1-4.
- [60] 孙辉, 吴尚军, 姜薇莉. 面包烘焙直接发酵法与中种发酵法对比研究[J]. 粮油食品科技, 2008, 16(5): 14-16.
- [61] 孙链, 孙辉, 雷玲, 等. 糯小麦粉配粉理化特性及其对馒头品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(1): 5-10.
- [62] 孙辉, 姜薇莉, 林家永. 小麦粉理化品质指标与食品加工品质的关系研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(3): 12-16.
- [63] 顾尧臣. 小麦麸皮加工成食品的探讨[J]. 粮食与饲料工业, 2005, 6: 9-12.
- [64] 林家永, 祖力亚, 罗俊雄, 等. 籼米、碎米及陈米制备低聚异麦芽糖浆和米蛋白粉的研究[C]. 中国粮食学会第二届学术年会论文选编, 2002: 282-286.
- [65] 孙辉. 《小麦粉馒头》国家标准解读[J]. 粮食与食品工业, 2008, 15(2): 1-2.
- [66] 顾尧臣. 美国有关粮食生产、贸易、加工、综合利用和消费情况[J]. 粮食与饲料工业, 2005, 8: 44-47.
- [67] 顾尧臣. 加拿大有关粮食生产、贸易、加工、综合利用和消费情况[J]. 粮食与饲料工业, 2006, 12: 42-46.
- [68] 顾尧臣. 俄罗斯有关粮食生产、贸易、加工、综合利用和消费情况[J]. 粮食与饲料工业, 2005, 10: 44-47.
- [69] 顾尧臣. 荷兰有关粮食生产、贸易、加工、综合利用和消费情况[J]. 粮食与饲料工业, 2008, 5: 45-48.
- [70] 顾尧臣. 澳大利亚有关粮食生产、贸易、加工、综合利用和消费情况[J]. 粮食与饲料工业, 2007, 5: 43-47.
- [71] 顾尧臣. 巴西有关粮食生产、贸易、加工、综合利用和消费情况[J]. 粮食与饲料工业, 2006, 4: 44-47.
- [72] 顾尧臣. 日本有关粮食生产、贸易、加工、综合利用和消费情况[J]. 粮食与饲料工业, 2005, 11: 44-47.
- [73] 顾尧臣. 南非有关粮食生产、贸易、加工、综合利用和消费情况[J]. 粮食与饲料工业, 2008, 1: 43-47.
- [74] 谭斌, 任保中. 杂粮资源深加工技术研究开发现状与趋势[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(3): 229-234.
- [75] 谭斌, 谭洪卓, 张晖, 等. 杂粮加工与杂粮加工技术的现状与发展[J]. 粮食与食品工业, 2008, 15(5): 6-10.
- [76] 田晓红, 谭洪卓, 谭斌, 等. 糯小麦粉与普通小麦粉配粉对面条品质影响的研究[J]. 粮油食品科技, 2009, 17(2): 7-12.
- [77] 谭斌, 谭洪卓, 田晓红, 等. 20 种中国蚕豆的烹煮加工适用性分析[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(11): 146-152.
- [78] 谭洪卓, 谭斌, 田晓红, 等. 20 种中国蚕豆的化学组成、物理特性及其相互关系[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(12): 153-166.
- [79] 田晓红, 谭斌, 谭洪卓, 等. 我国主产区高粱的理化性质分析[J]. 粮食与饲料工业, 2009, 4: 10-13.
- [80] 谭洪卓, 谭斌, 高虹, 等. 甘薯淀粉热力学特性及其回生机理探讨[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(3): 21-27.
- [81] 谭洪卓, 谭斌, 刘明, 等. 甘薯淀粉性质与其粉丝品质的关系[J]. 农业工程学报, 2009, 25(34): 286-292.
- [82] 刘艳香, 谭斌, 张敏, 等. 几种高粱粉挤压特性的研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(10): 46-53.
- [83] 刘明, 刘艳香, 张敏, 等. 双螺杆挤压工艺参数对磨头压力及白高粱粉挤压产品品质特性的影响[J]. 食品工业科技, 2009, 30(6): 95-102.
- [84] 谭斌, 谭洪卓, 刘明, 等. 我国全谷物食品发展的必要性与挑战[J]. 粮食与食品工业, 2009, 16(4): 4-8.
- [85] 王盼, 汪丽萍, 吴卫国, 等. 挤压加工对苦荞粉理化性质的影响[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(3): 6-12.
- [86] 汪丽萍, 蔡亭, 郭智慧, 等. 高静压处理对苦荞多酚及抗氧化活性的影响[J]. 中国食品学报, 2009, 24(10): 46-53.
- [87] 韩玲玉, 汪丽萍, 谭斌, 等. 7 种杂粮抗氧化活性及其挤压杂粮粉体外消化特性研究[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(6): 45-52.
- [88] 郭婷, 汪丽萍, 谭斌, 等. 微粉化豌豆粉与小麦复配混合粉的特性研究[J]. 食品科技, 2013, 38(12): 183-187.
- [89] 郭婷, 孙宝国, 汪丽萍, 等. 微粉化豌豆粉理化性质的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(3): 67-70+75.
- [90] 汪丽萍, 田晓红, 刘明, 等. 苦荞超微粉对苦荞小麦混合粉及其挂面品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(1): 1-4.
- [91] 蔡亭, 汪丽萍, 刘明, 等. 超微粉对苦荞多酚及抗氧化活性的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(10): 95-99+106.
- [92] 郭婷, 汪丽萍, 孙宝国, 等. 微粉化豌豆粉对面条理化特性的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(2): 157-162.
- [93] 田晓红, 汪丽萍, 谭斌, 等. 小米粉含量对小米小麦混合粉及其挂面品质特性的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(8): 17-22.
- [94] 汪丽萍, 蔡亭, 刘明, 等. 苦荞挂面加工过程中黄酮含量及抗氧化活性变化研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(6): 119-123.
- [95] WU N, TIAN X, LIU Y, et al. Cooking quality, texture and

- antioxidant properties of dried noodles enhanced with tartary buckwheat flour[J]. Food Science and Technology Research, 2017, 23(6): 783-792.
- [96] WU N, LI H, TAN B, et al. Free and bound phenolic profiles of the bran from different rice varieties and their antioxidant activity and inhibitory effects on α -amylase and α -glucosidase[J]. Journal of Cereal Science, 2018, 82: 206-212.
- [97] WU N, QIAO C, TIAN X, et al. Retrogradation inhibition of rice starch with dietary fiber from extruded and unextruded rice bran[J]. Food hydrocolloids, 2021, 106488.
- [98] QIAO C, ZENG F, WU N, et al. Functional, physicochemical and structural properties of soluble dietary fiber from rice bran with extrusion cooking treatment[J]. Food Hydrocolloids, 2021, 121: 107057.
- [99] LI X, WANG L, JIANG P, et al. The effect of wheat bran dietary fibre and raw wheat bran on the flour and dough properties: A comparative study[J]. LWT, 2023, 173: 114304.
- [100] GAO K, LIU Y, TAN B, et al. An insight into the rheology and texture assessment: The influence of sprouting treatment on the whole wheat flour[J]. Food Hydrocolloids, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107248>.
- [101] ZHANG D, TAN B, ZHANG Y, et al. Improved nutritional and antioxidant properties of hullless barley following solid state fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum*[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2021, <https://doi.org/10.1111/jfpp.16245>.
- [102] LIU Y, GUAN L, MENG N, et al. Evaluation of quality deterioration of dried whole-wheat noodles with extrusion-stabilized bran and germ during storage[J]. Journal of Cereal Science, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103143>.
- [103] 刘艳香, 汪丽萍, 谭斌, 等. 麸胚挤压稳定化处理对全麦挂面品质特性的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(19): 156-163.
- [104] 王娜, 吴娜娜, 谭斌, 等. 糙米干法和湿法微粉碎对面团及面包品质的影响[J]. 中国食品学报, 2020, 20(1): 166-171.
- [105] 刘明, 岳崇慧, 朱运恒, 等. 糙米复配粉中淀粉直/支比对挤压速食粥品质与结构的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(1): 73-78.
- [106] MA Z, ZHANG N, ZHAI X, et al. Structural, physicochemical and functional properties of dietary fiber from brown rice products treated by different processing techniques[J]. LWT, 2023, 182: 113789.
- [107] MA Z, ZHAI X, ZHANG N, et al. Effects of germination, fermentation and extrusion on the nutritional, cooking and sensory properties of brown rice products: A comparative study[J]. Foods, 2023, 12(7): 1542.
- [108] 梁润平. 糙米制品对饲用高脂高糖大鼠糖脂代谢及胰岛素抵抗的影响研究[D]. 山西医科大学, 2018.
- [109] 翟小童, 杨新生, 刘艳香, 等. 米面制品的体外消化特性研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(9): 28-33.
- [110] TAN B, WU N, ZHAI X. Solutions for whole grain food development[J]. Nutrition Reviews, 2020, 78(S1): 61-68.
- [111] 谭斌. 全谷物营养健康与加工[M]. 科学出版社, 2021.
- [112] van der KAMP J-W, JONES J M, MILLER K B, et al. Consensus, global definitions of whole grain as a food ingredient and of whole-grain foods presented on behalf of the Whole Grain Initiative[J]. Nutrients, 2022, 14: 138. 