

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.03.001

2018 年我国稻谷加工 科研回顾与展望

林家永, 谭云, 陈文雅

(国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037)

摘要: 为全面深入了解我国稻谷加工科研现状, 从成品大米加工、大米制品加工及大米深加工等方面回顾了 2018 年稻谷加工科研状况。指出在稻谷品质、加工工艺、质量控制、营养米、重组米、专用米等研究方面虽取得较大进展, 但仍需进一步加强稻谷加工的科研工作。并提出下一步发展具体建议, 以期为稻谷生产、加工、科研以及政策制定等提供参考。

关键词: 大米加工; 米制品; 深加工; 科研现状

中图分类号: TS213.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2019)03-0001-08

Research status of rice processing in China in 2018 and suggestions

LIN Jia-yong, TAN Yun, CHEN Wen-ya

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

Abstract: The current situation of research on processing of rice, rice products and rice deep processing in China in 2018 was expounded. It is pointed out that although great progress has been made in the research of rice quality, processing technology, quality control, nutritional fortified rice, reconstituted rice and special purpose rice, it is still necessary to further strengthen the research work on rice processing. It also puts forward the suggestions for further development in order to provide reference for rice production, processing, scientific research and policy formulation.

Key words: rice processing; rice product; deep processing; research status

稻谷是我国主要粮食作物之一, 全国约三分之二的人以大米为主要食粮。2017 年我国稻谷播种面积为 3 074.7 万 hm^2 , 产量为 21 267.7 万 t。2017 年我国稻谷消费总量 18 511 万 t, 其中食用消费 15 700 万 t, 占 84.8%; 饲料消费 1 380 万 t, 占 7.5%; 工业消费 1 300 万 t, 占 7.0%^[1]。稻谷加工技术直接影响到人民生活水平和食品工业发展, 不断提高成品大米及其制品的质量, 开发更营养、更美味、更方便产品, 满足广大消费者需求, 需要进一步深入开展稻谷加工科学技术研究, 并为促进稻谷加工产业转型升级提供技术支撑。本文综述 2018 年我国稻谷加工科研状况, 提出下

一步发展具体建议, 以期为稻谷生产、加工、科研以及政策制定等提供参考。

1 成品大米加工研究

1.1 大米品质、加工工艺和质量控制研究

在稻米品质方面, 对我国主产区稻谷收获质量、理化性质、食用品质进行了测报; 研究了惰性粉对成品大米外观及蒸煮品质, 烘干温度对早籼稻谷品质, 以及包装材料对大米品质影响等。

2017 年在全国开展了新收获稻谷质量测报, 采集检测样品 3 439 份。基本掌握了新收获稻谷总体质量情况, 为完善粮食收购政策, 做好粮食收购工作提供了重要依据。早籼稻采集了安徽、江西、湖北、湖南、广东、广西 6 省(区)样品 602

收稿日期: 2019-02-18

作者简介: 林家永, 1960 年出生, 男, 研究员。

份, 平均出糙率 78.5%, 一等至五等比例分别为 51.6%、33.6%、11.4%、2.1%、1.0%; 平均整精米率 54.5%, 其中达到一等要求 (50%) 的占 69.7%。不完善粒含量平均值 3.1%。2017 年 6 省 (区) 早籼稻整体质量平稳。优质早籼稻品种达标率总体仍偏低。湖北省优质达标率为 7.2%, 广东省为 11.7%。

中晚籼稻采集了安徽、江西、河南、湖北、湖南、广东、广西、四川 8 省 (区) 样品 1 872 份, 平均出糙率 77.2%, 一等至五等的比例分别为 16.7%、43.9%、27.4%、7.5%、3.09%。整精米率均值 57.3%, 其中不低于 50% (一等) 的比例为 82.0%。优质中晚籼稻福建省全项目符合国家优质籼稻标准的比例为 7.8%; 湖北由于优质稻粒型较长, 不完善粒偏高, 从而影响优质稻达标率, 达到优质稻谷二等标准为 2.2%, 三等为 11.6%。

粳稻采集了辽宁、吉林、黑龙江、江苏、安徽 5 省样品 965 份。粳稻整体质量好于上年, 出糙率均值 80.3%, 一等至四等的比例分别为 57.7%、29.1%、10.8%、2.4%。整精米率均值 69.1%, 不低于 55% (三等) 的比例为 98.6%。全项目符合国家优质粳稻标准的比例分别为: 辽宁为 56.0%, 吉林为 90.1%, 黑龙江大部分指标达到了国家优质粳稻标准^[1]。

辽宁省 2015~2017 年稻谷质量和品质数据分析对比表明, 2017 年稻谷总体质量与 2016 年基本持平, 一等比例为 49.2%, 比前两年分别高出 6.5% 和 15.6%, 出糙率、整精米率低于 2016 年, 不完善粒升高 0.46%; 营口、辽阳、铁岭局部地区受气象影响, 质量有所下降^[2]。浙江省 11 个地区的大米产品抽查结果表明, 2013~2017 年五年期间浙江省这些地区的大米质量相对较好, 平均合格率达到 94%。但还存在碎米、重金属镉、水分、不完善粒超标等问题, 需引起广泛重视, 加强质量控制, 防止劣质大米流入市场^[3]。周显青等对湖北省 115 份中晚籼稻样品理化特性、糊化特性以及米饭食味进行测定。长宽比、直链淀粉含量、蛋白质含量、碘蓝值与多数 RVA 糊化特性指标间均呈显著相关。直链淀粉含量和 RVA 糊化特性指标与米饭食味相关性较强, 更能反映出米

饭食味品质^[4]。夏凡等探索了 10 种大米理化性质与食用品质相关性。表明粗脂肪含量与米饭膨胀体积成极显著负相关。直链淀粉含量与峰值粘度和最终粘度成显著正相关, 与回生值成极显著正相关; 直链淀粉含量与米饭的硬度、凝聚性、胶黏性、回弹性成极显著正相关; 脂肪酸值与硬度、胶黏性、咀嚼性成显著负相关; 直链淀粉含量是影响米饭品质最关键的因素^[5]。毕文雅等研究表明, 添加食品级惰性粉后, 粳米和籼米外观变化明显, 随浓度增加, 米粒表面白色斑点逐渐增加^[6]。李佳佳等采用 50、60、70 等将新收获的早籼稻烘干至安全水分时, 表明随着烘干温度增加, 稻谷裂纹粒率逐渐增加, 整精米率和出糙率逐渐降低; 低温烘干有利于保持稻谷品质, 不利于烘干效率^[7]。Gustavo 等采用固定床干燥机在不同温度下干燥水稻, 随着温度升高, 脱壳出米率降低, 胚乳裂纹产生。与 20 相比, 100 干燥的黑米蒸煮时间、硬度、粘附性、水溶性蛋白质均有所降低。粘度峰值和崩解粘度增加, 糊化温度、最终粘度降低^[8]。

添加脂肪酸可使淀粉的糊化温度降低, 弹性和咀嚼度值变大, 硬度和黏附性值减小, 可改善大米淀粉的热性质和质构品质。当添加量为 4% 时, 效果最佳^[9]。在不同蒸煮时间下, 发芽糙米中 γ -氨基丁酸含量均有所增加, 植酸含量和谷维素含量均降低, 其中蒸煮 20 min 时, 发芽糙米 γ -氨基丁酸含量增幅最大, 为 66.3%; 谷维素含量损失最小^[10]。在高温、高湿条件下, 高阻隔性包装材料能有效延缓大米品质的劣变, 延长大米储藏期^[11]。与干法粉碎相比, 珍桂、双桂、桂朝和越南香米四种大米经低温润米粉碎后, 大米破损淀粉含量分别从原来的 8.2%、7.9%、8.5% 和 7.2% 降低为 4%、3.8%、4.3% 和 3.3%; 低温润米粉碎的大米粉具有糊化温度低、崩解值小、热糊稳定性好、凝胶硬度高等优点^[12]。

关于大米加工工艺和质量控制方面。主要对储备粮各工艺与出米率, 出米率与大米加工精度等级, 加工过程与质量控制, 过度加工影响因素, 自动化监控系统, 装备控制系统等进行研究。在保证产品质量, 降低损耗, 提高出米率, 减少生

产人员,提高劳动效率等方面取得了明显效果。

沈良波等论述了稻谷从入仓、清理、脱壳、碾白等工艺流程的控制技术。在清理工序中振动清理筛的流量以 40 kg/(cm·h)为宜。在砻谷工艺中要求稻谷脱壳时应尽量保持米粒完整,减少米粒爆腰,流量控制在 110~120 kg/(cm·h);合理调整轧距及碾间压力,一般为 4.5~6.5 kg/cm。确保大米产品既符合国家标准,又降低损耗,提高出米率^[13]。郭亚丽等对大米加工企业的出米率进行调研,分析表明在同一生产规模条件下,大米出米率随加工精度升高而降低;同一加工精度时,随着生产规模的增大,粳米出米率变化较籼米波动更大,但分布范围更集中,说明其出米率较稳定,加工稳定性优于籼米。粳米、籼米出米率与加工精度、生产规模的模型拟合度均较高,其中粳米更高^[14]。吴显廷讨论了大米加工过程的质量控制技术,从大米的食味值、外观质量、整精米率、杂质、异色粒等方面制定出大米出厂质量标准。做好原粮采购、原粮入库和保管、生产过程、成品包装的质量控制^[15]。朱西慧采用二元 Probit 模型对江苏 150 家大米加工企业的调查分析表明,企业年龄和规模越大,过度加工行为概率越低;生产设备相对落后过度加工行为概率越高^[16]。采用 PLC 对大米加工进行自动化控制,能实时进行控制,明显提高监控效率,保证产品质量和出品率,减少生产人员^[17]。胥保文等设计了一套稻米加工工艺控制系统,通过多种传感器的组合,实现进料量和进风量的实时控制,使加工室中的稻米处于悬浮状态,米糠顺利排出。出米率提高到 72.9%,留胚率达 83%,米温仅升高 3℃,功耗下降明显^[18]。

1.2 营养大米、重组大米等研制

主要对营养米、胚芽米、蒸谷米、专用米,高-氨基丁酸(GABA)糙米,重组米等进行研究。姚明武用约 4%食用碱液浸泡稻谷,洗净,加入乳杆菌及酵母菌在 40℃ 下发酵约 9 h,取出速冻,热风烘干,脱壳制得半成品。将发酵液喷雾在半成品表面上,进行低温干燥至含水量在 18% 以内。然后依次进行砻谷、谷糙分离、二次碾米、色选、抛光等得到成品大米。该工艺出米率高,

有效降低大米破碎率^[19]。朱松等研究表明微波辐射对胚芽米脂肪酶的灭活作用效果显著,灭酶优化条件是胚芽米水分含量 16%、微波剂量 2.0 kW/kg、灭活时间 2.6 min、物料厚度 3.3 cm,胚芽米脂肪酶的灭活率为 68.1%。微波处理对胚芽米质量指标无明显影响^[20]。吴芳论述了蒸谷米的加工工艺、营养成分、存储特性以及食用品质,指出目前蒸谷米生产存在主要问题是米色较普通大米深、米饭黏性差,没有国家质量标准和评价体系。蒸谷米较普通大米其营养成分含量更多,更加能满足人体的要求,必将成为未来的发展趋势^[21]。苟青松等综述米粉专用米的国内外研究现状、大米品质与米粉品质之间的关系以及原料大米选取时需考虑的因素。适合生产米粉的大米应是透光性、蛋白质含量、直链淀粉含量均高的大米。具体为直链淀粉含量 25%左右、加工精度国标一级、蛋白质含量 8%左右、陈化期 15 个月左右的大米,在合适的糊化温度下榨粉,再经过适当的复蒸和老化,做出的米粉品质较好^[22]。刘厚清研发富含-氨基丁酸(GABA)的米制品,稻谷或糙米经功能性成分富化装置加工后得到功能性米半成品,每 100 g 功能性米中的-氨基丁酸含量为 8~30 mg,再将水分调整到 14%~15.5%,制得功能性米成品^[23]。赵思明等发明高-氨基丁酸(GABA)米制品的加工方法。将 100 份稻谷放入含 150~500 份营养液的容器中,通过减菌、培养、微糊化、干燥、脱壳、碾米等工艺过程制得营养糙米、营养大米、留胚米和营养米胚四种营养大米,产品富含-氨基丁酸、膳食纤维、肌醇、维生素、矿物质等营养成分,稻米风味浓郁^[24]。韩璐等研究表明微波膨化和挤压膨化均提高了发芽糙米的吸水指数,分别是原料发芽糙米的 1.84 倍、2.81 倍;γ-氨基丁酸含量分别减少了 40.42% 和 24.49%^[25]。

王娴等在原料粉中加入菊粉、大豆多糖及燕麦麸等制备重组米,结果表明重组米硬度均随辅料添加量的增加而降低,菊粉可显著降低重组米的黏性,3 种辅料均对弹性和内聚性影响不大,均使其感官评分降低,其中燕麦麸对感官品质的影响最小。燕麦麸和菊粉添加量在 50%,大豆多

糖添加量大于 35%时,重组米产品属于低血糖生成指数食物^[26]。左秀凤等研究挤压工艺参数对速煮重组米食用品质的影响,得到最佳挤压工艺条件为进料水分 26%、主机 区温度 107 、主机转速 14 Hz、喂料速度 10 Hz,速煮重组米产品的感官评分为 78 分,重组米在外形上非常接近天然大米^[27]。朱垒等以糙米、玉米、胶陀螺等为主料,用双螺杆挤出机研制重组米。在螺杆转速为 180 r/min、挤压温度为 100 、水分含量为 27% 时,胶陀螺重组米的评分达到 76.7 分,产品具有米香及食用菌香味,米饭结构紧密,饭粒完整性好、清爽,耐咀嚼性及硬度低于天然米,但弹性及黏性要高于天然米^[28]。李姝等研究添加大麦苗膳食纤维挤压重组米品质,确定最佳料水比为 1 0.8。膳食纤维添加量为 5%~20%时,挤压重组米的胶着性、咀嚼性、硬度随着添加量的增加呈现先上升后下降的趋势,在添加量为 10%时达到最大值;粘性呈现先上升后下降的趋势,在 15%时达到最大值^[29]。

2 大米制品加工

2.1 方便米饭产品研究

方便米饭主要开展蒸煮条件与方便米饭消化特性、抗氧化剂与方便米饭回生、干燥方式与方便米饭品质、超高压系统制米饭等研究,开发了营养方便米饭、抗氧化方便米饭、复水性好方便米饭,抑制淀粉回生方便米饭、发芽糙米方便米饭等新产品。

蒸煮和干燥条件对方便米饭的品质有显著影响。电饭锅制备的方便米饭硬度和黏度要高于常规制备的方便米饭。-20 冷冻+80 热风干燥和 4 水洗+-20 冷冻干燥方式制备的方便米饭品质最接近新鲜米饭。2 种干燥方式制备的方便米饭体外消化率均高于新制备的米饭,口感良好^[30]。电磁烹制的米饭感官品质较电热烹制的好,口感黏柔,滋味淡雅,黏弹性好,淀粉和蛋白质消化性好^[31]。

超高压是一种非加热的加工技术,能显著改善米饭的风味和口感。徐哲定用 400 MPa 以上的压力处理生产方便米饭,发现米饭无回生现象,具有良好口感;用超高压技术还能有效消灭芽孢

杆菌等,延长方便米饭的贮藏时间,在常温下保质期可达 2 年^[32]。用新鲜大米,经漂洗,于 96 热水浸泡 10~15 min,呈半生半熟状态捞出,加入一定量米醋、花生油和海藻糖,混匀,用充氮气小袋包装;经二段式高温高压灭菌后,进行冷链贮藏,制得方便米饭。该法省去了米饭蒸煮过程,有效控制了米饭冷链贮藏/运输过程出现的回生现象,所得产品用 250 烤箱加热 4~5 min 或微波炉高火 2~3 min 即可食用^[33]。蔡乔宇等研究采用双螺杆挤压法制备马铃薯方便米饭,得到优化参数为马铃薯全粉添加比例 50%,调质后的水分 30%,挤压机 区温度 80 。所制得马铃薯方便米饭口感最好,用开水浸泡 9 min,食用品质与市售米饭接近^[34]。

营养和复水性俱佳方便米饭的研究。姚明武基于限制性发酵的转化作用,研发了一种营养方便米饭的生产方法。将粳米淘洗后,在 20~40 浸泡约 15 h,蒸煮 28 min,冷淋离散,过滤后焖饭约 18 min,限制性发酵 13 h 左右,用红外线干燥至含水量 10%~12%,再用微波干燥至含水量 3%~4%。产品方便米饭口感好,复水性能和贮藏性俱佳^[35]。乔长晟等研发复水性良好的方便米饭。将大米淘洗,在 45%的山梨糖醇或蔗糖溶液中浸泡 55 min,沥干,蒸煮 20 min。倒入复合蛋白酶和淀粉酶的混合酶液中浸泡,在 40 下浸泡约 30 min,沥干,用冷水离散米饭,用 100 热风干燥 40 min,进行真空,即得复水性好的方便米饭^[36]。刘婷婷等研发了五谷果蔬复合方便米饭。将大米、玉米糝、燕麦米、荞麦米、红小豆经表面熟化、龟裂化、抗氧化等处理后,与胡萝卜、芹菜、食用菌及蔓越莓干、葡萄干复配,生产五谷果蔬复合方便米饭,产品营养全面、口感优良、风味浓郁^[37]。辻井良政等揭示了大米在蒸饭过程中,因细胞壁多糖酶的作用,部分大米细胞壁多糖被分解,进而形成了米饭独特的粘度和软度。蒸饭中果胶受聚半乳糖醛酸酶的作用被分解,分解量与米饭的软硬程度成反比^[38]。

抗氧化方便米饭的研究。夏青等研究添加 0.8%海藻糖和蔗糖酯的方便米饭在 4 储藏 10 d,回生焓值分别比对照组降低 39.6%和 33%,均显

著减缓米饭的回生进程,改善米饭的质感和感官评分,可延长储藏期^[39]。田耀旗等研制了大米经淘洗、浸泡、分装、蒸煮、真空密封、降温结晶等工艺得到的抗老化方便米饭。其特点是用含抗老化剂的溶液浸泡大米及快速降温工艺,来抑制淀粉老化。储藏90 d后,方便米饭较传统方便米饭的老化度降低30%左右,具有食味品质佳、货架期较长等优点^[40]。大米通过复合酶浸泡处理、半熟化加工、复合抗老化剂真空浸泡、蒸煮熟化、速冷降温、杀菌等步骤加工制成方便米饭,放置300 d后无明显淀粉回生现象^[41]。龙杰等研发了具有慢消化特性的方便米饭。大米经超声波侵蚀后,用普鲁兰酶对其进行处理;然后浸泡在一定浓度的低聚糖溶液中,用电饭锅蒸煮,再进行回生处理后得到慢消化特性方便米饭。方便米饭产品具有淀粉消化率低、利于人体健康、食用方便等特点^[42]。

糙米和发芽糙米方便米饭的研制。于勇等改良了发芽糙米方便米饭的制备方法。在发芽糙米中加入改良剂,经过0.1%碳酸氢钠溶液浸泡和蒸煮后,进行离散、干燥,有效提高了发芽糙米方便米饭的复水性能^[43]。采用乳酸菌发酵降解糙米籽粒表层的纤维,改善其蒸煮和食用品质。最佳工艺参数为发酵时间24 h、温度30℃、含水量30%、乳酸菌接种量0.1%。糙米最佳蒸煮时间比原料糙米缩短了6.46 min,米饭吸水率增加了25.2%,硬度降低了29.6%,黏性升高81.9%,咀嚼性下降了46.9%^[44]。龙杰等研究纤维酶处理对发芽糙米-白米方便米饭食用品质的影响。纤维酶处理发芽糙米的最佳条件为酶浓度1.0 U/mL、温度50℃、时间80 min,发芽糙米与白米的配比为20:80~30:70,米水比1:1.2,蒸煮压力0.06 MPa,蒸煮时间15 min,该条件下复配方便米饭感官评价分值最高^[45]。并研究了发芽糙米-白米方便米饭货架期,分别在4、20及30 d下贮藏50 d。复配方便米饭的硬度和咀嚼性均随贮藏时间的延长呈明显上升趋势,4 d贮藏的食用品质较佳。大肠菌群的总数都低于1 log CFU/g,没有检测到蜡状芽孢杆菌。但贮藏40 d时,20 d及30 d贮藏的方便米饭细菌总数超出了规定^[46]。

陈培栋等研究采用微波改性处理来提升糙米的蒸煮品质,最佳工艺参数为微波功率2400 W、处理时间75 s、初始水分14.5%,糙米饭产品硬度为2866 g,吸水率57%,碘蓝值0.57^[47]。

2.2 米粉(米线)产品研究

米粉(又称米线、河粉)主要开展了稻谷陈化与米粉品质,乳杆菌发酵与鲜湿米粉品质,添加马铃薯粉与米粉品质,鲜湿米粉工艺优化,鲜湿米粉生产质量控制的研究。明显提高了米粉的蒸煮损失率、断条率、复水率以及营养品质等。

张玉荣等研究稻谷陈化与米粉品质的关系。随着储藏时间的延长,3种粳米米粉的蒸煮损失率均呈下降趋势,复水率呈上升趋势;米粉感官评分呈先上升后稍降的趋势;米粉硬度、黏聚性和咀嚼性整体呈增大趋势,弹性呈现先降低后增加的趋势,黏着性呈先迅速下降后趋于平缓的趋势。储藏时间的延长有利于米粉品质提高^[48]。自然发酵的籼米对鲜湿米粉品质有显著影响,鲜湿米粉硬度、回复性、咀嚼性、伸力、白度值均随着发酵时间的延长而增加,陈米米粉的相应指标值显著高于新米米粉;黏性、断条率和蒸煮损失率随发酵时间的延长而降低,陈米米粉显著低于新米米粉。说明籼米陈化可提高鲜湿米粉的品质^[49]。樊振南等研究植物乳杆菌发酵对鲜湿米粉蒸煮、色度和风味的影响。发酵48 h时,L.23和L.22699组鲜湿米粉的断条率无显著差异,均优于L.23169;3组米粉的蒸煮损失率均无显著差异。白度指标,L.23组显著优于其他2组。L.23发酵制备的鲜湿米粉食味品质最好^[50]。

加水量对鲜湿米粉品质等有显著影响。当加水量过低(<65%)时,米粉糊化不均匀,形成的淀粉凝胶品质差,米粉断条率高;当加水量过高(>75%)时,形成的粉条易黏连,机械性能较差;加水量在65%~75%范围内,淀粉糊化均匀,鲜湿米粉品质较好^[51]。添加马铃薯粉挤压生产马铃薯米粉的品质优于纯米粉的品质,最佳添加量为40%。马铃薯米粉复水速率快、蒸煮损失率低、营养成分和矿物质含量更丰富^[52]。王园园等采用直链淀粉含量为23.5%的早籼米,经浸泡、蒸饭(米水比1:0.7)、冷却、高速搅拌(1500 r/min)

压片、切割成的米粉品质较好,省去磨粉工序,缩短生产周期^[53]。鲜湿米粉的工艺优化实验表明,将大米粒度控制在105~154 μm,混合物料含水量控制在35%左右,糊化时间约为87 s,糊化温度为90 ℃时,生产的鲜湿米粉蒸煮损失较低,感官品质较佳^[54]。从物理危害、化学危害和生物危害三方面,对鲜湿米粉制品生产工艺流程进行危害分析,确定原辅料及包装材料接收、浸泡、金属检测、杀菌为4个关键控制点,提出鲜湿米粉制品关键控制点的关键限值^[55]。热泵-热风组合干燥工艺中热泵干燥温度、转换点含水量、热风干燥温度对波纹米粉干燥效果有很大影响。波纹米粉干燥的优化工艺条件为:热泵温度48 ℃、转换点含水量23%、热风温度78 ℃。波纹米粉产品评分值为86.2分,比热风干燥和热泵干燥分别提高了11.99%和13.15%^[56]。

2.3 其他大米制品

采用大米湿法磨浆和干磨米粉发酵两种工艺制作米发糕。结果表明两种工艺的理化指标变化趋势大致相同,但湿法磨浆发酵较快,发酵程度更深;两种工艺最佳发酵时间为12 h。湿法磨浆制作的米发糕,白度较高,组织细腻,弹性较好,但有点粘牙;干磨米粉发酵制作的米发糕色泽略暗,组织粗糙,口感略渣,气孔较大^[57]。吕倩等研究采用辊筒干燥生产婴幼儿营养米粉时其营养素的损耗。在辊筒干燥过程中,浆料浓度比为物料:水=1.6:1、辊筒频率40 Hz、干燥温度约120 ℃时,脂溶性的维生素A、维生素D损失率大于30%,损失显著,水溶性的维生素B₁、维生素B₂平均损失率为12.79%和19.01%;能量、蛋白质、脂肪、碳水化合物损失率均小于10%,损失不显著;其余维生素和矿物质损失均不显著^[58]。采用糙米发芽、生物酶处理与滚筒干燥法相结合,生产富含γ-氨基丁酸婴幼儿米粉,产品γ-氨基丁酸含量高达48.3 mg/100 g,粗纤维含量较高,复水特性较好,有效提高婴幼儿米粉冲调性及质量^[59]。以大米为原料,经浸泡磨浆,加入营养配料,用胶体磨研磨,用均质机在20 MPa和40 MPa下各均质一次,于60 ℃的温度中预糊化30 min,用滚筒干燥机干燥,压力控制在0.6 MPa以上,转速

450~600 r/min,制得营养米粉^[60]。婴幼儿麦胚米粉配方及其冲调性研究表明,当大米和脱脂小麦胚芽的比例为70:30、蔗糖浓度为10%、粒度为80~100目、冲调水温为约55 ℃时,冲调料水比为1:4 g/mL,麦胚米粉具有最佳的冲调性^[61]。邹秀容等研制发酵米乳饮料米浆。优化的焙烤条件为:180 ℃烘烤15 min,液化温度80 ℃、耐高温α-淀粉酶30 U/g,液化140 min,糖化温度60 ℃、糖化酶300 U/g,糖化6 h。制得具米香味的米浆,DE值为99.9%,可溶性固形物含量为9.4%^[62]。将碎米粉分别与15%、30%、45%(w/w)稳定化米糠(SRB)混合,采用双螺杆挤出机生产营养米粉。随着SRB加入量和挤压温度升高,产品米粉的峰值粘度和热焓下降。SRB的加入提高了米粉的吸水性,降低了米粉的水溶性,提高了抗淀粉含量,也提高了米粉中游离酚、结合酚和总酚的含量^[63]。

3 大米深加工

大米的深加工主要开展了大米淀粉、大米蛋白的进一步加工,制备各种变性淀粉、功能性淀粉糖、低聚蛋白肽;稻米中功能成分的提取以及大米加工副产物的利用等,提高大米的利用价值。

以碎米为原料,用碱法浸提、超声波协同碱性蛋白酶法提取碎米淀粉,得出最佳工艺条件为超声波处理25 min,加酶量5 mg/g,酶解时间2 h,酶解温度45 ℃,固液比1:4 g/mL。淀粉提取率达98.6%,纯度达99.1%^[64]。超声波-湿热法结合酸水解制备大米RS3抗性淀粉。大米淀粉含水率30%、处理温度130 ℃、处理时间为10 h,RS3得率为32.2%^[65]。

王丕新通过调研欧、美以及日本、韩国等发达国家米糠蛋白制取工艺,整理出工业化米糠蛋白制取的优化工艺,脱脂米糠经过两次浸出和分离后,米糠蛋白溶解于液相中,液相进行酸沉分离提取出米糠蛋白,再对米糠蛋白进行杀菌和干燥,可获得优质食用米糠蛋白^[66]。从米糠中提取膳食纤维制备脂肪替代物,并与菊粉脂肪替代物进行比较。所得产品的性质优于菊粉替代物。膳食纤维脂肪模拟物颗粒表面明显疏松,孔洞较多,粒径明显变小^[67]。

以大米为原料生产海藻糖。将浸泡好的大米研磨至细度约为75目的大米浆,浓度16 Be°,用碱调pH至5.6,加入耐高温淀粉酶搅拌30 min,于106 ℃保温液化80 min,过滤,降温至45 ℃,加入普鲁兰酶、海藻糖酶,维持pH为5~6反应34 h,再加入糖化酶,维持pH为4.3,于61 ℃糖化23 h,灭酶脱色后,过滤,离交,浓缩至海藻糖浓度为70%~75%,降温至46~50 ℃,加入0.1%~3%晶种,降温至22~26 ℃进行结晶,分离干燥后制得海藻糖成品,产量可达98 g/L,纯度可达98.5%^[68]。

对浸提、超声波以及微波辅助方法提取黑米花青素效果进行比较。微波提取的花青素稳定性最强;超声波提取花青素的效率最高,但稳定性最弱;浸提法提取的花青素稳定性介于二者之间,但提取率最低^[69]。以黑龙江五常黑米为原料,采用超声波辅助乙醇法提取其中的黄酮类物质,最佳工艺条件为液料比60 mL/g、乙醇浓度45%、超声时间45 min、提取温度50 ℃,黑米中黄酮的提取率为1.25%^[70]。

4 展望

2018年我国虽然在稻谷品质、加工工艺、质量控制、营养米、重组米、专用米等方面的科研取得显著成效,但需要从下列几个方面进一步加强稻谷加工的科研工作,为加快实现稻谷加工转型发展提供强有力支撑。

对各个年度所测报的数据做进一步深入分析,阐明各品质之间的相互联系,建立品质评价优化模型,发展品质评价新方法,指导稻谷种植、加工、消费以及政策和标准的制定。

深入开展稻谷适度加工基础理论研究,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。开发蒸谷米、胚芽米、发芽糙米、富含维矿米等新产品。通过粉碎、发芽、发酵、复配等营养富集与改良技术,完善加工工艺,生产营养健康、方便美味的复合米。

进一步充实米淀粉组分、米淀粉糊化、米淀粉老化与凝胶化等基础理论,明确淀粉回生与老化、干燥与品质等关系,开发方便米饭和米线专业米、功能性方便米饭和米线、应急新产品。

加强生物技术应用,开发粮油用酶制剂,利用米淀粉制备各种抗性淀粉、变性淀粉、低聚糖、单糖;利用米蛋白质生产各种低聚肽和氨基酸新产品。优选发酵菌株,制备专用发酵剂,研究发酵米制品的品质特征形成机理和工艺,开发米发糕、米面包、米酒、米蛋糕、米饮料等新型发酵米制品。

参考文献:

- [1] 国家粮食和物资储备局. 我国粮食发展报告[R]. 北京: 经济出版社 2018.
- [2] 季宏波, 范艺凡. 2017年辽宁省稻谷收获质量情况分析[J]. 粮油食品科技, 2018, 26(3): 56-59
- [3] 钱朝峰, 黄建锋, 沈泓, 等. 浙江省大米质量状况调查分析[J]. 粮食与饲料工业, 2018(10): 1-2.
- [4] 周显青, 李建飞, 张玉荣, 等. 中晚籼稻谷的品质分析及其米饭加工适应性[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018(2): 1-8.
- [5] 夏凡, 董月, 朱蕾, 等. 大米理化性质与其食用品质相关性研究[J]. 粮食科技与经济, 2018(5): 100-107.
- [6] 毕文雅, 曹阳, 李海梅, 等. 食品级惰性粉对成品大米外观及蒸煮食用品质影响的初步研究[J]. 粮食科技与经济, 2018(5): 64-66.
- [7] 李佳佳, 刘强, 田原, 等. 不同烘干温度对早籼稻谷品质影响的生产性试验[J]. 粮食科技与经济, 2018(5): 67-68.
- [8] GUSTAVO HEINRICH LANG, IGOR DA SILVA LINDEMANN, CRISTIANO DIETRICH FERREIRA, et al. Influence of drying temperature on the structural and cooking quality properties of black rice[J]. Cereal chemistry, 2018, 95(4): 499-507
- [9] 杨伟军, 李宏升, 林莹. 脂肪酸对大米淀粉热特性及质构品质影响的研究[J]. 食品工业, 2018(4): 1-4.
- [10] 韩璐, 赵旭, 李佳, 等. 不同蒸煮时间对发芽糙米主要生理活性物质的影响研究[J]. 粮食加工, 2018(4): 39-41.
- [11] 张红建, 谢更祥, 邹易, 等. 不同包装材料对大米品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2018(4): 27-30
- [12] 卫萍游, 向荣, 张雅媛, 等. 不同破碎方法对大米品质的影响[J]. 食品工业科技 2018(7): 10-14.
- [13] 沈良波, 陈建新, 吕勤侃. 储备粮在实际加工中各工艺对出米率的影响[J]. 现代食品, 2018(14): 184-185.
- [14] 郭亚丽, 梅竹, 王辉, 等. 出米率与大米加工精度等级、生产规模的模型研究[J]. 粮食与饲料工业, 2018年11期, 1-4.
- [15] 吴显廷. 谈大米加工过程的质量控制[J]. 粮食加工, 2018(2): 23-25.
- [16] 朱西慧. 大米加工企业过度加工行为及其影响因素——以江苏为例[J]. 粮食科技与经济, 2018(2): 105-107.
- [17] 李维强. 大米加工的自动化监控系统[J]. 粮食加工, 2018(6): 28-29.
- [18] 胥保文, 蔡健荣, 张文松, 等. 稻米加工装备工艺控制系统设计[J]. 食品工业, 2018(2): 225-228
- [19] 姚明武. 一种大米精加工工艺[P]. 中国专利: CN108579851A,

- 2018-09-28.
- [20] 朱松, 宋善武, 李进伟, 等. 胚芽米微波灭酶工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2018(6): 603-609.
- [21] 吴芳. 蒸谷米的概述[J]. 现代食品, 2018(8): 120-121.
- [22] 苟青松, 周梦舟, 周坚, 等. 米粉专用米研究进展[J]. 粮食与油脂, 2018(9): 4-6.
- [23] 刘厚清. 功能性米制品[P]. 中国专利: CN106955757A, 2017-07-18.
- [24] 赵思明, 熊善柏, 王斌, 等. 一种高 GABA 稻米制品及其加工方法[P]. 中国专利: CN107410847A, 2017-12-01.
- [25] 韩璐, 卢小卓, 朱力杰, 等. 膨化方式对发芽糙米主要生理活性物质的影响[J]. 食品工业科技, 2018(5): 18-22.
- [26] 王娴, 周显青, 胡宏, 等. 辅料添加对挤压复配米外观结构、蒸煮食用品质及体外血糖生成指数的影响[J]. 食品科学, 2018(7): 60-68.
- [27] 左秀凤, 梁会会, 周豫飞, 等. 挤压工艺参数对速煮重组米食用品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2018(8): 81-86.
- [28] 朱垒, 陈新峰, 钟宝, 等. 胶陀螺重组米的研制[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018(3): 88-92.
- [29] 李姝, 解铁民, 郑诗雨, 等. 添加膳食纤维对挤压工程米品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2018(1): 40-43.
- [30] 龙杰, 吴凤凤, 金征宇, 等. 预处理和干燥方式对方便米饭品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2018(9): 1-6.
- [31] 曹珍珍, 贾才华, 牛猛, 等. 电磁烹制米饭的质构与营养特性研究[J]. 中国粮油学报, 2018(9): 7-1.
- [32] 徐哲定. 大米超高压系统[P]. 中国专利: CN108651813A, 2018-10-16.
- [33] 张愨, 徐继成, 陈龙海, 等. 一种改善高温高压后米饭风味和口感的方法[P]. 中国专利: CN108576637A, 2018-09-28.
- [34] 蔡乔宇, 陈轩, 周梦舟, 等. 双螺杆挤压法制备马铃薯方便米饭的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2018(7).
- [35] 姚明武. 一种营养方便米饭的生产方法[P]. 中国专利: CN108094881A, 2018-06-01.
- [36] 乔长晟, 于超, 张卫. 一种复水性能好的方便米饭的生产方法[P]. 中国专利: CN108013352A, 2018-05-11.
- [37] 刘婷婷, 王大为, 张艳荣. 纯天然五谷果蔬复合营养调理型方便米饭及其生产方法[P]. 中国专利: CN107927555A, 2018-04-20.
- [38] 辻井良政, 高野克己, 宋钢. 蒸饭中的米胚乳酶对形成米饭味道的作用[J]. 中国酿造, 2018(8): 153-157.
- [39] 夏青, 曹磊, 宋玉. 不同抗氧化剂对方便米饭回生及品质影响的研究[J]. 食品工业, 2018(7): 28-31.
- [40] 田耀旗, 麻荣荣, 徐睿, 等. 一种抗老化方便米饭的生产方法[P]. 中国专利: CN108522999A, 2018-09-14.
- [41] 曹磊, 夏青, 宋玉, 等. 一种抑制淀粉回生的方便米饭加工方法[P]. 中国专利: CN107736557A, 2018-02-27.
- [42] 龙杰, 徐学明, 金征宇, 等. 一种慢消化特性方便米饭的制备方法[P]. 中国专利: CN107568595A, 2018-01-12.
- [43] 于勇, 王娟, 刘庆庆, 等. 一种改良发芽糙米方便米饭及其制备方法[P]. 中国专利: CN108450792A, 2018-08-28.
- [44] 程鑫, 李永富, 史锋, 等. 乳酸菌发酵对糙米蒸煮性能和食用品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2018(5): 1-7.
- [45] 龙杰, 尚微微, 吴凤凤, 等. 纤维素酶处理对发芽糙米复配方便米饭食用品质的影响[J]. 粮食与食品工业, 2018(1): 32-37.
- [46] 龙杰, 尚微微, 吴凤凤, 等. 发芽糙米复配方便米饭贮藏期质构变化、回生特性及微生物学研究[J]. 粮食与食品工业, 2018(1): 49-56.
- [47] 陈培栋, 万忠民, 王胜录, 等. 响应面法优化糙米微波改性工艺[J]. 食品工业科技, 2018(6): 165-169.
- [48] 张玉荣, 王游游, 刘敬婉. 稻谷的陈化对其米粉制品品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018(5): 1-7.
- [49] 易翠平. 糙米陈化对鲜湿米粉品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(6): 1-5.
- [50] 樊振南, 易翠平, 祝红, 等. 植物乳杆菌发酵对鲜湿米粉品质的影响: 食味品质[J]. 中国粮油学报, 2018(1): 7-12.
- [51] 陈小聪, 肖满凤, 林莹. 水分对淀粉糊化度及鲜湿米粉品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2018(2): 41-44.
- [52] 刘嘉, 吕都, 唐健波, 等. 马铃薯米粉与纯米粉品质的分析比较[J]. 现代食品科技, 2018(1): 45-51.
- [53] 王园园, 王韧, 赵建伟, 等. 米面条的制备新工艺[J]. 中国粮油学报, 2018(5): 82-86.
- [54] 梅小弟, 张翔宇, 段卓, 等. 鲜湿米粉工艺优化[J]. 粮食与油脂, 2018(5): 39-42.
- [55] 李林轩, 尹新利, 吴梦春, 等. 鲜湿米粉生产关键控制点分析探讨[J]. 粮食加工, 2018(3): 31-33.
- [56] 李健雄, 杨艾迪, 唐小俊, 等. 南方波纹米粉的热泵-热风组合干燥工艺研究[J]. 食品科学技术学报, 2018(2): 67-69.
- [57] 张印, 王娅莉, 李秀秀, 等. 大米湿磨和干磨法制作米发糕品质差异的研究[J]. 粮油食品科技, 2018(2): 21-24.
- [58] 吕倩, 邓泽新, 吴颖, 等. 婴幼儿营养米粉加工过程中营养素损耗研究[J]. 粮食与饲料工业, 2018(8): 7-9.
- [59] 袁如英, 韩飞, 黄荣和. 滚筒干燥结合酶法生产婴幼儿米粉的工艺研究[J]. 现代食品, 2018(11): 187-189.
- [60] 包志方, 黄文成, 王立, 等. 一种营养米粉及其制备方法[P]. 中国专利: CN108125124A, 2018-06-08.
- [61] 胡毓元, 杜衡, 李婕妤, 等. 婴幼儿麦胚米粉配方及其冲调性的研究[J]. 食品工业, 2018(8): 44-47.
- [62] 邹秀容, 郑征, 朱建华. 发酵米乳饮料米浆制备工艺条件优化[J]. 粮食与食品工业, 2018(2): 37-42.
- [63] PENG WANG, QINGYU YANG, DONGMEI ZHENG, et al. Physicochemical and antioxidant properties of rice flour based extrudates enriched with stabilized rice bran[J]. Starch, 2018, 70(9-10): 90-96.
- [64] 祝水兰, 刘光宪, 周巾英, 等. 碎米淀粉分步制取工艺优化[J]. 食品与机械, 2018(6): 212-215.
- [65] 杨帆, 肖华西, 林家录, 等. 超声波-湿热法结合酸水解制备大米抗性淀粉及其理化性质研究[J]. 中国粮油学报, 2018(7): 43-50.
- [66] 王丕新. 工业化米糠蛋白制取的工艺研究[J]. 中国食物与营养, 2018, 24(6): 41-43.
- [67] 刘羽萌, 龚博鑫, 宋丹丹. 米糠膳食纤维脂肪替代物的性质研究[J]. 农产品加工, 2018(8): 10-12.
- [68] 崔楠, 何球山, 张兴祥, 等. 一种利用大米生产海藻糖的方法[P]. 中国专利: CN108624637A, 2018-10-09.
- [69] 曾琳, 韩成云, 赵志刚, 等. 不同提取方法黑米花青素的稳定性研究[J]. 食品工业, 2018(8): 6-10.
- [70] 王磊, 韦雅玲, 刘长姣. 超声波辅助醇提黑米中黄酮的工艺优化[J]. 粮食与油脂, 2018(4): 25-27. ☉