

中国粮食加工环节损失现状、困境与减损路径

武拉平 胡南燕

摘要: 粮安方能国安,减少粮食损耗是保障粮食安全的重要途径。粮食加工环节不仅是连接生产和消费的纽带,也是损失最为严重的环节。掌握粮食加工损失现状和减损潜力,采取针对性措施推动加工环节粮食减损,对于保障粮食安全至关重要。在对粮食加工环节损失进行概念界定的基础上,利用 2023 年调研数据,分析粮食加工环节损失现状及减损潜力。据测算,2023 年中国粮食加工损失率为 5.31%,按照当年粮食产量估算,损失量达到 3463.12 万吨;基于样本最小损失率与生产技术可行性,加工环节目标损失率为 3.64%,减损潜力为 1.66%,相当于可减少 1084.66 万吨粮食损失。然而,目前粮食加工环节仍面临工艺和设备落后、消费者认知存在误区和调查制度缺失等问题,亟须通过升级加工设备与工艺、加强节粮减损宣传以及建立健全粮食损失调查评估制度等途径,释放加工环节的减损潜力,夯实国家粮食安全根基。

关键词: 粮食安全;加工环节损失;减损潜力

中图分类号: F326.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0751(2025)03-0039-09

粮食安全是“国之大者”。保障粮食安全不仅要紧抓增产,还要耕好节粮减损这块“无形良田”。《中国农业产业发展报告 2023》显示,中国稻谷、小麦和玉米全产业链损失率分别达到 26.2%、16.7% 和 18.1%^①,三大主粮全产业链的损失量超过总产量的五分之一。粮食损失浪费不仅导致粮食的直接损失,还意味着大量耕地、水、化肥、农药及其他能源的浪费^[1]。因此,中国高度重视粮食损失问题。习近平总书记强调,粮食安全是事关人类生存的根本性问题,减少粮食损耗是保障粮食安全的重要途径。近年来,我国陆续出台了《中华人民共和国反食品浪费法》和《中华人民共和国粮食安全保障法》,节粮减损工作进入法律规范阶段。2024 年 11 月,中共中央办公厅和国务院办公厅印发《粮食节约和反食品浪费行动方案》(下文简称《行动方案》)^②,为

推动两部法律落地实施进行了详细部署,也为未来节粮减损工作明确了方向。

粮食加工是连接粮食产前和产后的重要环节,加工损失直接决定着进入消费环节的粮食数量和质量。在粮食全链条中,加工环节损失最为严重,占全部损失的 30%,存在巨大的减损潜力^[2]。从 2023 年到 2025 年,若将加工损失率降低 1—3 个百分点,可减少约 1100 亿斤粮食损失^[3]。针对粮食节约减损,《行动方案》提出了 2027 年要实现的目标:粮食和食物节约长效机制更加健全,粮食损失和食品浪费统计调查制度、标准规范和指标体系不断完善,粮食生产、储存、运输、加工损失率控制在国际平均水平以下。为实现这一目标,《行动方案》进行了全面部署,提出了“四大行动”“一项制度”和“三项保障”。其中,“四大行动”包括粮食节约减损行动、全

收稿日期: 2025-01-03

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“粮食全链条节约减损行动方案及政策体系研究”(22&ZD087);清华农村研究博士论文奖学金项目“中国稻谷加工环节损失及减损策略研究”(202428)。

作者简介: 武拉平,男,中国农业大学经济管理学院教授(北京 100083)。胡南燕,女,通讯作者,中国农业大学经济管理学院博士生(北京 100083)。

民节粮意识提升行动、餐饮行业反浪费行动和单位食堂反浪费行动。“一项制度”为损失统计调查制度,包括建立粮食损失和食品浪费统计调查制度、标准规范和指标体系。“三项保障”分别为组织合力实施行动方案、加大节粮减损宣传力度以及加强国际合作^③。

然而,在产业实践中,粮食加工环节还存在损失概念界定不清晰、研究口径不统一、损失现状和原因不明确等问题,导致粮食加工减损的长效机制难以建立,阻碍着《行动方案》的落实。首先,本文基于上述原因对粮食加工环节损失进行概念界定。其次,基于 2023 年实地调研数据,分析粮食加工环节损失现状及减损潜力。最后,从技术和设备、加工标准修订和调查评估制度等方面,梳理粮食加工环节减损面临的现实问题,并据此提出相应的政策建议。

一、粮食加工环节损失的概念界定

本文梳理了现有文献中关于粮食加工环节损失的测算方法与研究结果,发现学术界针对该议题已形成了较为丰富的研究成果,但受限于数据获取的可及性、概念界定的模糊性以及研究口径的非统一性,导致现有研究得出的损失结果存在明显分歧。为增强研究结论的科学性与可比性,在此针对粮食作物功能属性的差异,立足于口粮安全保障视角和大食物观视角,对粮食加工环节损失进行概念界定,从而为准确测度和掌握粮食加工环节损失现状提供有力支撑。

1. 粮食加工环节损失相关研究综述

表 1 汇总了现有文献对粮食加工环节损失测算的方法及其主要结果。在粮食损失研究领域,已有文献从不同角度探讨了粮食加工环节的损失率。然而,由于研究方法、数据来源和概念界定的不一致,研究结果呈现较大的差异。早期研究如詹玉荣基于 1992 年的实地调研,推算粮食综合损失率为 3.75%^[4],为后续研究提供了重要参考,但该研究仅界定了粮食损失,并未对粮食加工环节损失的内涵和外延进行清晰界定。赵红雷通过文献资料整理发现,稻谷和小麦的加工损失率分别为 20% 和 2%,并首次估算了食用油损失量为 150 万吨^[5]。何安华等提出,谷物类粮食加工损失率范围为 1.5%—2%^[6]。但由于该类研究结论主要依赖二手数据,与实地调研结果存在一定偏差,其研究结论的代表性仍有待验证。

近年来,相关研究开始注重实地调研,且逐渐向不同区域和品种拓展,但由于对粮食加工损失缺乏统一界定,导致研究结论并不一致。樊琦等基于湖北省 9 家稻谷加工企业的调研,估算稻谷加工损失率为 20%^[7]。然而,该研究仅覆盖单一省份,缺乏对不同地区和品种的考察。卢士军等通过对 6 家加工企业的访谈发现,稻谷加工损失率仅为 1.73%^[8],与樊琦等的研究结果存在差异,可能与样本企业规模、技术水平和区域特征有关。此外,赵霞等基于 2016 年粮食全链条调研数据,测得稻谷、小麦和大豆加工环节的损失率分别为 16.95%、0.96%、0.56%,并测算得出粮食加工综合损失率为 6.47%^[9]。然而,该研究未明确界定核心概念和研究口径,导致其测算结果在跨区域比较中存在较大差异,影响了研究结论的适用性。

表 1 粮食加工损失测算方法及结果

研究者	粮食品种	加工损失水平	研究方法
詹玉荣	稻谷、小麦和玉米综合损失率	3.75%	问卷调查
何安华等	稻谷、小麦和大豆综合损失率	2%	文献资料
樊琦等	稻谷损失率	20%	实地调查和访谈
赵红雷	稻谷损失率	20%	文献资料
	小麦损失率	2%	
	食用油损失量	150 万吨	
卢士军等	稻谷损失率	1.73%	问卷调查和访谈
赵霞等	稻谷损失率	16.95%	实地调查
	小麦损失率	0.96%	
	大豆损失率	0.56%	
武拉平	稻谷、小麦和玉米综合损失率	6.03%	实地调查

总体来看,既有研究从粮食加工损失的概念界定、损失率测算及影响因素等方面展开了广泛研究,取得了较为丰富的成果。然而,现有研究仍存在以下不足:第一,粮食加工环节损失的概念界定和研究口径尚未统一。学者们在研究方法、样本选择和数据来源等方面的不同,导致测算结果存在较大差异,难以形成一致结论。第二,现有研究多局限于单一品种或特定区域,缺乏全国范围内多品种的系统性调查。如樊琦等和卢士军等的研究仅针对湖北省的稻谷加工企业,未能反映其他地区和品种的损失情况,导致结果的代表性和普适性不足。

减少粮食加工损失既是节粮减损工作的重要组成部分,也是保障粮食安全的关键举措。然而,由于缺乏统一的研究口径,现有研究中对粮食加工损失的测算结果存在较大差异,尚未达成一致共识。为

此,本研究将对粮食加工损失的概念、外延及研究口径进行明确界定,以提高数据的准确性和可比性。

2. 粮食加工环节损失的概念界定

粮食损失浪费不仅降低资源利用效率,还影响粮食供应的稳定性,不利于保障粮食安全和可持续发展,引发了社会各界的广泛关注。2015年,联合国可持续发展目标(SDGs)包括:“到2030年,将零售和消费环节的全球人均食物浪费减半,减少生产与供应环节的食物损失。”这一目标的提出凸显了粮食损失浪费问题的重要性。粮食损失浪费贯穿于粮食供应链的各个环节,包括收获、干燥、储藏、加工、运输、销售和消费等,相关概念有粮食损失和粮食浪费等。粮食损失通常指原本可供人类食用的粮食,由于自然或人为因素而离开食物供应链,导致数量减少^[10]。其发生在粮食供应链前端,如收获、储藏和加工等环节^[11],由技术水平、生产和供给政策等因素引起^[12-15]。粮食浪费则主要集中在食物供应链末端,即零售和消费环节,主要由人们的经济行为或者疏忽不重视等引起^[16-19]。

本文以粮食加工环节为研究对象,将重点关注粮食加工环节损失的概念界定及测算方法。与收获、储藏、运输等环节相比,粮食加工环节涉及复杂的工艺流程和多样化的副产物利用形式,若缺乏实地调研数据支撑,仅凭理论对加工损失的概念进行界定,将导致测算结果与实际生产情况相脱节,难以准确反映真实的损失水平,削弱研究结论的科学性和说服力。对此,本文基于中国农业大学武拉平教授团队开展的实地调研结果,结合不同政策目标,从口粮和大食物观两个视角对加工环节损失进行界定,口粮视角对应的政策目标是口粮绝对安全,食物视角对应的是大食物观目标,使得研究视角更加多样化,也更符合粮食加工实际生产情况,以下是对两个口径的具体概念界定。

一是口粮视角。指原本可供人类食用,但由于自然和人为等因素导致被丢弃、遗撒,或转作饲料、肥料等降级使用的非口粮食用部分。即在“口粮安全”视角下,只要没有被用作口粮便被视为损失。

二是食物视角。以“是否进入或再次进入食物供应链”为标准,即原本可进入食物供应链(包括用作饲料原料等),但被丢弃或遗撒而不能直接或间接进入食物链的粮食。按照这一口径,损失的粮食如果被再次利用加工为食物或被用作饲料生产畜产品,都不算损失。

本文根据粮食作物的功能定位差异构建粮食损

失测量体系。鉴于稻谷和小麦在中国粮食安全体系中承担核心口粮功能,采用口粮安全口径进行加工损失测算;而大豆和玉米以饲料用粮为主,引入大食物观口径进行加工损失测算。例如,2023年中国玉米饲用消费量1.93亿吨,占产量的65.22%,工业加工用量8120万吨,约占产量的27.44%,而食用消费量约为990万吨,仅占产量的3.35%^④。这种分类测算方法体现了主粮与非主粮作物的功能定位差异,确保粮食加工损失的评估结果与产业实际需求相衔接。

二、中国粮食加工环节损失现状及减损潜力

本文通过科学设计粮食加工环节损失指标,结合实地调研结果,分析损失特征并评估减损潜力,以揭示中国粮食加工环节的损失现状与减损潜力。首先,针对主粮作物功能定位的差异,构建口粮安全保障和大食物观视角下的损失测算指标体系,提出适配不同粮食品种的测算方法,提升损失量化的科学性和可操作性。其次,结合全国范围内的实地调研数据,分析2023年粮食加工环节的损失现状。最后,提出粮食加工环节减损的短期模拟方案,并采用“剔除三倍标准差”方法,对粮食加工环节减损潜力进行量化分析。

1. 粮食加工环节损失指标设计

为科学量化粮食加工环节损失,基于稻谷、小麦、大豆和玉米四个品种的特性,从口粮和食物两个视角构建测量指标体系。该指标体系设计遵循两个原则:一是针对不同粮食品种,建立差异化测量模型,以确保准确反映实际加工的损失情况;二是采用可操作性的关键参数采集方法,在保证数据准确的前提下降低调查成本,为建立常态化粮食加工环节损失监测体系提供技术支撑。

从口粮视角出发,稻谷加工环节损失以百吨原粮加工量为基准单位,采用物料衡算法核算各产出物的重量,具体测算公式为:

$$L_r = \sum (C_i + C_s + C_b + C_y + C_e) - aC_f \quad (1)$$

公式(1)中, L_r 为稻谷加工环节损失量^⑤, C_i 为大碎重量、 C_s 为小碎重量、 C_b 为白糠重量、 C_y 为黄粒重量、 C_e 为垩白粒产物总量、 C_f 为可回收食品用途的处理量, a 为食用副产物转化率($0 \leq a \leq 1$)。

从口粮视角测算小麦加工环节损失时,仍以百吨原粮加工量为基准单位,采用加工产物去向分析

法。具体测算公式为：

$$L_w = E_r - (E_c + E_s) \quad (2)$$

公式(2)中, L_w 为小麦加工环节损失量, E_r 为小麦出粉量, E_c 为供直接食用的专用面粉产出重量, E_s 为深加工转化重量,包括谷朮粉、面筋等原料的转化重量。

基于食物视角,将大豆加工环节的损失划分为毛油提取和成品油精炼两个阶段。在毛油提取阶段,损失发生在精选、破碎、软化、去皮、压胚、蒸炒和压榨(或浸出)等工艺环节;在成品油精炼阶段,损失则取决于脱胶工序产生的皂角是否重新引入食物供应链。当皂角被二次利用时,毛油提炼损失和精炼损失将被合并计算。

从食物视角测算玉米加工损失,集中在三个方面:一是在清理杂质过程中,部分原粮被带出的损失;二是在仓储过程中,由于管理不善导致病虫害等数量损失;三是在粉碎过程中,由于发热和机器碾磨产生的粉尘损失,三类损失加总得到综合损失量。具体测算公式为:

$$L_m = W_i + W_s + W_d \quad (3)$$

公式(3)中, L_m 为玉米加工损失量, W_i 为清理杂质环节损失量, W_s 为仓储管理损失量, W_d 为粉碎工序的损失量。

2. 粮食加工环节损失现状

本研究的数据来源于国家社会科学基金重大项目“粮食全链条节约减损行动方案及政策体系研究”资助的“粮食加工损失调查”(Grain Processing Losses Study,简称GPLS)项目。该调查由中国农业大学武拉平教授团队主持设计,于2024年7月至9月在全国范围内开展,重点选取湖北、安徽、吉林、黑龙江、内蒙古等粮食主产省份作为样本区域。调研运用实地考察、问卷调查及深度访谈等方式,收集了稻谷、小麦、玉米和大豆四个品种的数据,调研内容重点聚焦在粮食加工企业的基本特征、工艺流程参数、加工环节损失情况及其影响因素。

表2为2023年粮食加工环节的损失率和损失量。由于粮食作物的用途存在差异,即小麦和稻谷为口粮作物,大豆是主要的油料作物,玉米则作为重要的饲料作物。因此,利用口粮视角测算小麦和稻谷的加工损失率,而大豆和玉米的加工损失率则从大食物观口径进行测算。可以看出,不同粮食作物的加工损失率存在显著差异,总体损失量保持在较高水平。

第一,从粮食综合损失来看,2023年四种粮食

作物综合损失率为5.31%,根据当年产量计算损失量为3463.12万吨。

第二,从粮食品种来看,稻谷加工环节损失最高,损失率为11.67%;小麦次之,损失率为6.32%,大豆损失率为3.10%,玉米的加工环节损失率最低,为0.43%。稻谷的高损失率主要由于过度加工引起,玉米加工环节损失率偏低,主要是因为玉米多为初加工。

第三,从损失量来看,稻谷、小麦、玉米和大豆的加工损失量分别为2411.06万吨、863.25万吨、124.20万吨和64.61万吨。可以看出,稻谷损失量最大,大豆损失量最小。

表2 粮食加工环节损失情况

加工环节损失	稻谷	小麦	玉米	大豆	综合
2023 年加工损失率(%)	11.67	6.32	0.43	3.10	5.31
2023 年产量(万吨)	20660.32	13659.01	28884.23	2084.17	65287.73
2023 年加工损失量(万吨)	2411.06	863.25	124.20	64.61	3463.12

注:加工损失量为加工损失率×产量^⑥。

3. 粮食加工环节减损潜力分析

在加工过程中,粮食损失不仅与技术水平密切相关,还受到消费者观念的影响,因而减损是一个复杂的过程。为此,制定减损模拟方案时,除考虑技术水平的变化外,还需要考虑消费者观念的转变。《粮食节约和反食品浪费行动方案》提出,到2027年年底,确保加工环节损失率控制在国际平均水平以下。基于此,本文设定了粮食加工环节减损的五年短期模拟方案。借鉴现有文献的做法,运用样本最小损失率方法,并考虑粮食加工技术保持不变的前提,剔除了部分损失率极小的样本,采用“剔除三倍标准差”的方法^[20]。具体操作为:首先对样本数据取对数,再剔除小于 $\mu-3\sigma$ 和大于 $\mu+3\sigma$ 的异常值。然后,对于剩余样本,按损失率从小到大进行排序,取前5%的损失率均值作为“样本最小损失率”。同时,考虑减损成本,最终确定一个可行的“目标损失率”,据此估算粮食加工环节的减损潜力。

具体损失率目标见表3。从总体来看,依据短期减损方案的预测,到2028年,粮食加工损失率可降低到3.64%,比2023年降低1.66个百分点,若能实现,将减少1084.66万吨粮食损失。从不同品种来看,稻谷的减损潜力最大,短期减损潜力为4.13%,相当于减少853.27万吨稻谷损失;小麦的减

损潜力次之,而玉米和大豆的减损潜力相对较小。

表 3 粮食加工环节减损潜力测算

品种	2023 年损失率 (%)	2028 年目标损失率 (%)	减损潜力 (%)	可减损数量 (万吨)
粮食	5.31	3.64	1.66	1084.66
稻谷	11.67	7.54	4.13	853.27
小麦	6.32	5.07	1.25	170.74
玉米	0.43	0.29	0.14	40.44
大豆	3.10	2.13	0.97	20.22

测算结果表明,中国粮食加工环节损失情况较为严重,损失量高达 3463.12 万吨。同时该环节存在巨大的减损潜力,基于短期减损方案的预测,通过技术改进可减少 1084.66 万吨的粮食损失,减损量占到总损失量的 31.33%。其中,稻谷加工环节的减损潜力尤为突出,占比达到 78.7%。因此,需要在进一步明晰粮食加工环节减损现存问题的基础上,从技术、标准、宣传等多方面制定针对性政策,以实现粮食减损目标。

三、中国粮食加工环节减损面临的主要挑战

实现粮食加工环节减损目标,涉及企业、政府和消费者等多方主体的共同努力,需要从技术、政策、宣传等多方面协调推进。目前,粮食加工环节减损面临诸多挑战,主要包括加工设备和工艺亟待升级,加工标准修订滞后,全链条衔接不畅,消费者认识误区和粮食加工损失调查制度缺失等方面。

1. 粮食加工设备和工艺亟待升级

第一,中国粮食加工企业的装备水平参差不齐。许多企业仍使用陈旧的加工设备,而智能化和数字化柔性设备的应用较为不足,导致在加工过程中,关键参数如研磨强度、撞击强度和加工温度无法得到精准控制,增加了加工损耗。

第二,加工工艺存在区域适应性差异。例如,粳稻产区普遍采用“一砂二铁”的典型工艺配置,但该工艺并不适用于南方籼稻。当对南方籼稻采用相同的工艺参数时,由于其胚乳结构较为疏松、角质层较薄等特征,过短的磨削时间与工艺系统中的高温高压环境会破坏籽粒结构的完整性,导致碎米率和筛下物的增加。

第三,超微粉碎、生物酶解等先进食品加工技术的应用不足,限制了全谷物产品在口感上的改进。

尽管全谷物的推广被视为减少粮食损失的有效途径,但技术瓶颈仍然是制约节粮减损的关键因素。

第四,在副产物利用方面,中国粮食加工行业的深加工技术相对落后。由于创新研发动力不足,缺乏高附加值处理技术,副产物仅限于简单处理。例如,米糠油提取、豆粕和玉米胚芽等副产品的深加工技术尚未取得重大突破,限制了其潜在价值的充分释放。此外,产品质量波动和消费需求疲软相互制约,进一步抑制了副产物资源经济价值的挖掘。

2. 粮食加工标准修订滞后

第一,目前国家粮食加工标准是非强制性的,约束力不够,导致其干预效果较为有限。例如,国家粮食和物资储备局于 2023 年发布了 LS/T 1231-2023《稻米加工技术规程》国家行业标准^⑦,旨在引导企业实施适度加工,减少粮食损失。然而,实地调研发现,由于缺乏对国家行业标准的有效宣传和引导,部分企业仍沿用旧版标准,导致适度加工的引导作用未得到充分发挥。同时,大米等级标准主要依据米胚残留、米粒表面、背沟残留皮层和碎米率等指标判断,标准的客观性较弱,使得加工产成品往往根据客户需求进行调整,加剧了整个行业内过度加工现象。

第二,部分现行标准设置不合理,可能误导消费者,进一步加大粮食加工环节损失。例如,食用油按照一级、二级和三级油进行分级,但不同等级的食用油在原料和营养成分上基本相同,区别在于一级油在加工过程中增加工序用来改善色泽和食用口感,导致精炼过程中的损失率上升。实地调研发现,二级和三级油的精炼损失率约为 2%,而一级油高达 5%。这种标准的划分使得消费者误以为一级油更健康,因而更倾向于购买一级油,导致一级油在市场上的份额日益增加,提高了整个食用油行业的加工损失率。此外,大米的标准设置也存在问题,碎米标准较为严格,例如,一等粳米的碎米率标准为 7.5%,导致大量可食用的大米变成副产物,造成了不必要的资源浪费。

第三,中国粮油加工领域标准国际化水平亟须提升。截至 2019 年,现行 681 项粮油加工标准中,等效采用国际标准的国家标准 68 项,参考国外先进标准 4 项,整体采标率约为 20%,这与欧洲国家(英国 82%、德国 97%、法国 82%)形成明显差距^[21],反映出标准体系与国际接轨存在障碍。究其原因,中国粮油标准制定具有市场导向特征,主要服务于国内市场需求,在标准编制过程中未能充分参考与融合国际技术规范,导致标准体系的国际化程度尚

未满足跨境贸易发展需求。

3. 全链条衔接与品质控制问题

第一,粮食生产与加工环节缺乏有效衔接,导致产业链不完整,从而使得原粮品种的控制变得困难。在粮食生产中,种植阶段未能充分考虑加工环节的需求,导致进入加工环节的品种较为混杂,需要增加额外的加工步骤进行处理,增加了适度加工的实施难度。

第二,烘干环节对原粮品质的影响也不容忽视。在粮食集中收获季节,为提高烘干效率和增加收入,一些烘干厂家采用 70℃—80℃ 的高温快速烘干,将烘干时间从 20 个小时缩短至 12 个小时。然而,短期内快速烘干导致稻谷过度受热,引发破裂和爆腰等问题,增加了加工过程中的破碎率。

第三,储藏环节的管理同样直接影响加工损失。在储粮过程中,为确保粮食的品质或数量,许多企业将水分含量控制在 12%—13%。然而,这一标准低于适宜加工的 14.5% 的水分含量,导致粮食在加工过程中更易破碎,降低了出品率。同时,由于储藏条件和季节变化的差异,粮食水分控制的不稳定性也进一步降低了加工出品率。

4. 消费者对加工产品营养价值存在认识误区

由于消费者对加工产品的营养价值认识不足,倾向于依据外观和口感判断产品质量,导致其偏好精米细面,从而加剧了加工企业的过度加工问题。目前,中国市场上精米的供应占比已超过 90%,细面占比超过 70%,高精度加工的麦芯粉、雪花粉等市场份额持续扩大^[22],直接降低了粮食的出品率。以晚籼稻为例,在实地调研中发现,以 100 斤稻谷为基准,脱壳后可得到约 80 斤糙米,经过碾米、抛光和色选等工序,最终成品率通常为 55%—70%。然而,为了满足消费者对“色泽清白、颗粒均匀”的需求,加工企业不断增加碾米、抛光和色选等工序,每增加一道工序,碎米率上升 0.5 至 1 个百分点^[23]。以每年 11.67% 的稻谷损失率为例,2023 年稻谷产量为 20660 万吨,其中加工环节损失量约为 2411.06 万吨,相当于 337.84 万公顷耕地的产量。如果大米成品率为 55% 的较低水平,大米成品粮年产量仅为 11363 万吨;若能将成品率提升至 70% 的较高水平^[24],则大米成品粮年产量可提高到 14462 万吨,相当于每年额外增加 3099 万吨的产量。

5. 粮食加工环节损失调查评估制度缺失

动态掌握粮食加工损失现状和变化情况,是制定、实施和完善节粮减损政策的基础和前提。建立

粮食加工环节损失的常态化调查评估制度,有助于持续跟踪粮食加工环节损失现状与动态变化,深入探讨加工损失的形成原因,并评估节粮减损政策的实施效果,为推动节粮减损提供重要的数据支撑。然而,当前中国粮食加工环节常态化调查评估制度缺失,难以对节粮减损工作形成有效支撑^[25]。尽管部分研究机构和学者针对特定年份或地区的粮食加工损失情况进行了抽样调查,为理解加工损失情况提供了一定的参考,但是现有研究仍存在着概念界定、统计口径、指标设计、调查方法和抽样标准等不统一的问题,导致难以为连续性和常态化的评估调查制度奠定基础,进而影响《粮食节约和反食品浪费行动方案》的有效实施。

四、中国粮食加工环节 节约减损的实现路径

当前,中国粮食加工环节减损的总体思路为:建立粮食加工环节常态化调查评估制度,动态掌握粮食加工环节现状、形成原因以及影响因素,在此基础上,通过加强科技支撑、完善加工标准和加大节粮减损宣传力度等多项措施,推动加工环节减损目标的实现。具体内容包括以下五个方面。

1. 强化粮食加工环节减损科技支撑

第一,构建产学研一体化创新联合体。依托国家粮食产业技术创新中心,整合装备制造企业、农业科研院所及数字技术公司等资源,构建涵盖“基础研究、共性技术和装备开发”全方位的研发体系,重点攻克柔性加工、数字全流程控制等关键技术,研发具有参数自适应能力的智能化装备。在饲料粮减量替代战略下,需要推动杂粮、杂粕等加工副产物等替代资源的高效利用技术研发,重点突破米糠油提取、豆粕深加工、麸皮等副产物的资源化利用技术,提高粮油加工副产物的增值转化效率。

第二,建立区域适配性技术体系。构建粮食加工参数数据库,运用数字技术模拟不同加工应用场景,针对粳、籼稻的差异,开发差异化加工模块。例如,北方籼稻采用“梯度释放加工”技术,南方籼稻应用“动态控温”工艺,形成适应不同地域和品种的加工工艺。

第三,发展全谷物精准加工技术。组建全谷物产业技术创新战略联盟,集中突破超微粉碎、生物酶解等核心技术瓶颈。开发基于近红外光谱的在线成分检测系统,构建加工参数、营养保留与感官品质之

间的响应模型,研发适合食用感官品质与优良加工性能的全谷物新品种。加强全谷物创新科研攻关,探索建立国家级全谷物产学研合作创新平台,为全谷物产品生产企业提供技术支持。

第四,完善技术推广体系。建立分级分类的企业培训体系,通过技术示范、案例研讨等形式传播节粮减损理念,开展饲料替代资源开发、副产物综合利用等领域的专项培训,帮助企业突破传统加工模式的技术瓶颈,构建“政策引导、技术供给、市场反馈”的创新机制,促进减损技术成果的产业化应用。

2. 优化粮油加工标准

第一,构建标准执行的保障机制。具体而言,一方面,建立“标准执行系数”动态监测系统,将加工精度、碎米率和出米率等关键指标纳入考核体系;另一方面,开发粮油加工企业标准执行数字化监管平台,利用物联网等技术实时采集粮食加工参数,实现标准执行过程的可视化监控。

第二,建立多维度的标准评价体系。推动标准改革,遵循“营养保全优先,适度加工为主”的原则,增加全谷物保留率等指标,构建涵盖营养、感官和加工性能的评价标准。

第三,强化标准对粮食加工副产物产业的引领作用。加快副产物检验的国家和行业标准的制修订,鼓励行业协会或企业制定原创性、高质量的副产物团体标准或企业标准,为副产物的规范化生产和市场推广提供制度保障。同时,加强副产物产品的质量安全管控,实施全过程质量控制,增强副产物产品抽检力度,确保其符合食品安全标准,以保障消费者“舌尖上的安全”。

第四,推动粮食加工标准的对外合作与交流。依据市场需求,引进、参考并采纳国际成熟标准,促进行业标准的创新,提升国内粮油加工行业的竞争力,减少因标准滞后导致的加工损失。例如,参考欧盟营养标签规范,建立“食用油加工强度指数”指标,通过脂肪酸组成、植物甾醇保留率等参数,客观反映加工深度。

3. 优化粮食加工全链条的信息化管理

鼓励有条件的粮食加工企业构建以全产业链为核心的减损策略。具体而言,主要包括原料保障体系构建、智能技术推广、数字化平台搭建等方面。

第一,在粮食主产区建立品种适配和产地直销的原料保障体系,推动加工企业在这些地区布局标准化种植基地与“田间、烘干、仓储”一体化服务中心,实现品种定向培育与管控,确保种植与加工环节

高效衔接。

第二,推广基于粮食特性的智能化节能烘干技术,建立差异化温湿度调控模型,以替代传统高温快烘方式,有效抑制爆腰率与裂纹产生。同时,构建动态水分调控机制,在储藏环节实施“梯度控湿+精准调质”管理模式,将水分含量稳定调控在加工适宜区间,并通过物联网传感技术实现仓储环境的实时监测与智能调节。

第三,搭建覆盖种植、收储、加工全流程的自动化数字平台,建立基于区块链技术的质量追溯系统和数据共享机制,实现各环节工艺参数的智能优化与全链条品质的闭环管控,构建标准化、可追溯的粮食加工质量保障体系。

4. 多渠道加大节粮减损宣传力度

第一,以《粮食节约和反食品浪费行动方案》为指导,构建涵盖制度约束、认知革新、技术规范以及消费转型的全产业链减损体系。通过将节粮减损要求纳入行业规范和市民公约,依托报纸、广播、电视和网络等多种媒体平台开展节粮减损教育,广泛宣传报道减损先进经验和成功做法,发挥示范单位的引领作用,提升全社会的节粮减损意识,推动节粮减损成为每个人的自觉行动,进而形成全社会共识。

第二,实施全谷物推广行动计划,通过多主体、多场景方式,推广全谷物食品。鼓励将全谷物及适度加工食品引进校园、军营和机关单位等场所,推动餐饮行业创新开发全谷物膳食产品替代方案。结合精准化的营养指导与科学消费理念的传播,纠正消费者对精白米面的认知偏差。充分发挥供给侧标准引导和需求侧习惯重塑的作用,遏制过度加工现象,提升粮食资源的利用效率。

5. 建立粮食加工环节损失调查评估制度

合理设计粮食加工环节的调查评估制度,主要包括五个方面:调查评估品种与对象、调查评估指标、调查评估方法、调查样本抽样范围及频次、调查评估的平台选择与工作流程。

第一,调查评估品种与对象。在选取调查评估品种时,综合考虑国家提出的“口粮绝对安全,谷物基本自给”和“大食物观”政策目标,重点关注口粮作物,同时兼顾大宗粮食品种。在选取调查对象时,考虑粮食加工企业的规模、地区等特征,以确保样本的代表性。

第二,调查评估指标。调查评估指标的选取要以损失类指标为主,根据不同粮食品种进行量化设计,用于测度加工环节的粮食损失水平。同时,需要

设计辅助分析类指标,如企业年加工量、工艺流程、加工设备年份等,以便深入探究影响加工环节损失的因素。

第三,调查评估方法。综合运用问卷调查法、典型案例分析和专家评估法等方法。首先,根据科学有效的抽样原则,在粮食主产区选取具有代表性的粮食加工企业作为调查对象,进行问卷调查,收集粮食加工环节损失的原始数据。其次,每个品种选择3—5家具有代表性的企业,进行全流程追踪,记录从原粮进入加工企业到成品出库的各个过程,精准测算各环节粮食加工损失量及具体损失原因,再结合问卷数据进行校对。最后,组织相关专家,运用专业知识对收集的数据进行综合分析,计算综合损失率和损失量,并归纳粮食损失的主要原因,最终形成粮食加工损失水平、影响因素及减损潜力的评估结果。

第四,调查样本抽样范围及频次。样本抽样的选择是调查评估的基础,直接影响数据的代表性和质量。为全面掌握中国粮食加工环节的损失情况,调查样本需覆盖大、中、小规模企业,确保样本的全面性、多样性和代表性。调研频次方面,建议每三年进行一次大规模问卷调查,每年进行一次典型案例调研,以确保数据的及时性和连续性,从而有效跟踪行业变化,确保调查结果的准确性。

第五,调查评估平台选择与工作流程。鉴于粮食损失调查的专业性,可以依托国家粮食和物资储备局已建立的“国家粮油统计信息系统”,以提高效率并减少工作量。工作流程方面,首先,开展前期实地调研,紧密结合粮食加工的实际情况,明确调研内容和重点,及时更新和完善调查指标体系。其次,通过业务培训使工作人员充分理解任务要求,熟悉调查内容,确保调查数据的可靠性。再次,按照既定原则开展调研,对调查资料进行分类、整理、清洗和审核,以保证数据质量。最后,对采集的数据进行汇总,测算粮食加工环节损失总体情况,形成国家粮食加工损失数据库。

结 语

在粮食安全战略从“增产导向”向“提质增效”转型的新发展阶段,粮食加工环节损失在全产业链中占比相对较高,减损潜力较大,因而推动粮食加工环节减损,成为夯实国家粮食安全根基的重要途径。本文从技术、政策、消费三方面出发,探讨了粮食加

工环节减损面临的现实问题,并提出了推动节粮减损战略实施的实践方案。目前,《反食品浪费法》《粮食安全保障法》和《粮食节约和反食品浪费行动方案》等政策文件已初步构建了制度框架,但粮食加工企业在技术采纳上的动力不足,以及消费端的行为惯性较强,导致政策在执行过程中存在“最后一公里”的瓶颈。这种结构性矛盾揭示了传统线性治理模式的局限性,亟须通过多方合力减少粮食加工损失。

在技术创新方面,要构建产学研协同创新机制,依托国家粮食产业技术创新中心,聚焦柔性加工、数字化和智能化等核心技术,开发梯度释放加工、动态控温等差异化技术模块,并推动这些技术在粮食加工企业的应用与推广。在政策实施层面,要突破现有以产量为导向的标准体系,构建包含营养保留率、加工能耗比、成品转化率等指标的多维度评价标准。在消费引导方面,要建立分级分类的科普教育网络,将节粮减损要求纳入行业规范和市民公约,依托线上线下多种途径开展节粮减损教育,并且鼓励在校园、军营和机关单位等场所引入全谷物及适度加工食品,构建多层次的消费引导网络。总之,减少粮食加工损失不仅有助于提高粮食资源的利用效率,也是保障粮食安全的重要途径。未来,仍需要在多方合作下,继续推进技术创新与政策完善,提高粮食产业可持续发展水平,为保障国家粮食安全提供强有力支撑。

注释

- ①此处数据来自李丽颖:《〈中国农业产业发展报告2023〉显示 我国粮食全产业链减损可节粮上千亿斤》,《农民日报》2023年5月25日。
- ②③《中共中央办公厅 国务院办公厅印发〈粮食节约和反食品浪费行动方案〉》,中国政府网,https://www.gov.cn/gongbao/2024/issue_11746/202412/content_6991661.html,2024年11月25日。
- ④此处数据来自农业农村部农产品市场分析预警团队编:《中国农业展望报告(2024—2033)》,中国农业科学技术出版社2024年版。
- ⑤此处各变量均采用单位加工量(吨)的损失量表示,数据采集依托企业的生产台账和实地称重测量。
- ⑥表2中四大粮食品种的产量数据来自国家统计局农村社会经济调查司编:《中国农村统计年鉴2024》,中国统计出版社2024年版。
- ⑦《国家粮食和物资储备局公告(2023年第1号)》,国家粮食和物资储备局网站,https://www.lswz.gov.cn/html/tzgg/2023-03/22/content_274124.shtml,2023年3月22日。

参考文献

- [1]胡永浩,胡南燕,武拉平.2022年中国粮食损失浪费的资源环境效应评估[J].干旱区资源与环境,2024(9):12-19.
- [2]武拉平.我国粮食损失浪费现状与节粮减损潜力研究[J].农业经济问题,2022(11):34-41.

- [3] 杨舒.我国粮食全产业链减损可节粮上千亿斤[N].光明日报, 2023-05-22(10).
- [4] 詹玉荣.全国粮食产后损失抽样调查及分析[J].中国粮食经济, 1995(4):44-47.
- [5] 赵红雷.我国粮食损失的发生机制与治理举措分析[J].中国农业资源与区划,2016(11):92-98.
- [6] 何安华,刘同山,张云华.我国粮食产后损耗及其对粮食安全的影响[J].中国物价,2013(6):79-82.
- [7] 樊琦,刘梦芸,祁华清.我国稻谷加工粮食损失与治理对策研究[J].粮油食品科技,2015(5):117-120.
- [8] 卢士军,刘晓洁,薛莉,等.我国水稻全产业链损耗和浪费量的估算及对应策略[J].中国农业科学,2019(18):3134-3144.
- [9] 赵霞,陶亚萍,曹宝明.中国粮食产后损失评估分析[J].干旱区资源与环境,2022(6):1-7.
- [10] GUSTAVSSON J, CEDERBERG C, SONESSON U, et al. Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention [M]. Rome:FAO,2011:37.
- [11] PARFITT J, BARTHEL M, MACNAUGHTON S. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050 [J]. Philosophical Transactions of The Royal Society B-Biological Sciences,2010(1554):3065-3081.
- [12] ZHANG M Y, LUO Y, HUANG D, et al. Maize storage losses and its main determinants in China[J]. China Agricultural Economic Review,2022(1):17-31.
- [13] 黄东,姚灵,武拉平,等.中国水稻收获环节的损失有多高?——基于5省6地的实验调查[J].自然资源学报,2018(8):1427-1438.
- [14] 李轩复,黄东,武拉平.不同规模农户粮食收获环节损失研究:基于全国28省份3251个农户的实证分析[J].中国软科学,2019(8):184-192.
- [15] 曹芳芳,黄东,朱俊峰,等.小麦收获损失及其主要影响因素:基于1135户小麦种植户的实证分析[J].中国农村观察,2018(2):75-87.
- [16] 王灵恩,成升魁,刘刚,等.中国食物浪费研究的理论与方法探析[J].自然资源学报,2015(5):715-724.
- [17] CHAI D, YU S J, MENG T. Do moral constraints and government interventions promote the willingness and behaviors of food saving among urban residents in China? An empirical study based on structural equation model[J].Food Policy,2024(129):102767.
- [18] MIN S, WANG X B, YU X H. Does dietary knowledge affect household food waste in the developing economy of China? [J]. Food Policy,2021(98):101896.
- [19] SALLY V R, WILLIAM Y, KERRIE L U, et al. Bringing habits and emotions into food waste behaviour[J].Resources, Conservation & Recycling,2017(125):107-114.
- [20] 曹芳芳,武拉平.全产业链减损对中国粮食安全的影响研究:基于局部均衡模型的模拟分析[J].农业技术经济,2024(5):76-90.
- [21] 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(3):1-4.
- [22] 朱满德,李成秀,程国强.保障国家粮食安全:在增产与减损两端同时发力[J].农业现代化研究,2023(2):222-232.
- [23] 赵志浩,邓媛元,魏振承,等.大米适度加工和副产物综合利用现状及展望[J].广东农业科学,2020(11):144-152.
- [24] 傅逸潇,曹宝明,胡迪.粮食过度加工:影响效应、形成原因与治理方案——以稻谷为例[J].世界农业,2025(2):106-116.
- [25] 武拉平,张昆扬.建立粮食产后前端常态化损失调查制度的思路与方案[J].中州学刊,2023(6):58-64.

Current Situation, Dilemma and Loss Reduction Path of Grain Processing Losses in China

Wu Laping Hu Nanyan

Abstract: Only when the food is safe can the country be safe, and reducing food loss is an important way to guarantee food security. Grain processing is not only the link between production and consumption, but also the most serious link in which grain losses occur. Grasping the current situation of food processing losses and loss reduction potential, and taking targeted measures to promote food loss reduction in the processing chain are crucial to guaranteeing food security. Therefore, on the basis of defining the concept of grain processing losses, this study analyzes the current situation of grain processing losses and the potential for loss reduction by using the 2023 research data. The findings show that China's grain processing loss rate was 5.31% in 2023, and according to the grain output of that year, the loss amount reached 34.63 million tons. Based on the minimum loss rate of the sample and the feasibility of production technology, the target loss rate of processing is calculated to be 3.64%, with a loss reduction potential of 1.66%, which is equivalent to a reduction of 10.84 million tons of grain loss. However, there are still problems such as outdated technology and equipment, misperceptions among consumers, and the lack of a survey system. Therefore, it is urgent to unleash the loss reduction potential of the processing chain and strengthen the foundation of national food security by upgrading processing equipment and technology, strengthening the publicity of food saving and loss reduction, and establishing a sound system of food loss survey and assessment.

Key words: food security; processing losses; loss reduction potential

责任编辑: 谢文