

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.03.010

2018—2019 年我国小麦加工 科研概况与建议

林家永

(国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037)

摘要: 为全面了解我国小麦加工研究现状, 从小麦及小麦粉品质、小麦粉制品加工及小麦深加工等方面综述了近 2 年小麦加工研究概况。总结了我国在小麦品质、加工工艺、质量控制、优质馒头和面条加工等研究所取得成效, 并提出未来小麦加工研究进一步发展具体建议, 以期为小麦生产、加工、科研以及政策制定等提供参考。

关键词: 小麦加工; 小麦粉制品; 深加工; 科研现状

中图分类号: TS211.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)03-0061-08

网络首发时间: 2020-04-17 10:37:37

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20200417.0931.001.html>

The overview and recommendations of China's wheat processing research in 2018-2019

LIN Jia-yong

(Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: In order to comprehensively understand the current status of wheat processing research in China, the study on wheat and wheat flour quality, wheat flour product processing, and wheat deep processing in recent two years were reviewed in this paper. The research achievements on wheat quality, processing technology, quality control, high-quality steamed bread and noodles processing were summarized and specific suggestions for further future development of wheat processing were put forward, with a view to wheat production, processing, scientific research, and policy formulation for reference. This review will hopefully provide reference for wheat production, processing, scientific research and policy formulation.

Key words: wheat processing; wheat flour products; deep processing; research status

小麦是我国三大粮食作物之一, 全国约 40% 的人以小麦为口粮。2019 年我国小麦播种面积为 2 298 万 hm^2 , 产量为 13 106 万 t。2018/19 年我国小麦消费总量为 12 756 万 t。其中食用消费 9 280 万 t, 占 72.7%; 饲料消费 1 800 万 t, 占 14.1%; 工业消费 1 200 万 t, 占 9.4%^[1]。随着经济的发展, 人民生活水平的提高, 对小麦粉及其制品的品质要求也不断提高, 需要进一步加强小麦加工技术

研究, 促进小麦加工产业转型升级发展, 开发更加营养、健康、安全、方便的小麦粉及其制品, 满足广大消费者生活水准日益提升的需求。对近 2 年我国小麦加工加工科研发展概况进行回顾, 并提出若干建议, 以期为小麦生产、加工、科研以及政策制定等提供参考。

1 小麦及小麦粉品质研究

1.1 小麦品质

全国小麦质量和品质数据是小麦生产、流通、加工以及标准制定的重要参考依据。2019 年在我

收稿日期: 2020-02-25

作者简介: 林家永, 1960 年出生, 男, 研究员, 研究方向为粮食加工。

国河北、山西、江苏、安徽、山东、河南、湖北、陕西 8 个小麦主产省共采集小麦样品 1 913 份。检测结果表明整体质量较好。容重均值 793 g/L, 变幅 682~841 g/L, 三等以上的占 96.0%。千粒重均值 43.1 g, 变幅 23.6~55.1 g。不完善粒率均值 3.9%, 其中, 符合国标要求比例为 94.5%。硬度指数平均值 63.7, 变幅 35.0~79.5。降落数值平均值 339 s, 变幅 60~493 s^[2]。

不同地区进行了优质小麦的品质分析。戴波等按《中国好粮油小麦》新标准, 对 2018 年江苏省生产的 26 份小麦样品进行检测和评价。江苏小麦能达到中国好粮油标准的比率不高, 适合种植中筋小麦, 特别是面条小麦^[3]。对 2018 年河南、河北、山东省规模种植的强筋小麦品质进行分析表明, 4 种强筋小麦中师栾 02-1 的烘焙特性最佳^[4]。淮麦 40 新品种在苏皖 19 个区域种植的 40 份样品质量调查表明, 淮麦 40 属于中强筋小麦, 在不同区域种植, 品质差异较大。容重均值 800 g/L, 变幅 746~828 g/L; 粗蛋白均值 14.3%, 变幅 12.5%~15.6%; 面团稳定时间均值 13.0 min, 变幅 1.5~25.0 min^[5]。

小麦质量预测等是一项重要的基础研究。运用 k-均值聚类法对襄麦 25 品种的 15 个样品质量进行综合评判、分类, 可评价出小麦质量的优劣, 指导小麦粉企业优选原料^[6]。焦志莎等研究表明高发芽率小麦对其面筋含量、吸水量、面团形成时间、降落数值都有明显影响。但是当发芽率低于 8% 时, 影响很小^[7]。小麦发芽能显著增加小麦总酚含量, 提高其抗氧化活性, 发芽小麦可作为一种潜在的天然抗氧化剂来源^[8]。

1.2 小麦粉品质

近 2 年主要研究了小麦制粉新装备, 制粉工艺升级改造, 剥皮制粉, 各粉路面粉品质等。在增加胚芽提取率、提高出粉率、简化粉路, 提高产品营养价值等方面取得显著成效。

小麦高速挤切粉碎机新装置能控制产成品粒径, 阻止麦皮进入心磨、提高了胚芽提取率, 与辊式磨粉机配合使用, 所产得小麦粉更优质^[9-10]。对豫北某 550 t/d 小麦粉厂车间的清理和制粉工艺进行改造提升, 做到轻碾细分。出粉率由原来的 72% 提高到 75.2%, 产品质量更稳定^[11]。400 t/d

小麦粉生产线进行清理、制粉工艺技改, 效果明显, 小麦粉灰分在 0.6% 以内的小麦粉总出粉率达 75%, 其中灰分低于 0.5% 的高等级小麦粉出粉率达到 50% 以上^[12]。

采用布勒实验磨制粉, 分别测定中筋、强筋两个小麦不同出粉点面粉的品质。结果表明, 在皮磨粉和心磨粉中, 粗蛋白质含量、吸水率分别随出粉点后移而增加; 面粉面筋含量、面团稳定时间、糊化峰值粘度、崩解值和回升值随出粉点后移呈下降趋势^[13]。李林轩等研究小麦剥皮制粉结果表明, 与传统小麦制粉工艺相比, 小麦剥皮制粉工艺具有润麦时间短, 粉路简化, 电耗低, 出粉率高, 产品营养全等优势^[14]。采用旋风涡流微纳米分离技术, 可有效提取小麦的糊粉层。糊粉层制品添加到面粉中, 可以改善小麦粉营养水平, 可以提高粮食利用率^[15]。

2 小麦粉制品研究

2.1 馒头品质

馒头品质研究主要在馒头制作工艺优化, 面筋、营养配料以及改良剂等与馒头理化指标、质构特性和食用品质的关系, 明显提高了馒头的食用品质和营养水平。

2.1.1 馒头制作工艺优化

丁志理等研究表明, 在蒸制功率为 1 200 W 时, 蒸制时间 25 min, 馒头的比容、白度、弹性及感官评分较高, 硬度较低, 馒头品质良好^[16]。马建秀认为馒头制作需选中筋偏弱筋的小麦, 工艺取粉点要剔除皮磨粉及后路粉, 破损淀粉对馒头组织结构、体积有显著影响, 正确使用添加剂对馒头品质有改良作用^[17]。超声辅助面团发酵制作馒头研究表明。在超声功率密度 21.7 W/L、超声时间 30 min 和酵母添加量 1.22% 条件下, 馒头的综合加权得分最高。与对照相比, 馒头硬度下降了 34.9%, 比容增大了 9.0%^[18]。

2.1.2 添加营养配料与馒头品质

在小麦粉中添加杂粮粉、薯粉、蔬菜粉等营养配料, 起到提高馒头的营养价值, 平衡膳食的作用。张纷等探讨藜麦馒头加工工艺, 确定了藜麦全粉馒头的最佳藜麦全粉添加量为 15%。当酵母添加量 0.75%、发酵时间 100 min、醒发时间 15 min 时, 藜麦全粉馒头的感官评分达到 86.6 分,

比容达到 3.02 mL/g^[19]。高粱经汽爆处理后,不溶性膳食纤维和单宁含量明显下降,抗性淀粉、多酚和黄酮含量明显提高。添加适量的汽爆高粱粉可改善小麦粉面团特性及馒头品质。汽爆高粱粉适宜添加量为 25%,馒头食用品质良好^[20]。添加 30%的苦荞粉制作馒头结果表明,和面、发酵工艺后黄酮、芦丁含量及抗氧化活性均有所增加,蒸馒头后有所下降;黄酮、芦丁含量变化与 DPPH 自由基和 ABTS⁺清除能力之间具有显著相关性^[21]。在小麦粉中添加黑小豆全粉,复配粉的糊化黏度值和峰值时间均显著降低,糊化温度升高。面团形成时间、稳定时间、拉伸曲线面积呈先增加后降低趋势。添加黑小豆全粉后,馒头外观、组织结构、色泽和弹性得分均降低。黑小豆全粉的适宜添加量为 5%~10%^[22]。

张天语等研究添加紫马铃薯全粉对馒头品质的影响。结果表明,添加量超过 30%时,馒头比容明显下降,黏性增大,内部结构差,整体品质下降。添加谷朊粉可改善馒头品质,当紫马铃薯全粉添加量为 50%时,添加谷朊粉 17%,馒头的硬度、比容和感官评分可达到传统小麦粉馒头的水平^[23]。在中筋小麦粉中添加马铃薯粉,研究复配粉的品质变化。随着马铃薯粉添加量的增加,复配粉的灰分增加,面团吸水率呈线性增加,稳定时间和弱化度呈先减小后增加的趋势。添加 35%马铃薯粉和 6.5%谷朊粉的复配粉,可达到馒头专用粉要求^[24]。

胡茂琴等研究确定了紫菜馒头的优化配方为紫菜添加量 1.0%、白砂糖 2.0%、色拉油 5.0%^[25]。随着小麦粉中香菇超微粉添加量增加,面团的发酵性能降低,馒头的硬度、胶着度和咀嚼度显著增加,弹性逐渐下降;馒头的比容和感官评分均呈下降趋势。因此制作香菇超微粉馒头时,添加量以不超过 5%为宜^[26]。

2.1.3 食品添加剂与馒头品质

添加食品乳化剂、亲水胶体、酶制剂等,能提高馒头比容、改善馒头内部结构、咀嚼性、弹性。延缓馒头老化,提高储藏性能。黎金鑫等研究 12 种亲水胶体对馒头品质的影响表明,适量添加瓜尔豆胶、高甲氧基柑橘果胶可降低馒头硬度,提高馒头弹性。添加 0.2%瓜尔豆胶及魔芋胶,

0.2%~1.0%高甲氧基柑橘果胶、阿拉伯胶及乳清水解蛋白,0.6%~1.0%低甲氧基柑橘果胶及酪蛋白钠可使馒头比容显著增加^[27]。添加适量小麦麸皮阿拉伯木聚糖(AX)能降低馒头的硬度和黏性,改善质构特性,提高馒头食用品质,降低馒头的白度。添加量为 0.2%时达到最优值^[28]。在小麦粉中添加 0.5%~2%的醋酸酯淀粉,小麦粉的粉质特性变化较小,面团拉伸指标明显降低。醋酸酯淀粉添加量为 1%时,馒头品质最好^[29]。

添加复合生物酶制剂可改良全麦粉馒头品质。当葡萄糖氧化酶(Gox)添加量 40 mg/kg、戊聚糖酶(Pn)40 mg/kg、纤维素酶(Ce)30 mg/kg 时,馒头比容达到 2.69 cm³/g,较对照样提高 22%;馒头高径比 0.56,挺立度适中;馒头内部结构明显改善,富有弹性^[30]。添加甘草活性成分对馒头有一定的保鲜作用。其中甘草黄酮对馒头的保鲜作用较好,甘草粉和甘草酸对馒头保鲜效果较小^[31]。

2.2 面条品质

面条加工研究主要集中在加工工艺,添加各种谷物粉、薯粉、蔬菜粉以及食品添加剂对面条品质进行改良等。

2.2.1 面条生产工艺优化

于晓磊等研究表明,和面加水量对挂面干燥和产品特性有极显著影响,其次是干燥温度;真空度仅对产品的抗弯强度有显著影响;抗弯强度可作为评价挂面质量的主要指标。提高加水量,可明显提高挂面弯曲距离和弯曲功^[32]。温度和相对湿度对挂面干燥特性有很大的影响。温度越高,挂面的干燥速率越快,平衡含水率越低;相对湿度越低,挂面的干燥速率越快,平衡含水率越低;相对湿度对挂面干燥过程的影响大于温度的影响。Page 模型能很好地反映挂面干燥过程含水率的变化($R^2=0.999\ 6$)^[33]。小麦粉的粒度对制作半干面品质有显著差异。140~160 目小麦粉的粉质质量指数最大,稳定时间最长。所制作的半干面硬度最大,咀嚼性好;180~200 目小麦粉制作的半干面,回复性、弹性、黏聚性表现最好,感官评分最高,适合制作半干面^[34]。

超声辅助面团醒发对面条品质有明显的影 响。超声功率密度为 25.6 W/L 时,面条的弹性增加 15.9%,硬度降低 7.8%,面条的蒸煮特性也有

一定提高; 超声时间 30 min、面胚厚度 6 mm、醒发温度 30 ℃ 时, 面条的综合加权评分最高, 面条品质得到明显改善^[35]。微波处理全麦粉能显著降低全麦粉中的菌落总数和多酚氧化酶 (PPO) 活性, 抑制全麦鲜湿面褐变; 显著提高全麦面团的稳定时间, 增加面团的弹性, 提高面条煮后拉伸力^[36]。

2.2.2 添加营养配料与面条品质

近年来, 添加杂粮粉、薯粉、蔬菜粉等营养配料生产面条, 由于其营养价值高, 对健康有益, 得到消费者认可, 已成为开发热点。申丽媛等对杂粮面条工艺配方进行优化, 确定了最佳工艺配方为小米粉添加量 17%、玉米粉 14%、谷朊粉 4%、木薯淀粉 12%, 所制的杂粮面条综合评分最高^[37]。以玉米粉、小麦粉、黄豆粉、小米粉等为原料, 用挤压工艺制备多谷物面条。优化配方为玉米粉 45%、小麦粉 40%、荞麦粉 8%, 黄豆粉 3.5%, 小米粉 3.5%。由乳清蛋白 (WP)、黄原胶 (XG) 和谷氨酰胺转氨酶 (TGase) 组成的复合改良剂优化配比为 XG 0.3%、WP 1.5% 和 TGase 0.07%^[38]。张宇等研究表明, 随着改性绿豆粉添加量增加, 绿豆-小麦配合粉面团的形成时间、稳定时间、粉质质量指数急剧下降。当改性绿豆粉添加量 ≤ 20% 时, 绿豆面条可接受度接近小麦面条^[39]。

在小麦粉中添加 30% 马铃薯全粉生产挂面, 优化的品质改良剂配方为食用盐 0.31%、碳酸钠 0.12%、魔芋精粉 0.34%、谷朊粉 2.80%、聚丙烯酸钠 0.11%。挂面蒸煮损失率为 3.73%, 熟断条率为 3.0%, 感官评分达到 91.5 分^[40]。辛世华等研究表明马铃薯面条优化配方为马铃薯泥添加量为 15%、食盐 3.6%, 面条的综合评分值为 0.774 5, 与理论综合评分值 0.781 7 接近^[41]。以高筋小麦粉、红薯粉为原料, 添加适当的添加剂制作红薯挂面, 当红薯粉添加量 9.0%, 食盐 3.0%, 纯碱 0.10%, 海藻酸钠 0.30%, 红薯挂面的口感最佳^[42]。在小麦粉中添加紫薯全粉的优化工艺参数为紫薯全粉 30%、谷朊粉 2%、柠檬酸 0.4%。所制作的鲜切面条在 4 ℃ 下冷藏时间越短, 蒸煮品质越好^[43]。

李波等研究表明, 随金针菇添加量增多, 面条的吸水率、延伸率、断条率、烹煮损失呈增加趋势; 白度则逐渐降低, 硬度、胶着性、咀嚼性

和最大剪切力呈先降低后上升趋势, 金针菇粉添加量超过 7.5% 时感官评分显著降低。金针菇粉添加量不超过 5% 时, 面条品质与对照相近^[44]。以胡萝卜、小麦粉为主要原料, 制作胡萝卜营养面条, 其优化配方为小麦粉 100 g, 胡萝卜粉 9 g, 食用碱 0.07 g, 食盐 2.5 g, 水 35 g^[45]。添加小叶芹、刺嫩芽、婆婆丁的汁液, 制作野菜营养面条的优化配方为以小麦粉质量为 100%, 添加小叶芹汁 12%、刺嫩芽汁 11%、婆婆丁汁 6%, 制得面条的断条率低, 综合分数最高, 感官品质佳^[46]。

2.2.3 食品添加剂与面条品质

用谷朊粉、硬脂酰乳酸钠 (SSL)、单甘脂 (GMS) 等为添加剂对全麦面条品质进行改善。结果表明, 谷朊粉能有效改善全麦面条的品质, 随着谷朊粉添加量的增加 (1%~3%), 全麦面条溶出率和吸水率逐渐降低, 但添加量达到 3% 后, 全麦面条的品质趋于稳定。乳化剂对全麦面条的溶出率和吸水率影响不显著^[47]。面条复合增筋剂, 可提高面条的食用品质, 当马铃薯淀粉 3.36%, 三聚磷酸钠 1.00%, 卡拉胶 0.10%, 谷朊粉 4.62% 时, 制作的面条品质最优^[48]。适量添加谷朊粉、氯化钠和海藻酸钠, 可提高面条硬度和弹性, 降低面条的蒸煮损失率。对面条感官品质影响顺序分别为醒发时间 > 海藻酸钠 > 谷朊粉 > 食盐^[49]。

2.3 主食面包品质

2.3.1 面包生产工艺优化

毛凤鑫等对超强筋济麦 229 小麦粉的面包烘焙研究表明, 在面团醒发时间 30 min、面包胚醒发时间 50 min 时, 面包的品质最好。干酵母和糖用量分别为 6 g 和 24 g^[50]。面包烘烤条件对感官品质的影响大小次序为烘烤时间、上火温度、上火温度。面包烘烤优化参数组合为上火温度 190 ℃, 下火温度为 180 ℃, 时间 20 min。面包感官品质得分高达 91 分^[51]。

2.3.2 添加营养配料与面包品质

杨利玲等对黑米吐司面包的工艺进行研究表明, 其优化配方为面包粉与黑米粉质量比 93 : 7、酵母 1.2%、起酥油 10%、白砂糖 11%、烘焙专用粉 2.5%、改良剂 0.6%、鸡蛋 10%、盐 1%、水 43%。烘焙条件为上火 180 ℃、下火 175 ℃, 烘烤时间

35 min。黑米吐司面包外形饱满,呈棕紫色,内部组织细密均匀,风味独有,营养价值高^[52]。通过单因素和正交实验确定了黑米红枣复合营养面包的优化配方为高筋小麦粉 100 g、水 40 g、鸡蛋 10 g、食盐 0.5 g、白砂糖 20 g、黑米粉 4 g、红枣泥 3 g、酵母 2.0 g、奶粉 5 g,所制的面包呈淡紫色、细腻松软、香气浓郁,风味和口感独特^[53]。王燕研究大豆蛋白面包工艺表明,当添加大豆分离蛋白 2.0%、绵白糖 14.0%、酵母 2.0%、面包改良剂 1.0%时,面包感官评分最高,面包质地细腻均匀,松软可口,提高了面包的营养价值^[54]。

马铃薯全粉能提高小麦粉的吸水率,增加面团的形成时间和稳定时间;添加马铃薯能显著提高面包的硬度、弹性和咀嚼性,降低黏聚性;提高面包感官品质^[55]。马铃薯全粉在面包中的应用研究表明,马铃薯全粉添加量 15%时,可改善面包的焙烤特性,增大面包的体积,降低面包的硬度和咀嚼度,增加面包的弹性和回复性,改善面包的质地和口感^[56]。罗慧等对马铃薯全粉-小麦复配粉面包的烘焙品质进行优化。添加 15%以上的马铃薯全粉对面包比容、质地及感官品质均有明显负面影响,添加谷朊粉、谷氨酰胺转氨酶能改善面包品质。优化配方为马铃薯粉 26%、谷朊粉 2.0%、TG 酶 0.13%,面包的综合评分最高^[57]。

廖珺等研究了绿茶面包加工工艺及贮藏稳定性。明确超微绿茶粉适宜添加量为 4%,工艺条件为发酵时间 90 min,烘烤温度 190℃,烘烤时间 8 min。绿茶面包感官评分达到 93 分,具有独特的茶叶风味^[58]。灵武长枣面包的研制结果表明,最佳配方为高筋面粉 250 g、黄油 20 g、白砂糖 20 g、鸡蛋 30 g、灵武长枣粉 36 g、盐 2 g、活性干酵母 2 g、水 90 g;最佳工艺为发酵时间 90 min、烘烤温度 180℃、烘烤时间 15 min。灵武长枣面包口感松软,有枣特征风味,感官评价为 81 分^[59]。

2.3.3 食品添加剂与面包品质

孙文佳等研究表明,酶法改性后的谷朊粉结构松散,组织呈片状,添加到小麦粉中能增加小麦粉筋度,有良好的加工特性。改性谷朊粉用于面包烘焙,能使面包内部蜂窝均匀、质地细腻、香软可口,改善了面包的口感^[60]。添加 α -淀粉酶能明显增大面包体积,改善口感和滋味;添加脂

肪酶能改善面包色泽和切面纹理结构,但面包体积减小,口感发粘;添加木聚糖酶能加速面团的发酵。三种酶制剂复合使用时,能产生协同效应,有效改善杂粮面包品质^[61]。天然复合面包发酵剂研制结果表明,发酵剂中酿酒酵母、乳酸明串珠菌和植物乳杆菌的最适配比为 1 : 1.5 : 1.5,所制作的面包比容和硬度均优于普通酵母面包;复合发酵剂能显著降低储藏期内面包芯硬度和老化焯,延缓面包老化,面包中挥发性风味物质种类增加了 11 种^[62]。麦芽糖淀粉酶 (Novamyl) 对面包质构改良研究结果表明,在面包烘焙过程中,麦芽糖淀粉酶可水解部分支链淀粉,阻止面包瓤中淀粉重结晶及淀粉与面筋蛋白质的交联,减缓面包中淀粉的老化回生,一定程度上改善了面包品质^[63]。

2.4 其他小麦粉制品

艾志录等研究 22 个小麦粉品质特性与速冻饺子皮品质的关系表明,速冻饺子皮的弹性与粉质质量指数呈显著正相关;黏聚性与淀粉含量、灰分含量、湿面筋含量呈显著负相关;回复力与粉质质量指数呈显著负相关,与拉伸阻力、拉伸比例、最大拉伸比例呈显著正相关。适合做饺子皮的小麦品种有济麦 4 号,豫麦 49-198,郑麦 9023^[64]。速冻水饺用小麦粉的优化指标为水分含量 $\leq 14.5\%$ 、蛋白质 $\geq 11\%$ 、湿面筋 28%~35%、沉淀值 50~55 mL、糊化温度 61~63℃、峰值黏度 > 1200 BU、吸水率 58%~65%、形成时间 3~6 min、稳定时间 ≥ 3.5 min、评价值 > 50 、抗延阻力 400~550 BU、延伸性 > 15 cm、拉伸面积 > 100 cm²^[65]。

赵欣怡等研究燕麦、荞麦、糜子、青稞四种杂粮粉对速冻水饺品质的影响表明,随着杂粮添加量的增加,饺子皮的速冻失水率均逐渐降低;四种杂粮粉添加量为 20%时,冻裂率分别为 2.88%、3.42%、4.77%、4.92%,均低于对照样品的 4.98%;燕麦速冻水饺感评分最高^[66]。李芮芷等研制荞麦饺子粉表明,荞麦粉与小麦粉比例为 2 : 8 时,面团的各项特性较为优良,饺子品质较好,营养价值较高^[67]。

3 小麦深加工研究

主要开展了小麦胚芽、麸皮以及小麦蛋白、淀粉及其制品等深度加工研究。

3.1 小麦胚芽深加工

小麦胚芽含有优质蛋白质和脂肪、各种微量元素和维生素以及活性物质，为优质食品原料。小麦胚芽粉主要加工工艺为选料、烘焙、降温、超微粉碎、成品包装等。重要的工艺是烘焙过程。前段烘烤过程温度为 220~300℃，进行灭酶；中段烘烤温度为 180~220℃，降低胚芽水分含量；最后是降温烘烤（120~180℃），使水分降至 1.7%~2.5%。超微粉碎制成产品^[68]。曾祺等研究麦胚蛋白提取及其多肽制备工艺结果表明，在料液比 1:16 (g/mL)、提取温度 60℃、pH 为 10 的条件下，麦胚蛋白的得率达 35.4%。在加酶量 15 000 U/g、酶解温度 60℃、pH 8.5、底物质量浓度 5% 的条件下，麦胚蛋白的水解度达到 33.6%^[69]。以小麦胚芽为原料，通添加谷氨酸和吡哆素制备 γ -氨基丁酸 (GABA)。优化的反应条件为谷氨酸添加量为 80 g/L，反应液 pH 为 5.6，小麦胚芽中的谷氨酸脱羧酶酶活最高，在 40℃ 反应 4 h，可生成 GABA (35.42±2.19) mg/L (RSD=1.94%)^[70]。

3.2 小麦麸皮深加工

小麦麸皮主要成分为纤维素，还含有多种营养和活性成分，是重要的保健食品原料。邢家溧等综述了近年来麦麸膳食纤维的提取加工方式，特性（凝胶性、黏稠性、水合特性、持油性）及其在食品应用^[71]。豆康宁等从物理、化学、生物等方面论述麦麸不溶性膳食纤维提取方法，阐明各工艺流程与特点。目前食品工业常用碱法提取麦麸不溶性膳食纤维，酶法和发酵法提取是今后发展方向^[72]。超高静压改性麦麸与其功能性质的关系研究表明，在麦麸粒度 40 目、处理时间 20 min、压强 400 MPa、麦麸质量分数 20% 条件下，麦麸可溶性膳食纤维质量分数最高。电镜观察显示超高静压破坏了麦麸膳食纤维的结构，使其结构变得疏松^[73]。

小麦麸皮多糖具有免疫调节、抗氧化、抗衰老和预防心脑血管疾病等作用。朱翠玲等对国内外小麦麸皮多糖的提取方法、分离纯化、结构分析以及生物活性的研究进行了综述，为相关生产企业提供参考^[74]。小麦麸皮低聚糖的预处理条件和提取工艺研究结果表明，蒸煮优化工艺为乙

酸添加量 0.15%、蒸煮温度 160℃、蒸煮时间 20 min，可溶性戊聚糖得率最高。木聚糖酶酶解优化工艺参数为木聚糖酶添加量 0.20%、酶解 pH 值 5.0、酶解时间 4 h、酶解温度 45℃，可溶性戊聚糖溶出率达到 27.7 g/L^[75]。

3.3 小麦淀粉深加工

小麦淀粉是小麦的主要组成成分，是深加工的重要原料。王柱等研究表明，G4 淀粉酶和 β -淀粉酶对小麦淀粉老化均有显著的抑制作用。 β -淀粉酶的最优酶解工艺条件为酶解时间 30 min、酶解温度 52.5℃、加酶量 0.13%。与对照相比，酶解处理小麦淀粉的析水率降低 32.6%、溶解度升高 10.5%、膨胀度升高 44.4%^[76]。与普通加热糊化相比，高压加热、超声-微波协同加热、微波加热小麦淀粉，糊化效率高，样品黏度较小^[77]。

3.4 小麦蛋白深加工

关于小麦蛋白深加工近 2 年研究较少。康连虎等综述了小麦低聚肽的酶解方法以及抗氧化活性、血管舒张活性、降低胆固醇、降低血压、健脾等生物活性功能的最新研究进展，展望了小麦低聚肽在食品、饲料等方面的应用前景^[78]。张玲玲等对小麦面筋蛋白去酰胺与磷酸化改性研究表明，最优条件为反应温度 45℃，pH 值 9，时间 30 min，多聚磷酸钠添加量 25%，改性后小麦面筋蛋白的功能性质有明显提高^[79]。

4 建议

近 2 年我国在小麦品质、加工工艺、小麦粉制品以及小麦深加工等方面的科研取得显著成效，但还有许多问题有待解决，需要进一步加强小麦加工的科研工作，为加快实现小麦加工转型升级提供强力支撑。

加强小麦品质研究，对全国小麦质量进行更全面测报，特别是以最终产品为目标的小麦品质，完善小麦品质地图；对各年度小麦品质数据做深入分析，阐明各品质之间的相互联系，建立品质评价优化模型，探究品质评价新方法，指导小麦生产、流通、加工以及政策和标准的制定。

深入开展小麦适度加工基础研究，明确适度加工与食用品质、营养品质等的变化规律，优化工艺控制技术，提高小麦粉营养价值。开发优质


全麦粉、营养馒头、面条、饺子、主食面包等专用粉等新产品。

进一步开展主食产业化研究,明确淀粉回生与老化、面筋形成机理与品质等关系,建立相关预测模型,开发方便主食馒头、挂面以及应急新产品。探究高含量营养配料添加新路径,开发多谷型、薯类型、果蔬型面制主食新产品。

深度开发小麦谷朊粉的新用途,应用挤压、生物酶等技术,研发组织化蛋白、酶改性谷朊粉、低聚肽、氨基酸等新产品。利用小麦淀粉研制各种抗性淀粉、变性淀粉、低聚糖、单糖等新产品。

参考文献:

- [1] 2018 年中国小麦和面粉发展回顾, 2019 年 7 月面粉进出口情况及 2019 年产量情况预测[R]. <http://www.chyxx.com/industry/201910/800061.html>, 2019-10-31.
- [2] 国家粮食和物资储备局质量标准中心. 2019 年新收获小麦质量调查情况的报告[R]. http://www.lswz.gov.cn/html/ywzd/bzzl/2019-09/25/content_246667.shtml, 2019-09-25.
- [3] 戴波, 张祎. 2018 年江苏省部分小麦品种品质分析与评价[J]. 现代面粉工业, 2019(4): 16-17.
- [4] 贾祥祥, 韩耀光, 王圣宝, 等. 2018 年部分地区强筋小麦及普通小麦品质分析[J]. 现代面粉工业, 2019(2): 20-27.
- [5] 丁卫新. 同一品种小麦异地种植品质调研[J]. 现代面粉工业, 2019(2): 15-19.
- [6] 舒服华. 基于 k-均值聚类的小麦质量评价[J]. 现代面粉工业, 2018(2): 27-30.
- [7] 焦志莎, 武建锋, 贾新国, 等. 小麦发芽率对小麦品质的影响[J]. 粮食储藏, 2019(1): 46-48.
- [8] 金丹, 徐颖, 王敏, 等. 小麦发芽过程中酚类物质及其抗氧化活性的变化[J]. 食品与发酵工业, 2019(5): 199-202.
- [9] 王洪福. 新型小麦制粉工艺技术装备研究(一)[J]. 现代面粉工业, 2018(3): 1-6.
- [10] 王洪福. 新型小麦制粉工艺技术装备研究(二)[J]. 现代面粉工业, 2018(4): 8-12.
- [11] 李东森, 杨磊, 刘江. 550t/d 小麦制粉厂工艺技术改造[J]. 现代面粉工业, 2018(6): 1-7.
- [12] 刘春光, 王晓东, 毕湘鑫. 日处理小麦 400 t 面粉生产线的技术改造[J]. 现代面粉工业, 2018(1): 1-5.
- [13] 曹阳, 张强涛. 不同筋力小麦各粉路面粉品质变化趋势的分析[J]. 现代面粉工业, 2018(2): 1-4.
- [14] 李林轩, 李硕, 黄鹏. 浅析小麦剥皮制粉工艺技术[J]. 现代面粉工业, 2018(3): 7-9.
- [15] 刘春光. 小麦糊粉层的分离及其产业化发展[J]. 现代面粉工业, 2019(2): 28-33.
- [16] 丁志理, 刘长虹. 不同蒸制条件对馒头品质的影响[J]. 粮食加工, 2019(2): 1-5.
- [17] 马建秀. 馒头用小麦粉品质改进的技术措施[J]. 现代面粉工业, 2018(2): 14-16.
- [18] 吴若言, 罗登林, 张康逸, 等. 超声辅助面团发酵对馒头品质的影响及工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2018(17): 95-101.
- [19] 张纷, 赵亮, 靖卓, 等. 藜麦-小麦混合粉面团特性及藜麦馒头加工工艺[J]. 食品科学, 2019(14): 323-332.
- [20] 孔峰, 王岚, 陈洪章. 汽爆高粱全粉馒头的研制[J]. 食品工业科技, 2018(15): 200-204.
- [21] 刘艳香, 汪丽萍, 蔡亭, 等. 馒头加工过程中苦荞生物活性稳定性研究[J]. 中国食品学报, 2019(5): 149-154.
- [22] 王军, 程晶晶, 王周利, 等. 黑小豆超微全粉对面团流变学特性及馒头品质的影响[J]. 中国食品学报, 2019(1): 103-110.
- [23] 张天语, 曹燕飞, 张凤婕, 等. 高添加量紫马铃薯全粉馒头的研制[J]. 食品研究与开发, 2019(7): 84-89.
- [24] 邓家汶, 陈志成, 李明月. 小麦粉中马铃薯全粉添加量对面团品质的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2018(6): 9-14.
- [25] 胡茂芬, 徐向波, 何晓芳, 等. 紫菜馒头的配方优化及质构探究[J]. 粮食与油脂, 2019(4): 51-54.
- [26] 赵玲玲, 王文亮, 王月明, 等. 香菇超微全粉对面团特性及馒头品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2018, 26(3): 36-40.
- [27] 黎金鑫, 朱运平, 滕超, 等. 十二种常见亲水胶体对馒头品质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2018(11): 248-252.
- [28] 马瑞杰, 温纪平, 徐启恩. 阿拉伯木聚糖添加量对馒头品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018(3): 47-51.
- [29] 赵俊芳, 吕银德. 醋酸酯淀粉对面粉加工特性及馒头品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2019(19): 42-46.
- [30] 刘丽娅, 岳颖, 蔺艳君, 等. 复合酶制剂对全麦馒头品质的改良作用[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(2): 14-19.
- [31] 杨小芝, 郭嘉林, 李超敏, 等. 甘草活性成分对馒头保鲜作用的研究[J]. 粮食与油脂, 2018(6): 35-36.
- [32] 于晓磊, 王振华, 张影全, 等. 加工工艺对挂面干燥及产品特性的影响[J]. 中国食品学报, 2018(10): 144-154.
- [33] 武亮, 张影全, 王振华, 等. 挂面干燥特性与模型拟合研究[J]. 中国食品学报, 2019(8): 119-129.
- [34] 王远辉, 余晓宇, 任雪寒. 不同粒度区间小麦粉对半干面品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018(10): 51-56.
- [35] 罗登林, 杨园园, 吴若言, 等. 超声辅助面团醒发对面条品质的影响[J]. 食品科学, 2019(1): 102-107.
- [36] 赵梅, 韩传武, 宋俊男, 等. 微波处理对全麦理化性质及全麦鲜湿面品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(1): 18-23.
- [37] 申丽媛, 尹恣强, 吴婷婷, 等. 杂粮面条工艺配方的优化[J]. 粮食与油脂, 2019(6): 53-56.
- [38] 齐婧, 吕莹果. 多谷物面条的配方优化[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018(3): 58-64.
- [39] 张宇, 陈远文, 段丹, 等. 挤压改性绿豆粉对小麦粉加工及其面条品质特性的影响[J]. 食品工业科技, 2019(20): 36-41.
- [40] 杨健, 康建平, 张星灿, 等. 高含量马铃薯全粉挂面品质改良剂的研究[J]. 粮油食品科技, 2019, 27(5): 14-20.
- [41] 辛世华, 韩小珍, 王彩霞, 等. 马铃薯面条的配方优化[J]. 食品研究与开发, 2019(10): 109-114.
- [42] 孙若斌, 柳昊杰, 吴文举. 红薯挂面加工工艺研究[J]. 农产品加工, 2018(6): 23-24.
- [43] 梅新, 施建斌, 隋勇, 等. 紫薯全粉面条制作工艺研究[J]. 食

- 品工业, 2018(5): 38-44.
- [44] 李波, 靳羽慧, 聂远洋, 等. 金针菇添加形式对面条品质特性的影响[J]. 食品工业科技, 2019(7): 57-63.
- [45] 金山, 孙小凡. 胡萝卜营养面条的研制[J]. 农产品加工, 2018(18): 13-15.
- [46] 葛丽丽. 山野菜营养面条的研制[J]. 粮油食品科技, 2019(2): 34-38.
- [47] 陈佳佳, 任国宝, 任晨刚, 等. 谷朊粉、乳化剂对全麦面条品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2018(6): 72-75.
- [48] 陈雅平. 复合增筋剂对面条品质的影响参数优化研究[J]. 农产品加工, 2019(16): 20-22.
- [49] 王丽, 李淑荣, 句荣辉, 等. 改良剂及醒发时间对马铃薯全粉面条品质特性的影响[J]. 现代食品科技, 2018, 34(5): 182-188.
- [50] 毛凤鑫, 王灿国, 李豪圣, 等. 超强筋小麦粉面包烘焙技术研究[J]. 食品科学技术报, 2019, 37(1): 78-83.
- [51] 李英博, 豆康宁. 烘烤条件对面包品质影响的研究[J]. 现代面粉工业, 2018(1): 16-18.
- [52] 杨利玲, 李香香, 马瑞霞, 等. 黑米吐司面包的工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2019(5): 15-19.
- [53] 郑文悦, 于晨, 霍春燕, 等. 黑米红枣复合营养面包的研制[J]. 农产品加工, 2019(1): 1-3.
- [54] 王燕. 大豆蛋白面包工艺优化及其品质特性研究[J]. 粮食与油脂, 2018(8): 55-59.
- [55] 纳日. 马铃薯全粉流变学特性及其在面包中的应用研究[J]. 粮食与油脂, 2018(9): 63-67.
- [56] 赵月, 吕美. 马铃薯全粉在面包中的应用研究[J]. 粮食加工, 2019(5): 54-57.
- [57] 罗慧, 张佳佳, 姬燕, 等. 马铃薯雪花全粉-小麦复合粉面包的烘焙品质优化[J]. 食品与发酵工业, 2019(8): 136-141.
- [58] 廖璐, 王焯军, 苏有健, 等. 绿茶面包加工工艺优化及贮藏稳定性评价[J]. 食品与发酵工业, 2019(7): 180-187.
- [59] 张莘莘, 李喜宏, 杨莉杰, 等. 灵武长枣面包的研制[J]. 食品工业, 2018(6): 161-163.
- [60] 孙文佳, 付博菲, 徐同成, 等. 酶法改性谷朊粉对低筋面粉面团及面包加工品质的影响[J]. 食品工业, 2018(4): 103-106.
- [61] 李雅琪, 朱金鹏, 龚雨辰, 等. 酶制剂对杂粮面包品质的影响[J]. 现代面粉工业, 2019(5): 17-21.
- [62] 吴佳静, 张娟, 李江华, 等. 天然复合面包发酵剂的制备与性能分析[J]. 食品与发酵工业, 2018(6): 43-50.
- [63] 李守宏, 徐清. 麦芽糖淀粉酶对面包质构改良的探讨[J]. 现代面粉工业, 2018(1): 21-26.
- [64] 艾志录, 王笑, 潘治利, 等. 不同品种小麦粉品质特性对速冻饺子皮品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019(10): 66-71.
- [65] 黄姗, 赵凯, 刘宁. 面粉品质对速冻饺子皮品质影响的研究[J]. 农产品加工(学刊), 2018(20): 14-18.
- [66] 赵欣怡, 童群义. 几种杂粮粉对速冻水饺品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018(10): 72-77.
- [67] 李芮芷, 王东伟, 丛馨哗, 等. 荞麦饺子粉的研制[J]. 粮食加工, 2018(3): 7-10.
- [68] 韩彬, 刁娟. 小麦胚芽粉的加工技术[J]. 食品安全导刊, 2018(6): 111.
- [69] 曾祺, 郑安娜, 张志国. 麦胚蛋白的提取及其酶解制备多肽工艺参数优化[J]. 粮食与油脂, 2019(6): 20-24.
- [70] 季妮娜, 姚鑫森, 管立军, 等. 利用小麦胚芽制备 GABA[J]. 食品工业科技, 2018(14): 137-141.
- [71] 邢家溧, 杜志红, 周静, 等. 麦麸膳食纤维加工和利用研究进展食品研究与开发[J]. 2019(3): 195-199.
- [72] 豆康宁, 王飞. 麦麸不溶性膳食纤维的提取方法[J]. 现代面粉工业, 2019(2): 34-36.
- [73] 苗宇叶, 姚亚亚, 刘阳星月, 等. 超高静压改性麦麸对其功能性质的影响[J]. 食品科学, 2019(19): 164-171.
- [74] 朱翠玲, 陈亮, 沈婷, 等. 小麦麸皮多糖的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2019(2): 163-167.
- [75] 高雅君, 丁长河, 阮文彬, 等. 小麦麸皮低聚糖生产中高温预处理条件及其提取工艺优化[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018(3): 26-31.
- [76] 王柱, 史腾轩, 王思宇, 等. 响应面优化小麦淀粉抗老化酶解工艺[J]. 食品研究与开发, 2019(17): 116-122.
- [77] 姜倩倩, 高娜, 田耀旗, 等. 新型加热处理对小麦淀粉性质的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2019(11): 67-71.
- [78] 康连虎, 曹川. 小麦低聚肽酶解方法及生物活性研究进展[J]. 粮食与油脂, 2019(5): 1-3.
- [79] 张玲玲, 李永祥. 小麦面筋蛋白去酰胺与磷酸化改性的研究[J]. 农产品加工, 2018(11): 1-5. 
- 备注:** 本文作者为本刊第四届编委会副主任委员、本刊编辑部责任编辑。