

预熟杂粮加工方法及风险控制

赵悦彤, 张世成, 曹冬梅

Processing Method and Risk Control of Precooked Coarse Cereals

ZHAO Yuetong, ZHANG Shicheng, and CAO Dongmei

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023110221>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

杂粮营养功能与安全研究进展

Advances in the Nutritional Function and Safety of Coarse Cereals

食品工业科技. 2021, 42(14): 362-370 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020060341>

食品流通领域风险分析与风险控制

Risk Analysis and Control in the Field of Food Circulation

食品工业科技. 2020, 41(19): 240-243 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020.19.037>

香辛料食品安全风险因子研究进展

Research Progress on Food Safety Risk Factors of Spices

食品工业科技. 2020, 41(14): 323-328,336 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020.14.052>

应急管理视角下食品安全风险交流的应用研究

Practical Application of Food Safety Risk Communication from the Perspective of Emergency Management

食品工业科技. 2019, 40(17): 196-201,211 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2019.17.032>

大豆及其制品质量安全风险及控制措施研究进展

Research Progress on the Quality Safety Risks and Control Strategies for Soybeans and Their Derivatives

食品工业科技. 2024, 45(10): 364-375 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023060187>

新兴食品安全潜在风险因子生物碱成分的研究进展

Research Progress on Alkaloids as Emerging Potential Risk Factors for Food Safety

食品工业科技. 2023, 44(8): 485-494 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022070090>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

赵悦彤, 张世成, 曹冬梅. 预熟杂粮加工方法及风险控制 [J]. 食品工业科技, 2024, 45(21): 397-408. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023110221

ZHAO Yuetong, ZHANG Shicheng, CAO Dongmei. Processing Method and Risk Control of Precooked Coarse Cereals[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(21): 397-408. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023110221

· 专题综述 ·

预熟杂粮加工方法及风险控制

赵悦彤^{1,2}, 张世成^{1,2}, 曹冬梅^{1,2,3,4,*}

(1.黑龙江八一农垦大学食品学院, 黑龙江大庆 163319;

2.黑龙江省农产品加工与质量安全重点实验室, 黑龙江大庆 163319;

3.国家杂粮工程技术研究中心, 黑龙江大庆 163319;

4.黑龙江省杂粮加工及质量安全工程技术研究中心, 黑龙江大庆 163319)

摘要: 随着人们生活水平及保健意识的提高, 近年来杂粮逐渐成为了人们餐桌上高频率出现的食物。杂粮所富含的营养物质与功能成分对膳食健康具有重要意义, 同时杂粮对于预防及改善各种慢性疾病也具有一定的疗效。由于杂粮质地较为坚硬, 难以煮熟, 所以杂粮预熟化处理为当下快节奏的生活提供了便利。近年来, 预熟杂粮被广泛研究, 预熟化的加工方法也呈多元化发展, 但预熟杂粮在生产过程中易受到物理、化学、生物等方面的影响, 对风险因子进行有效控制是预防食品安全问题的关键。本文介绍了杂粮预熟化的不同加工方法, 针对加工过程各环节可能存在的潜在危害进行风险分析, 讨论风险因子的控制措施, 为进一步研究预熟杂粮的理化特性及预熟杂粮深加工的研制提供理论参考。

关键词: 预熟杂粮, 风险因子, 食品安全, 质量控制

中图分类号: TS213

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2024)21-0397-12

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023110221



本文网刊:

Processing Method and Risk Control of Precooked Coarse Cereals

ZHAO Yuetong^{1,2}, ZHANG Shicheng^{1,2}, CAO Dongmei^{1,2,3,4,*}

(1.College of Food Science, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China;

2.Key Laboratory of Agro-products Processing and Quality Safety of Heilongjiang Province, Daqing 163319, China;

3.National Coarse Cereals Engineering Research Center, Daqing 163319, China;

4.Heilongjiang Engineering Research Center for Coarse Cereals Processing and Quality Safety, Daqing 163319, China)

Abstract: With the improvement of living standards and increased health awareness, coarse cereals have gradually gained popularity as a high-frequency food in recent years. The abundant nutrients and functional components present in coarse cereals play a crucial role in promoting dietary health and have been proven to be effective in preventing and managing various chronic diseases. Due to the hard texture of coarse cereals, which are difficult to cook, precooking treatment of coarse cereals provides convenience for individuals leading fast-paced lifestyles. In recent years, extensive research has been conducted on precooked coarse cereals, and the processing methods have diversified. Nevertheless, the production process of precooked coarse cereals is susceptible to physical, chemical, and biological influences that can pose risks to food safety. Therefore, effective control of these risk factors is essential for prevention purposes. This paper introduces different processing methods of precooked coarse cereals while conducting risk analysis based on potential hazards at each stage of the processing process. Furthermore, it discusses control measures for these risk factors, which serve as theoretical references for further studies on physicochemical properties of precooked coarse cereals as well as the development of their deep processing.

Key words: precooked coarse cereals; risk factors; food safety; quality control

收稿日期: 2023-11-22

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFE0206300); 黑龙江省杂粮生产与加工优势特色学科项目(2022-78)。

作者简介: 赵悦彤(1997-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工与安全, E-mail: z18045622986@163.com。

* 通信作者: 曹冬梅(1969-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 农产品加工与食品安全, E-mail: caodong3018@sina.com。

杂粮通常是指除水稻、小麦、玉米、大豆等主粮以外的原粮的统称,包括黑米、薏仁米、高粱、红小豆、绿豆、芸豆等^[1]。杂粮中除了含有蛋白质、碳水化合物、矿物质等营养物质,还富含多酚、多糖、 β -葡聚糖、植物甾醇、酚酸等多种活性成分^[2-4],对于预防高血压^[5]、糖尿病^[6]、直肠癌^[7]、乳房癌^[8]等多种慢性疾病具有积极的作用。近年来,随着人们对膳食营养的追求不断提高,杂粮产品受到了广大消费者的欢迎,其产品往往以杂粮、杂粮粉、饮料、焙烤食品等形式出现,在市场上有一定的占有率,但产品加工缺乏创新,对于杂粮主食化的需求也无法满足。对杂粮进行预熟化处理能够实现杂粮与大米同煮同熟,符合现代化简约、快速的生活节奏,同时可达到营养均衡的目的。随着杂粮加工方式的多样化发展,杂粮预熟化方法也随之增多,可通过微波法、蒸煮法、挤压膨化法等方法来实现,而后续加工中的干燥方法也较为多变,微波干燥、热风干燥、真空冷冻干燥、高温流化干燥等方法都能较好地完成预熟杂粮的干燥环节。

我国杂粮行业发展起步较晚,加之我国居民大多以精米精面为主食,使我国杂粮产业的发展产生了一定的局限性。有研究表明,精米精面属于高GI食物,其摄入量与糖尿病风险具有相关性,且精米精面中的维生素、矿物质、膳食纤维等营养物质也低于杂粮^[9],杂粮中的多种营养成分刚好可以与主粮进行互补。近年来,受疫情因素的影响使消费者对于具有天然功能成分的杂粮产生了旺盛需求,这使得杂粮市场焕发出勃勃生机,预熟杂粮迎来了新的发展起点。除了家庭加工方便、省时之外,预熟杂粮还为餐饮行业提供了便利,对于一些轻食餐饮行业来说,其具有操作简单、出餐快等优点。此外预熟杂粮还可作为预熟杂粮粥、杂粮粉等杂粮深加工产品的前处理步骤。燕之坊、北纯、十六膳、北大荒等企业均生产了预熟杂粮产品,通过淘宝、京东、直播平台等线上销售渠道与线下合作企业同步销售,且销量可观,由此可见预熟杂粮行业的发展趋势较好。

目前,预熟杂粮产品的生产规模和发展水平不一,部分企业还处于初步发展阶段,存在生产技术落后、生产环境不达标、产品质量不一致等问题,且企业都在执行自行制定的企业标准,并没有统一的管理标准。在食品生产、运输、包装、贮存、销售过程中极易产生或混进有毒有害物质,进而引发食品安全事件,损害消费者的身心健康,影响企业形象^[10]。针对加工过程中存在的潜在风险,危害分析与关键控制点(Hazard Analysis and Critical Control Point, HACCP)的计划能够从源头上控制潜在危害,是防止食源性疾病预防的有效策略^[11],可以通过制定相应的控制措施来确保产品的质量、维护消费者的基本权益。本文概述了杂粮的不同预熟化处理方法,对加工环节存在的潜在危害及风险因子展开分析,并提

出相应的控制措施,为预熟杂粮的工艺研究及生产环节的安全控制提供理论支持。

1 预熟杂粮加工方法

1.1 预熟方法

1.1.1 微波熟化 杂粮微波熟化工艺流程如图1所示。



图1 杂粮微波熟化工艺流程图

Fig.1 Process flow chart of microwave ripening of coarse cereals

微波熟化是指微波辐射到物料内部,极性分子在微波的振动下旋转,瞬间产生热量,产生的蒸汽通过梯度扩散使食品内部和外部同时受热,达到预熟的效果^[12]。

曹格等^[13]在微波功率640W,微波时间30s条件下对红豆进行预熟处理,此时红豆的粘性提高,硬度显著降低,通过模拟大米的蒸煮条件对红豆进行复煮后未出现白芯。但研究发现糊化度过大会导致红豆表皮脱落,淀粉颗粒破裂,影响复水性及感官指标,为保证良好品质须严格把控操作参数。刘佳男等^[14]发现薏仁米经46.4℃的水温浸泡3.9h,微波功率为600W条件下处理85s可实现与大米同煮同熟,由于微波使薏仁米的结构疏松,颗粒内会形成孔隙,利于复水,使糊化度升高,预熟后薏仁米的表观形态完整,口感更佳。Zhang等^[15]以糊化度和感官评分为标准,对微波预熟的红小豆进行工艺参数的选取,最佳条件为浸泡时间7.8h,微波功率830W,微波时间92s时达到较好的预熟效果。李晓蒙^[16]在预熟绿豆的研究中发现30℃恒温浸泡5h,微波功率为1800W,间歇微波2min,绿豆与大米共煮时能达到同熟。王立东等^[17]在微波预熟红小豆的研究中发现经45℃水温浸泡9h,蒸汽加热处理20min,微波功率13.4kW,微波17min时,预熟红小豆的复水性与感官状态较好,且产品的硬度、破碎力及咀嚼性都有所降低。

微波加热具有加热均匀、加热快、穿透力高、能耗低等优点,常用于预熟食品的生产加工,但微波处理温度过高或时间过长会影响食品中脂肪、蛋白质、碳水化合物、维生素等营养成分的结构^[18],因此应用此方法时需要明确微波预熟的正确操作方法及工艺参数,避免营养成分流失。

1.1.2 蒸煮熟化 杂粮蒸煮熟化工艺流程见图2。

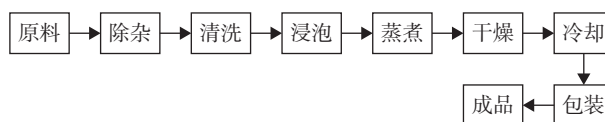


图2 杂粮蒸煮熟化工艺流程图

Fig.2 Process flow chart of cooking ripening of coarse cereals

蒸煮是指在高压或常压条件下以水为传热介

质, 热量通过蒸汽传递到杂粮中使其熟化的方法, 此方法在杂粮的预熟化处理中较为普遍。

杜明珠等^[19]研究发现, 黑豆浸泡 1.5 h, 蒸煮压力为 121 °C, 蒸煮 4.8 min 后, 其外观形态完整, 可以与大米同煮同熟。孙军涛等^[20]研究了常压蒸煮与高温高压蒸煮对薏米的预熟效果, 结果发现常压蒸煮条件为 40 °C 恒温浸泡 2.5 h, 物料厚度 0.7 cm, 蒸煮 15 min 时薏米的硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性等均有明显提升, 可与小米同熟; 高温高压蒸煮条件为 40 °C 恒温浸泡 1 h, 蒸煮温度 115 °C, 蒸煮时间 3 min 时也达到了相同的效果。于雷等^[21]发现蒸煮压力为 50 kPa、蒸煮时间 4.5 min 时绿豆能与大米同煮同熟, 但由于蒸煮过程中温度和压力较高, 淀粉分子间的相互作用增强, 与脂质的结合减弱, 发生淀粉脂质复合物分解, 使预熟后的绿豆淀粉含量增加。王俊国等^[22]研究了薏米在超高压处理时蒸煮和食用品质的变化, 发现蒸煮会改变薏米颗粒的结构, 使其糊化度升高, 蛋白质变性, 从而使口感品质得到改善, 研究结果表明 300 MPa 压力蒸煮后的薏米含水率提高、白度增加、透光度略有降低, 感观品质、蒸煮品质及食用品质均较好。

蒸煮可以降低杂粮的硬度, 且营养物质损失量较少, 可以使杂粮保持良好的风味, 但蒸煮时间过长或者压力过大会破坏杂粮的表现形状, 导致固形物流失^[23], 在操作过程中应控制好蒸煮的温度、压力及时间, 保证预熟杂粮的良好品质。

1.1.3 挤压膨化法 挤压膨化技术是通过机械摩擦、剪切和压力变换, 使物料在螺杆、料筒之间迅速膨胀并形成多孔结构^[24], 在预熟杂粮人造米的加工中得到较为广泛的应用, 工艺流程如图 3。

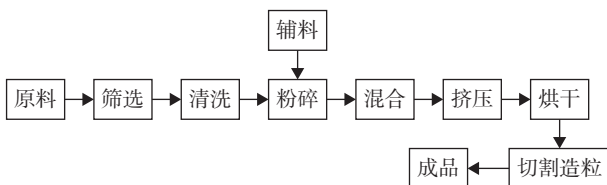


图 3 杂粮挤压膨化法熟化工艺流程图

Fig.3 Process flow chart of coarse cereals curing by extrusion expansion method

张颖等^[25]使用挤压膨化法将大米、小麦、玉米、燕麦、鹰嘴豆粉碎, 再经挤压温度 160 °C, 水分含量 20%, 螺杆转速 160 r/min, 进料速度 240 g/min 的条件进行预熟, 所制得的重组米口感与外观都较为接近大米。殷明等^[26]以大米、小麦、燕麦、玉米为原料, 将其粉碎后加水搅拌, 放入单螺杆挤压成型机中在机筒温度为 120 °C, 水分含量 24%、螺杆转速为 220 r/min 条件下进行挤压定型, 在 80 °C 热风干燥 1 h 制得杂粮人造米。蒋卉^[27]利用类似的方法, 将碎米、燕麦、小麦粉碎后用双螺杆挤压机生产杂粮复合米, 研究发现 I 区 65 °C、II 区 129 °C、III 区

95 °C、螺杆转速 300 r/min 为最佳工艺, 此时产品的品质较好。

挤压膨化法处理的杂粮产品能将人体难以吸收的大分子物质分解为小分子营养物质, 能够改善风味、提升产品口感并促进消化吸收^[28]。但此方法会破坏杂粮原有的质构与形状, 且挤压过程中工艺参数的控制比较复杂, 需要严格把控工艺参数, 避免影响产品的品质。

1.2 干燥方法

1.2.1 微波干燥 微波干燥是指通过微波对介质材料进行快速加热使食品原料强力脱水的技术^[29], 是食品加工领域中新型的干燥方法, 近年来被广泛应用于预熟杂粮的生产加工。

涂向辉等^[30]通过微波干燥技术对高粱、燕麦、黑米、荞麦、薏仁米、大米等几种速食谷物进行工艺优化, 研究表明当干燥功率为 450 W、干燥时间 25 min、复水率为 2.85% 时达到了比较理想的预熟效果。张桂芳等^[31]研究发现在微波功率 50 W 干燥 13 min 后预熟绿豆的含水量较低, 复水性及感官指标均良好。Shi 等^[32]利用微波干燥处理预熟绿豆, 经微波功率 300 W, 干燥时间 30 min, 绿豆呈现出较好的预熟效果, 使干燥时间由 120 min 缩短到 25~30 min, 而且微波干燥过程中的快速脱水过程限制了糊化淀粉的重新组装和弱 V 型结晶的形成, 使绿豆的消化率得到了进一步提高。Divekar 等^[33]发现鹰嘴豆、木豆、红扁豆、绿豆、斑豆的微波功率为 600 W、微波干燥时间 56 s 时淀粉糊化效果较好, 淀粉糊化有助于提高豆类在蒸煮过程中的吸水率, 从而缩短豆类的蒸煮时间。

微波干燥技术不仅具有干燥速度快、节省能源、对食品品质影响小等优点, 而且干燥过程中还可以起到杀菌的作用^[34], 然而与其他传统干燥方法相比, 由于微波干燥技术的干燥速度快, 当物料内部温度高于表面温度时, 大量水分子从物料中蒸发, 而组织中原有水分所占的位置不变, 易导致产品产生多孔结构^[35]。此外温度过高通常会导致食品产生异味, 尤其是在微波干燥的最后阶段, 所以利用微波干燥技术处理食品时应考虑工艺参数的控制与优化。

1.2.2 热风干燥 热风干燥是以热风为介质, 通过对流循环的方式与物料进行热质交换, 使物料内的水分降低, 从而达到干燥的目的, 是粮食加工常用到的干燥方式^[36]。

吴练军^[37]以燕麦和小麦为原料研制方便杂粮粥, 原料先经 30 min 浸泡, 80 °C 表面干热处理 10 min, 再通过 90 °C 的热风干燥处理 90 min, 此时样品呈现出较好的复水效果与感官品质。王婷^[38]在芸豆预熟化的研究中发现经 50 °C 浸泡 30 min, 低压蒸煮压力为 50 kPa 时蒸煮 5 min, 90 °C 的热风干燥处理后, 芸豆达到较好的预熟效果, 且颗粒外观呈现出相对完整的结构。涂向辉等^[39]将粳米与薏仁

米、黑米、荞麦、高粱、燕麦等杂粮进行混合制作方便杂粮米饭,研究发现米粒厚度为 0.6 cm,热风干燥温度为 100 ℃ 处理 70 min 时的复水效果最佳。许晓兰等^[40]在方便杂粮米饭的研究中发现粳米、荞麦、燕麦、高粱、薏仁、黑米的工艺参数为浸泡温度 50 ℃、浸泡时间 80 min、蒸煮米水比例 1:2、蒸煮时间 35 min、热风干燥温度 100 ℃,此条件下杂粮的表现光滑、完整,口感较好。

热风干燥具有操作简单、成本低、适用性强等特点,但其存在较大的能耗,由于受热不均还易使产品发生褐变等问题,使最终产品质量劣化,可利用热风干燥与其他干燥技术进行联合使用,通过优势互补来解决此类问题的发生^[41]。

1.2.3 真空冷冻干燥 真空冷冻干燥技术是一种将原料冷冻到共晶点温度以下,在低压下通过升华的方式将原料中的水分去除的干燥技术,在食品加工业被广泛应用与研究^[42]。

赵慧等^[43]研究发现预冻温度-32 ℃ 冷冻 3.5 h,干燥温度 120 ℃,冲调比 1:5,此条件下得到的冻干燕麦粥的品质达到了企业要求。张智超等^[44]探究了不同干燥方式对薏米品质的影响,研究发现真空冷冻干燥温度为-49 ℃,干燥时间为 5 h、物料厚度为 2.5 cm,由于真空冷冻干燥使物料中的水分直接在冷冻状态下升华,内部呈现多孔性,复煮时的复水性较好,使薏米的硬度降低了约 3 倍,与鼓风干燥和微波干燥相比,薏米的亮度与色泽也保持的更好,能实现与小米同煮共熟。孙军涛等^[45]也得到了类似的结

论,利用鼓风干燥、微波干燥和真空冷冻干燥三种干燥方式对预熟红豆的影响进行了研究,结果发现当温度为-49 ℃ 进行真空冷冻干燥 7 h、物料厚度 2.0 cm 时处理的红豆可与小米同煮同熟,且相较于其他两种干燥方式,真空冷冻干燥处理的红豆表现色泽更好。巩僖^[46]研究了真空冷冻干燥对预熟红小豆和预熟芸豆的影响,研究表明经 50 ℃ 浸泡 4 h,红小豆在-25 ℃,芸豆在-35 ℃ 预冻 4 h,再通过-45 ℃ 升华干燥 30 h,50 ℃ 解析干燥 10 h 处理后烹调时间显著缩短,复水后的感官指标较为理想。

真空冷冻干燥技术能使食品中的营养成分更好地保留下来,其对食品内部结构的破坏小,复水效果好,还可以避免因热处理而发生的褐变现象^[47]。但真空冷冻干燥存在产品处理时间长、能耗高的缺点,可在预处理阶段对产品进行脱水处理来减少真空冷冻干燥的时间与能耗^[48]。

1.2.4 高温流化干燥 高温流化技术主要是指通过拓宽籽粒水分通道,打破吸水障碍,提高吸水性能,使淀粉吸收更多水分,糊化更加彻底,还能改善蒸煮的口感和风味^[49]。

滕菲等^[50]在高温流化处理黑米的研究中发现流化温度 155 ℃、流化时间 60 s、进料速度 60 kg/h 是预熟黑米的最佳工艺参数,经过处理后黑米饭的柔软度及黏性等指标显著提高,解决了黑米口感差、异味重等问题。李永富等^[51]通过高温流化技术对红小豆蒸煮品质的影响进行了研究,结果发现经流化温度 215 ℃、流化处理时间 55 s、进料速率 62 kg/h 的条

表 1 预熟杂粮干燥方法处理参数及优缺点

Table 1 Treatment parameters and advantages and disadvantages of precooked coarse cereals drying methods

干燥方法	原料	处理参数	优点	缺点	参考文献
微波干燥	高粱、燕麦、黑米、荞麦、薏仁米、大米	微波干燥功率: 450 W, 干燥时间: 25 min			[30]
	绿豆	浸泡温度: 50 ℃, 浸泡时间: 3 h, 蒸制时间: 20 min, 微波干燥功率: 50 W, 微波干燥时间: 13 min	干燥速度快、节省能源、对食品品质影响小	易使食品产生多孔结构; 温度过高可导致食品产生异味	[31]
	绿豆	微波干燥功率: 300 W, 干燥时间: 30 min			[32]
热风干燥	鹰嘴豆、木豆、红扁豆、绿豆、斑豆	微波干燥功率: 600 W, 干燥时间: 56 s			[33]
	燕麦、小麦	浸泡时间: 30 min, 表面干燥温度: 80 ℃, 表面干燥时间: 10 min, 热风干燥温度: 90 ℃, 干燥时间: 90 min			[37]
	芸豆	浸泡温度: 50 ℃, 低压蒸煮压力: 50 kPa, 低压蒸煮时间: 5 min, 热风干燥温度: 90 ℃	操作简单、成本低、适用性强	能耗大, 受热不均	[38]
真空冷冻干燥	粳米、薏仁米、黑米、荞麦、高粱、燕麦	米粒厚度: 0.6 cm, 热风干燥温度: 100 ℃, 干燥时间: 70 min			[39]
	粳米、燕麦、高粱、黑米、薏仁、荞麦	浸泡温度: 50 ℃, 浸泡时间: 80 min, 蒸煮时间: 35 min, 热风干燥温度: 100 ℃			[40]
	燕麦	预冻温度: -32 ℃, 冷冻时间: 3.5 h, 干燥温度: 120 ℃			[43]
	薏米	真空冷冻干燥温度: -49 ℃, 干燥时间: 5 h, 物料厚度: 2.5 cm	更好地保留杂粮中的营养成分; 对食品内部结构的破坏小; 复水效果好; 可避免因热处理而发生的褐变现象	处理时间长、能耗高	[44]
	红豆	真空冷冻干燥温度: -49 ℃, 干燥时间: 7 h, 物料厚度: 2.0 cm			[45]
高温流化干燥	红小豆、芸豆	浸泡温度: 50 ℃, 浸泡时间: 4 h, 预冻温度: (红小豆)-25 ℃, (芸豆)-35 ℃, 预冻时间: 4 h, 升华干燥温度: -45 ℃, 干燥时间: 30 h, 解析干燥温度: 50 ℃, 干燥时间: 10 h			[46]
	黑米	流化温度 155 ℃, 流化时间 60 s, 进料速度 60 kg/h			[50]
	红小豆	流化温度: 215 ℃, 流化处理时间: 55 s, 进料速率: 62 kg/h	干燥速度快、温度分布均匀、热传递效率高	气体与物料接触不充分	[51]
	红小豆、绿豆、黑米、小麦	流化温度: (红小豆)200 ℃、(绿豆)175 ℃、(黑米)155 ℃、(小麦)150 ℃, 干燥时间: 55 s			[52]

件处理后红小豆的黏度和回生趋势有所降低, 由于高温流化可以使淀粉颗粒产生间隙, 形成水分通道, 使吸水更加充分, 糊化更加彻底, 同时改善了口感。马万成等^[52] 基于高温流化技术筛选了红小豆、绿豆、黑米和小麦添加到自热米饭中, 流化温度分别为红小豆 200 °C、绿豆 175 °C、黑米 155 °C、小麦 150 °C, 处理时间 55 s, 研究表明经高温流化处理的杂粮蒸煮品质得到显著改善, 验证了高温流化处理在杂粮预熟的应用中具有很大的潜力。

高温流化技术增大了物料与气体的接触面积, 具有干燥速度快、温度分布均匀、热传递效率高等优势, 能够有效避免物料局部过热^[53], 但干燥时间长或接触效率不足会导致产品与热空气流接触不充分而导致过度干燥或干燥不足, 从而产生不均匀的产品质量, 须在生产前对操作参数加以控制来避免此类问题的发生^[54]。表 1 对预熟杂粮各干燥方法处理参数及优缺点进行了总结。

2 预熟杂粮潜在风险因子分析

2.1 生物性风险因子

2.1.1 真菌毒素污染 杂粮在作物生长、原料采收、加工、运输、贮存等环节极易被真菌毒素污染, 不但易引发食物中毒, 还会造成经济损失。唐坤甜等^[55] 对国内大麦主产区的 15 份样品进行了赭曲霉毒素 A 的含量检测, 发现所有样品均含有赭曲霉毒素 A, 污染水平为 0.011~0.212 μg/kg。Wu 等^[56] 随机抽取

5 种大麦样品进行玉米赤霉烯酮污染检测, 发现检出率为 0.57%, 平均污染水平为 11.09 μg/kg。Mogara 等^[57] 检测了高粱中真菌毒素的含量, 发现样品中黄曲霉毒素 B1 的检出率为 19%, 平均浓度为 4.75 μg/kg, 同时还在高粱样品中检测到了伏马毒素、赭曲霉毒素 A、玉米赤霉烯酮等真菌毒素。杂粮中常见的真菌毒素有黄曲霉毒素、赭曲霉毒素、伏马毒素、脱氧雪腐镰刀菌烯醇、玉米赤霉烯酮等, 这些真菌毒素能够引起许多物种的生化、生理和病理变化, 主要包括免疫毒性、致癌性、神经毒性、致畸性、肾毒性、消化不良、肝毒性、发育和生殖毒性等^[58]。胡佳薇等^[59] 对 2013~2016 年陕西省的 55 份燕麦中脱氧雪腐镰刀菌烯醇及其衍生物的含量进行了测定, 发现主要污染毒素为 3-乙酰基-脱氧雪腐镰刀菌烯醇, 其检出率达到了 90.9%, 平均污染水平为 52.1 μg/kg。表 2 整理了预熟杂粮加工过程中常见真菌毒素的来源、产生环节及主要危害。

2.1.2 细菌污染 预熟杂粮在加工过程中受水质、设备卫生、包装不规范等因素的影响易使细菌繁殖并传播到食品中, 造成不同程度的污染, 给人体健康带来安全隐患。例如农作物灌溉用水与加工用水中经常含有沙门氏菌, 据估计, 沙门氏菌每年在全世界引起 9380 万例胃肠炎病例, 其中死亡人数达到 155000 人^[67]。段江丽等^[68] 调查了大理市 2010~2013 年 68 份熟制米面致病菌的检出情况, 发现有 2 份金

表 2 预熟杂粮加工过程中的真菌毒素来源及主要危害

Table 2 Sources and main hazards of mycotoxins in the processing of precooked coarse cereals

真菌毒素	来源/污染因素	产生环节	主要危害	参考文献
黄曲霉毒素	土壤、作物、空气	作物生长、收割、贮存、运输、销售	对体内多脏器, 特别是对肝脏具有严重毒性作用, 还会出现胃肠功能障碍、生育能力下降和出血性贫血等问题。	[60]
赭曲霉毒素			致癌、致畸, 损伤肝、肾功能, 破坏免疫系统, 还会导致神经中毒。	[61]
伏马毒素			具有肾毒性、肝毒性、免疫毒性和致癌性。	[62]
玉米赤霉烯酮			损伤机体免疫系统、生殖系统, 会引发肝、肾损伤从而导致癌变, 对肠道也会产生毒害作用。	[63]
脱氧雪腐镰刀菌烯醇			可引起头晕、恶心、呕吐、腹泻等急性中毒症状, 甚至可导致昏迷; 具有致癌、致畸、致突变性。	[64]
T-2毒素			引发头晕、恶心、心悸等中毒症状, 对神经系统、免疫系统、骨骼、肝脏等部位造成损伤。	[65]
链格孢霉毒素			会引发炎症, 还会使机体激素紊乱、免疫失调等; 具有潜在致癌性及遗传毒性。	[66]

表 3 预熟杂粮加工过程中的细菌来源及主要危害

Table 3 Sources and main hazards of bacteria in the processing of precooked coarse cereals

细菌	来源/污染因素	产生环节	主要危害	参考文献
沙门氏菌	水质污染	原料清洗、浸泡	引起发烧、恶心、呕吐, 严重可导致脑膜炎、骨髓炎等。	[70]
金黄色葡萄球菌	操作人员带入	生产加工、产品包装	可导致肺炎、心包炎、败血症等, 严重时会造成中毒休克。	[71]
溶血性链球菌	水质污染、操作人员带入	原料清洗、浸泡、产品包装	引发呼吸道感染、新生儿败血症、细菌性心内膜炎、肾小球炎等。	[72]
肉毒杆菌	环境引入	生产加工	毒性极强, 会出现头晕、呼吸困难等症状, 严重会导致呼吸麻痹而死亡。	[73]
志贺氏菌	水质污染、环境引入	原料清洗、浸泡、生产加工	引发剧烈腹痛、腹泻、发热, 严重者会出现痉挛及休克现象。	[74]
铜绿假单胞菌	土壤引入、操作人员带入	原料验收、生产加工、产品包装	引起皮肤、肺部、呼吸道、消化道等部位的感染。	[75]
蜡芽孢杆菌	水质污染、土壤引入、环境引入	原料清洗、浸泡、生产加工	出现恶心、呕吐、腹胀、腹痛和腹泻等消化道症状, 还可能出现高热、寒战、头晕、乏力和口干等症状。	[76]

黄色葡萄球菌检出,3份蜡样芽孢杆菌检出,致病菌检出率为7.35%。罗华等^[69]调查了2010~2011年的各类食品中细菌指标的检出情况,发现了2件不合格的速冻熟制米面制品,这2件速冻熟制米面制品中,金黄色葡萄球菌检出率为100%。表3整理了预熟杂粮加工过程中常见细菌的种类、来源、产生环节及主要危害。

2.2 化学性风险因子

化学性风险因子通常分为内源性与外源性,内源性风险指物体自身所携带的对人体健康造成威胁的物质,外源性风险指由外界因素引起或侵入物质内不断蓄积的对人体有害的物质^[77]。在杂豆类杂粮的预熟化加工过程中常伴随的内源性风险包括植物凝集素、胰蛋白酶抑制剂、皂苷、单宁、植酸等抗营养因子^[78-79];外源性风险包括农药残留、重金属残留、洗涤剂残留、包装材料和运输污染等^[80],下面对预熟杂粮潜在的化学性风险问题展开详细论述。

2.2.1 内源性风险 杂豆中的内源性风险以抗营养因子为主,主要包括胰蛋白酶抑制剂、植物凝集素、植酸、单宁、皂苷等,由于作用机制不同会导致人体对谷物中的营养素产生抗性,即部分营养价值丧失,同时会引起机体功能障碍、免疫力低下、代谢性疾病发病率高问题^[81]。据了解,食用含有未完全清除胰蛋白酶抑制剂的谷物会引发食物中毒,另外胰蛋白酶抑制剂还能刺激胰腺分泌过多的胰腺酶,导致内源性必需氨基酸缺乏,甚至会引发胰腺肿大等疾病^[82]。有研究表明,植物凝集素会导致严重的肠道损伤,扰乱消化并导致营养缺乏,可以产生IgG和IgM抗体,导致食物过敏和其他免疫反应,此外,植物凝集素可以与红细胞结合,同时与免疫因子结合会导致血凝和贫血^[81]。Thakur等^[83]发现皂苷通过肠腔内的相互作用减少了葡萄糖和胆固醇等营养物质的摄入,而导致机体内的胆固醇降低。通常情况下加热或其他熟化方法处理后杂粮中的抗营养因子可以去除,但要避免因加热不完全导致抗营养因子未有效去除,还要防止处理时间过长破坏杂粮中的营养成分。

2.2.2 外源性风险

2.2.2.1 农药残留 杂粮在种植过程中因不当或过量使用除草剂、杀虫剂等农药会导致作物中的农药残留。有研究表明,目前只有10%~20%的农药得到有效利用,其余5%~30%通过蒸发进入大气,40%~60%渗透到土壤和地下水中^[84]。大量的农药残留在空气和土壤中,甚至会对第二年种植的农作物带来农药残留的隐患。据统计,世界各国每年登记的农药中毒病例约400万起,其中7.5%死于农药中毒,中国每年报告近100万例农药中毒,死亡率约为10%^[85]。近年来,农药残留超标等问题频繁发生,农药的不规范管理和使用使杂粮及杂粮产品有着潜在的风险,因此原料的采购验收成为了预熟杂粮加工过程中尤为重要的环节。

2.2.2.2 重金属残留 重金属残留也是影响杂粮品质的重要因素,主要包括锌、铜、汞、铬、铅、镉、砷等金属物质,受地理环境、土壤品质的影响,以及在原料运输、贮存等环节都具有被重金属污染的风险。重金属通过饮食暴露在人体骨基质和脂肪组织中具有累积趋势,导致必需营养物质的消耗和中枢神经系统的缺陷,还可能致宫内发育迟缓、心血管、胃肠道、血液、肝、肾、神经、发育、生殖和免疫系统疾病^[86-87],世界卫生组织的报告显示,世界上每年由铅、镉、汞等重金属污染而导致慢性中毒的大约有100万人^[88]。李俊生等^[89]发现9种粮食样品中大部分重金属含量均低于国家标准规定限量,但镉含量却高出了国标限量。张鑫鑫等^[90]调查了7种市售小杂粮重金属污染情况,发现7种小杂粮均存在不同程度的重金属检出情况,但都可以通过膳食加工降低重金属的危害,由此可见食品加工的安全控制尤为重要。

2.2.2.3 洗涤剂、消毒剂残留 为保证预熟杂粮产品的质量安全,在加工过程中需要定期对加工设备进行清洗,但清洗设备时若清洗不到位或者冲洗次数较少都会存在洗涤剂残留的风险,影响产品质量。洗涤剂中含有砷、汞、铅等物质,砷的化合物具有毒性,例如三氧化二砷,俗称砒霜,具有剧毒,而铅、汞对于肝肾及神经系统具有毒害作用^[91]。此外,洗涤剂中还含有一定比例的工业乙醇,但工业乙醇加工时常常会混入有毒且易挥发的甲醇,甲醇在体内累积会引起中毒反应,摄入量过多可导致死亡^[92]。Chahine等^[93]探究了洗涤剂残留对大鼠的影响,结果发现器皿上残留的洗涤剂虽然不会引起急性病变,但它们可以在相对较长的时间内对大鼠肝脏造成氧化应激和癌症通路的过度表达。

生产车间的消毒环节在食品安全控制中起着重要的作用,对于地面、墙壁等车间环境通常用含氯消毒剂进行消毒处理,但如果发生消毒剂残留,氯气会在空气中挥发,进而污染食品,增加了食品安全隐患。Sciurba等^[94]在消毒剂对小鼠肠道菌群影响的研究中发现消毒剂对粪便菌群微生物群落的影响微小但显著,且暴露时间越长粪便微生物群的变化越大,实验结果表明消毒剂的使用应被视为可能影响肠道生物群的潜在因素。

2.2.2.4 包装材料 产品包装是预熟杂粮加工过程中的最后环节,预熟杂粮产品通常使用塑料类包装材料,但塑料包装袋中含有树脂,树脂本身无毒性,但老化或降解后会产生危害食品安全的物质^[95]。此外,包装材料中的增塑剂、单体和低聚物等添加剂在包装过程中与食品接触时可能会转移到食品中,导致食品的质量和安全性发生变化,且由于香气的吸附和其他成分也会从包装材料转移到食品中,使食品的风味发生变化^[96]。Kato等^[97]研究发现由于包装材料的降解和各种化学反应,可能会产生一些产物,包括邻苯二甲酸酯、烷基酚、己二酸双(2-乙基己基)酯等,它

们被认为是内分泌干扰化学物质,会干扰人体内分泌系统并产生不良的生殖、神经、发育和免疫影响。所以预熟杂粮产品的包装需考虑塑料中多种添加剂与产品的反应及变化情况,以最大限度控制塑料包装对产品带来的质量风险。

2.2.2.5 运输过程 运输是预熟杂粮供应链流通不可或缺的一部分,在运输过程中柴油和汽油发动机车辆都会通过排放过量一氧化碳的排气系统污染食物,污染物易沉积在包装材料上或直接附着在食品上,这增加了有害物质沉积在食品上的可能性^[98]。此外,预熟杂粮对湿度和温度较为敏感,在运输过程中,如果湿度或温度过高或过低,可能导致杂粮变质、发霉、虫害等问题,影响食品品质。在运输和装卸的过程中,预熟杂粮容易受到挤压和碰撞,特别是在堆放或搬运时,如果操作不当或者包装不牢固,容易导致杂粮的破损和压缩,影响其质量和品相。未来应在运输过程中加大管理及防护力度,选择可靠的物流合作伙伴和合适的运输方式以限制食品污染暴露水平。

2.3 物理性风险因子

物理性风险是指受外来因素干扰而导致的食品风险,这些因素可能对食品的品质、安全性和可食性产生不利影响。预熟杂粮的物理性风险通常来源于收、产、储、运、销等环节。首先,在原料采收时,可能会混入破损粒、虫蚀粒、昆虫、玻璃块、土块、石子等异物,这些异物的存在不仅影响原料的质量,还可能对后续的加工步骤造成不良影响^[99]。其次,在加工过程中,由于设备故障、操作不当或者生产车间环境卫生不达标都可能导致食品受到外界物理性污染,例如金属屑、机械润滑油、害虫尸体、残肢、害虫粪便等对食品的品质产生负面影响^[100]。此外,操作人员未达到良好操作规范的标准,会使毛发、指甲、皮屑、首饰等混入食品中,不仅污染了食品,甚至影响消费者的消费体验与身心健康。综合而言,控制物理性风险需要生产企业在各个生产环节中加强监管、制定科学合理的操作规程,最大程度地减少物理性风险对食品质量和安全性的影响。

3 预熟杂粮风险控制

预熟杂粮生产过程中任何环节出现问题都会对产品的质量造成威胁,为保证产品安全,首先,应贯彻落实国家制定的食品安全管理法规及相应的标准来有效控制预熟杂粮生产过程中各环节存在的潜在风险。其次,生产企业更应加强 HACCP 体系的执行,通过 HACCP 原理进行危害风险识别与评估,对加工过程中的关键控制点进行严格监测、控制,防止预熟杂粮加工环节潜在风险的发生。同时,还需制定相应的加工生产制度,逐步完善生产经营,使预熟杂粮产品品质更加有保障。最后,企业还要实施抽样检测计划,评估产品是否合乎标准,生产环境是否存在安全隐患,对不合格产品及时处理,对现有问题及时纠正并进行短期评估^[101]。

3.1 原料验收

原料验收环节是预熟杂粮生产过程中的关键控制点,也是保证预熟杂粮品质安全的先决条件。杂粮采收时原料易存在致病菌、农药残留、重金属残留等风险,因此企业需要制定科学的源头管理系统,以保证预熟杂粮产品的安全品质为目的,制定良好的操作规范和卫生实践计划。企业收购原料时需验证供方提供的包含粮食卫生标准所要求的所有农药残留和重金属残留检测合格的检验报告,检验结果应符合《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》(GB 2763-2021)、《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762-2017)等国家标准。此外,企业要保持原料储存仓库的良好卫生状态,加强通风,定期监测环境样品,还应对采购、检测等技术人员进行系统、专业的培训及考核,在原料验收环节严格把关,并且开展原料追溯管理制度,做到从源头上保证食品安全。

3.2 加工环节

生产加工是控制食品污染的重点环节,为保证加工过程的科学性和规范性,企业应建立预熟杂粮风险控制的闭环管理,规范各生产步骤,提高产品加工的标准化和流程化水平。预熟杂粮加工过程中的管控策略主要包括以下五个方面:一是加强对员工操作规范的培训及个人卫生的检查,制定员工卫生考核制度,定期进行考核,防止因人员操作失误或卫生问题造成食品安全风险;二是加强生产车间环境卫生的管理,加工环境应符合卫生标准操作程序(Sanitation Standard Operating Procedure, SSOP)8个方面的要求,防止霉菌、蚊虫等风险因子污染产品,生产时对蒸煮、干燥等工艺的温度、时间参数严格把控,定期对加工设备、器具进行清洗、消毒,防止细菌滋生;三是包装材料的选用应符合国家标准要求,包装材料应具有《包装袋杀菌密封性能鉴定合格证》《包装袋辐射物残留合格证》,防止包装材料中的风险因素影响产品品质;四是产品生产完成后对产品进行抽样检测,以及时查验产品是否达到合格标准、产品的贮存环境是否达到卫生标准;五是企业应对产品安全及管理方式进行及时评估,通过短期评估发现问题并及时改正,通过长期评估衡量持续改进的总体进展^[102],保证产品生产的安全状态。

3.3 运输环节

运输过程可能存在由于人为失误或车辆卫生不达标导致预熟杂粮产品出现交叉污染的风险,要从根本上预防运输引发的安全问题,须从食品运输安全管理入手。对此企业应以 HACCP 标准作为预熟杂粮产品运输安全的重要依据,进行潜在危害评估,根据关键控制点控制风险因子,主要控制策略包括:产品运输前应对运输车辆进行充分清洁、消毒,并对产品做好防水、防尘处理,避免预熟杂粮中细菌、霉菌的滋生;对车辆进行合理储存与定期检验,防止运输途

中由于车辆故障导致产品受环境影响使食品发生污染或变质;为确保预熟杂粮产品的安全,从事运输作业的人员包括发货人、装货工人、运输司机等需各司其职,承担运输过程中保证产品质量安全的责任^[103]。

3.4 销售环节

为建立消费者信心,实现食品质量安全,企业应建立健全预熟杂粮的质量安全管理制度及食品安全追溯体系,可通过二维码、条形码等技术建立准确、高效的食品追溯系统,记录生产商、生产时间、批次等信息,为追溯预熟杂粮质量安全提供保障^[104],对于不合格产品及时召回并妥善处理,调查不合格原因并进行纠正,最大程度降低产品损失。此外,还应鼓励消费者维护自身合法权益,发现高风险或不合格产品及时举报反馈,对存在问题的产品批次采取追回措施,对于举报者给予奖励,维护消费者的利益,营造绿色、安全、有保障的消费环境^[105]。

4 总结与展望

我国作为农业大国,杂粮资源丰富,但我国杂粮大部分都作为原料出口国外,杂粮深加工的发展对于我国食品行业来说还留有较大空白,预熟化处理可作为杂粮发展的重要契机,对于确保粮食质量、提高农产品附加值以及保障食品安全具有重要意义。微波熟化、蒸煮熟化和挤压膨化等加工方法,以及微波干燥、热风干燥、真空冷冻干燥和高温流化干燥等干燥方式在预熟杂粮行业中被广泛研究与应用。然而,预熟杂粮加工领域仍然面临一些挑战,例如技术创新需要不断跟进市场需求,加工过程中的能源消耗问题亟待解决。未来,传统的加工方法会逐渐被先进技术取代,如先进的机械加工、精细化的烘焙技术以及先进的包装技术等都有助于提高加工效率和产品质量,预熟杂粮加工行业在未来的发展中应继续以致力于提高加工效率、优化产品质量作为发展目标。

同时,风险控制在预熟杂粮加工过程中扮演着至关重要的角色,在原料收购、加工、运输、销售等环节依然存在较多的潜在风险。对于预熟杂粮生产企业来说,应加强全链条的风险控制,有效解决原料农药残留、重金属残留等问题,从源头上保证杂粮原料的品质安全,确保一二三产业之间的信息畅通,实现“从农田到餐桌”的融合发展。从监管的角度来看,政府部门应加强对预熟杂粮产业的监督和管理,规范生产企业的生产行为,加强对生产过程和产品质量的监督检查,及时发现和处理违法违规行为。未来预熟杂粮行业的风险管理应从多方面入手,如通过引入智能化生产设备和实施严格的质量管理体系,来有效降低因人为操作不当或生产环境问题而引发的风险。

随着人们对健康、营养和便捷性的需求不断提升,预熟杂粮的加工方式和风险控制将随着市场需求的变化而不断演进和完善,加工技术和设备将更加智

能化和自动化,以提高生产效率和产品质量。同时,风险控制方面将更加注重全程质量管理,强化原料采购、生产加工、产品检测等各个环节的监控和管控,以确保预熟杂粮产品的安全、健康和高品质。产业各方应共同努力,推动预熟杂粮加工行业朝着更加健康、环保和可持续发展的方向发展,为消费者提供更优质的预熟杂粮产品。

© The Author(s) 2024. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

参考文献

- [1] SALEH A S M, WANG P, WANG N, et al. Technologies for enhancement of bioactive components and potential health benefits of cereal and cereal-based foods: Research advances and application challenges[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2019, 59(2): 207-227.
- [2] SARWAR M H, SARWAR M F, SARWAR M, et al. The importance of cereals (Poaceae; Gramineae) nutrition in human health: A review[J]. *Journal of Cereals and Oilseeds*, 2013, 4(3): 32-35.
- [3] ZHANG S, HU J, SUN Y, et al. *In vitro* digestion of eight types of wholegrains and their dietary recommendations for different populations[J]. *Food Chemistry*, 2022, 370: 131069.
- [4] WANG Y, QI W, GUO X, et al. Effects of oats, tartary buckwheat, and foxtail millet supplementation on lipid metabolism, oxido-inflammatory responses, gut microbiota, and colonic SCFA composition in high-fat diet fed rats[J]. *Nutrients*, 2022, 14(13): 2760.
- [5] KEENAN J M, PINS J J, FRAZEL C, et al. Oat ingestion reduces systolic and diastolic blood pressure in patients with mild or borderline hypertension: A pilot trial[J]. *Journal of Family Practice*, 2002, 51(4): 369-370.
- [6] WU W, QIU J, WANG A, et al. Impact of whole cereals and processing on type 2 diabetes mellitus: A review[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2020, 60(9): 1447-1474.
- [7] HE X, WU K, ZHANG X, et al. Dietary intake of fiber, whole grains and risk of colorectal cancer: An updated analysis according to food sources, tumor location and molecular subtypes in two large US cohorts[J]. *International Journal of Cancer*, 2019, 145(11): 3040-3051.
- [8] XIE M, LIU J, TSAO R, et al. Whole grain consumption for the prevention and treatment of breast cancer[J]. *Nutrients*, 2019, 11(8): 17-69.
- [9] 林金雪娇, 李爽, 范志红. 杂粮饭与慢性疾病预防的研究进展[J]. *中国食物与营养*, 2020, 26(3): 81-85. [LIN J X J, LI S, FAN Z H. Research progress on mixed whole meals and chronic disease prevention[J]. *China Food and Nutrition*, 2020, 26(3): 81-85.]
- [10] NERIN C, AZNAR M, CARRIZO D. Food contamination during food process[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2016, 48: 63-68.
- [11] IBRAHIM O O. Introduction to hazard analysis and critical control points (HACCP)[J]. *EC Microbiology*, 2020, 16(3): 1-7.
- [12] 陆湛溪. 无损预熟化红芸豆加工工艺研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020. [LU Z X. Study on processing technology of non-destructive precooked red kidney beans[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2020.]

- [13] 曹格, 陈楚瑶, 韩永斌, 等. 红豆预熟化工艺及理化性质的研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(3): 24-32. [CAO G, CHEN C Y, HAN Y B, et al. Study on the pre-cooking process and physico-chemical properties of red bean[J]. Cereals, Oils and Foodstuffs Science and Technology, 2023, 31(3): 24-32.]
- [14] 刘佳男, 于雷, 李帅斐, 等. 薏仁与大米共煮同熟工艺的研究[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(4): 62-67. [LIU J N, YU L, LI S F, et al. Optimization of the process of cooking coix seed to reach same maturity when cooked with rice[J]. Grain and Oil, 2016, 29(4): 62-67.]
- [15] ZHANG J, XIE X, ZHANG L, et al. Optimization of microwave precooked conditions for gelatinization of adzuki bean[J]. Foods, 2022, 11(2): 171.
- [16] 李晓蒙. 绿豆与大米共煮同熟工艺及其发酵酒的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2016. [LI X M. Study on co-cooking and cooked technology of mung bean and rice and its fermented wine [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2016.]
- [17] 王立东, 张桂芳, 包国凤. α -化快熟红小豆制备工艺研究及质构特性分析[J]. 农产品加工, 2015(14): 43-46. [WANG L D, ZHANG G F, BAO G F. Preparing technique of gelatinization fast-cooking red bean and texture properties analysis[J]. Agricultural Products Processing, 2015(14): 43-46.]
- [18] 高红萍. 微波处理对食品营养成分的影响分析研究[J]. 现代食品, 2020(1): 118-119, 122. [SHANG H P. Study on the effect of microwave treatment on the nutritional components of food[J]. Modern Food, 2020(1): 118-119, 122.]
- [19] 杜明珠, 张一凡, 付亮, 等. 基于预熟化技术对黑豆与大米同煮同熟工艺优化的研究[J]. 农业科技与装备, 2018(5): 54-61. [DU M Z, ZHANG Y F, FU L, et al. Optimization of black beans and rice co-cooking process based on pre-ripening technology[J]. Agricultural Science and Technology and Equipment, 2018(5): 54-61.]
- [20] 孙军涛, 邳文莉, 张智超, 等. 薏米预熟化工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(1): 101-106. [SUN J T, ZHI W L, ZHANG Z C, et al. Study on pre-ripening technology of coix seed[J]. Food Research and Development, 2021, 42(1): 101-106.]
- [21] 于雷, 乔筱童, 李晓蒙, 等. 绿豆低压蒸煮工艺的优化研究[J]. 食品科技, 2015, 40(8): 161-166. [YU L, QIAO X T, LI X M, et al. Optimization of low-pressure cooking technology of mung beans[J]. Food Science and Technology, 2015, 40(8): 161-166.]
- [22] 王俊国, 汪泓, 耿浩源, 等. 超高压处理对薏仁蒸煮及食用品质的影响[J]. 食品工业, 2020, 41(6): 36-39. [WANG J G, WANG H, GENG H Y, et al. Effects of ultra-high pressure treatment on the cooking and quality of barley products[J]. Food Industry, 2020, 41(6): 36-39.]
- [23] 关桦楠, 吴永存, 张娜. 糙米蒸煮品质改良加工技术研究进展[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(12): 26-28, 40. [GUAN H N, WU Y C, ZHANG N. Research progress on cooking quality improvement of brown rice[J]. Grain and Oil, 2021, 34(12): 26-28, 40.]
- [24] 刘晓松, 薛红梅, 刘玉美, 等. 杂粮营养健康冲调食品的研究[J]. 粮食科技与经济, 2019, 44(1): 69-73. [LIU X S, XUE H M, LIU Y M, et al. Study on nutritious and healthy mixed food of miscellaneous grains[J]. Grain Science and Technology and Economy, 2019, 44(1): 69-73.]
- [25] 张颖, 杨晓勇, 王波, 等. 营养重组米的研制[J]. 食品与发酵科技, 2014, 50(6): 36-39. [ZHANG Y, YANG X Y, WANG B, et al. Development of nutritional recombinant rice[J]. Food and Fermentation Technology, 2014, 50(6): 36-39.]
- [26] 殷明, 姜勇, 王艳丽, 等. 新型杂粮人造米的研制[J]. 宁夏农林科技, 2013, 54(1): 114-117. [YIN M, JIANG Y, WANG Y L, et al. Development of new artificial rice with miscellaneous grains [J]. Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology, 2013, 54(1): 114-117.]
- [27] 蒋卉. 杂粮复合米方便米饭品质改良研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2013. [JIANG H. Study on quality improvement of instant rice mixed with miscellaneous grains[D]. Wuhan: Wuhan University of Light Industry, 2013.]
- [28] 刘淑婷, 王颖, 沈琰, 等. 豆基杂粮米稀挤压膨化工艺优化[J]. 食品与机械, 2019, 35(10): 218-222. [LIU S T, WANG Y, SHEN Y, et al. Optimization of extruded process for bean-based multigrain rice paste[J]. Food and Machinery, 2019, 35(10): 218-222.]
- [29] 赵红霞, 王应强, 王玉荷, 等. 微波干燥条件对杏脯干燥特性与品质的影响[J]. 食品与机械, 2023, 39(4): 123-129. [ZHAO H X, WANG Y Q, MA Y H, et al. Effects of microwave drying conditions on the drying characteristics and quality of preserved apricots[J]. Food and Machinery, 2023, 39(4): 123-129.]
- [30] 涂向辉, 朱晶, 许晓岚. 速食全谷物蒸米微波干燥工艺优化研究[J]. 农业科技与装备, 2020(3): 43-45. [TU X H, ZHU J, XU X L. Optimization of microwave drying technology for instant whole grain steamed rice[J]. Agricultural Science and Technology and Equipment, 2020(3): 43-45.]
- [31] 张桂芳, 张东杰, 王立东, 等. 速熟绿豆加工工艺的优化[J]. 食品工业科技, 2017, 38(11): 205-208. [ZHANG G F, ZHANG D J, WANG L D, et al. Optimization of processing technology of instant mung beans[J]. Food Industry Science and Technology, 2017, 38(11): 205-208.]
- [32] SHI Y, CAO G, LIU Y, et al. Effect of microwave and hot air drying on the quality of quick-cooking mung bean[J]. Food Materials Research, 2023, 3(1): 8.
- [33] DIVEKAR M T, KARUNAKARAN C, LAHLALI R, et al. Effect of microwave treatment on the cooking and macronutrient qualities of pulses[J]. International Journal of Food Properties, 2017, 20(2): 409-422.
- [34] 王洪国. 杂粮与大米同熟工艺及产品研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2019. [WANG H G. Study on co-cooking technology and products of miscellaneous grains and rice[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2019.]
- [35] GUO Q, SUN D W, CHENG J H, et al. Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry[J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 67: 236-247.
- [36] 耿铁, 孟斐, 杨卫东, 等. 不同干燥技术在农产品干燥领域的研究进展[J]. 农产品加工, 2022(14): 81-84. [GENG T, MENG F, YANG W D, et al. Research progress of different drying technologies in the field of agricultural products drying[J]. Agricultural Products Processing, 2022(14): 81-84.]
- [37] 吴练军. 方便杂粮粥配方设计及其工艺优化[D]. 重庆: 西南大学, 2018. [WU L J. Formula design and process optimization of instant coarse cereal porridge[D]. Chongqing: Southwest University, 2018.]
- [38] 王婷. 芸豆预熟化工艺及理化性质研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2017. [WANG T. Study on pre-ripening technology and physical and chemical properties of kidney beans[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2017.]
- [39] 涂向辉, 朱晶, 许晓岚. 响应面分析法优化方便杂粮米饭热风干燥工艺[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2017, 35(2):

- 198-203. [TU X H, ZHU J, XU X L. Optimization of hot air drying technology for instant coarse cereals rice by response surface analysis[J]. *Journal of Shenyang Normal University (Natural Science Edition)*, 2017, 35(2): 198-203.]
- [40] 许晓兰,朱晶,任建军.方便杂粮米饭配方及主要工艺参数的优化设计[J].*粮食科技与经济*, 2015, 40(4): 54-57. [XU X L, ZHU J, REN J J. Optimization design of instant coarse cereal rice formula and main technological parameters[J]. *Grain Science and Technology and Economy*, 2015, 40(4): 54-57.]
- [41] 楚倩倩,任广跃,段续,等.过热蒸汽和热风干燥在食品领域中的应用对比[J].*食品与发酵工业*, 2022, 48(16): 297-304. [CHU Q Q, REN G Y, DUAN X, et al. Comparison of application of superheated steam and hot air drying in food field[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2022, 48(16): 297-304.]
- [42] 王静,张卫卫,石勇,等.真空冷冻干燥技术对食品品质的影响[J].*农产品加工*, 2018(1): 36-38,42. [WANG J, ZHANG W W, SHI Y, et al. Effect of vacuum freeze-drying technology on food quality[J]. *Agricultural Products Processing*, 2018(1): 36-38,42.]
- [43] 赵慧,马牧然,刘菲菲,等.冻干燕麦粥加工工艺优化及品质分析[J].*食品工业*, 2023, 44(7): 52-56. [ZHAO H, MA M R, LIU F F, et al. Processing technology optimization and quality analysis of freeze-dried oatmeal[J]. *Food Industry*, 2023, 44(7): 52-56.]
- [44] 张智超,李学进,孙军涛,等.干燥方式对预熟化薏米品质影响[J].*粮食与油脂*, 2021, 34(4): 18-22,26. [ZHANG Z C, LI X J, SUN J T, et al. Effect of drying methods on the quality of pre-cooked coix seed[J]. *Grain and Oil*, 2021, 34(4): 18-22,26.]
- [45] 孙军涛,李学进,张智超,等.红豆预熟化干燥工艺研究[J].*食品科技*, 2019, 44(12): 218-223. [SUN J T, LI X J, ZHANG Z C, et al. Study on pre-curing and drying technology of red beans[J]. *Food Science and Technology*, 2019, 44(12): 218-223.]
- [46] 巩僖.快熟杂豆工艺研究[D].大连:大连工业大学, 2019. [GONG X. Study on the technology of quick-cooked miscellaneous beans[D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2019.]
- [47] 侯演林,陈胜慧子,蒲云峰,等.真空冷冻干燥及预处理方法应用研究进展[J].*食品研究与开发*, 2023, 44(23): 203-208. [HOU Y L, CHEN S H Z, PU Y F, et al. Research progress of vacuum freeze-drying and pretreatment methods[J]. *Food Research and Development*, 2023, 44(23): 203-208.]
- [48] 周颀,王海鸥,孙艳辉,等.不同前处理和冻结方式对苹果片真空冷冻干燥效率及干制品品质的影响[J].*现代食品科技*, 2016, 32(12): 218-224. [ZHOU D, WANG H O, SUN Y H, et al. Effects of different pretreatment and freezing methods on vacuum freeze-drying efficiency and quality of dried apple slices[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2016, 32(12): 218-224.]
- [49] 李永富,高纪儒,杜艳,等.高温流化改善青稞米蒸煮品质及机理研究[J].*中国粮油学报*, 2022, 37(10): 116-123. [LI Y F, GAO J R, DU Y, et al. Study on the mechanism of improving the cooking quality of highland barley rice by high-temperature fluidization[J]. *Chinese Journal of Cereals and Oils*, 2022, 37(10): 116-123.]
- [50] 滕菲,李永富,王莉,等.高温流化对黑米蒸煮品质的改良效果[J].*中国粮油学报*, 2017, 32(10): 21-27. [TENG F, LI Y F, WANG L, et al. Effect of high temperature fluidization on cooking quality of black rice[J]. *Chinese Journal of Cereals and Oils*, 2017, 32(10): 21-27.]
- [51] 李永富,介敏,黄金荣,等.基于高温流化技术改良红小豆的蒸煮品质[J].*食品科学*, 2021, 42(9): 64-69. [LI Y F, JIE M, HUANG J R, et al. Improving the cooking quality of adzuki bean based on high-temperature fluidization technology[J]. *Food Science*, 2021, 42(9): 64-69.]
- [52] 马万成,杜艳,张晶晶,等.基于自热米饭所需的高温流化全谷物筛选及配合技术研究[J].*食品研究与开发*, 2021, 42(8): 101-108. [MA W C, DU Y, ZHANG J J, et al. Study on high-temperature fluidized whole grain screening and matching technology based on self-heating rice[J]. *Food Research and Development*, 2021, 42(8): 101-108.]
- [53] 贾亚兵.微波流化床在谷物干燥中的应用研究[D].杭州:浙江工业大学, 2018. [JIA Y B. Study on the application of microwave fluidized bed in grain drying[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2018.]
- [54] SIVAKUMAR R, SARAVANAN R, PERUMAL A E, et al. Fluidized bed drying of some agro products-a review[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, 61: 280-301.
- [55] 唐坤甜,赵彩云,谷方红.中国大麦中赭曲霉毒素污染现状初探[J].*浙江农业科学*, 2011(1): 148-150. [TANG K T, ZHAO C Y, GU F H. Preliminary study on ochratoxin pollution in barley in China[J]. *Zhejiang Agricultural Sciences*, 2011(1): 148-150.]
- [56] WU J, ZHAO R, CHEN B, et al. Determination of zearalenone in barley by high-performance liquid chromatography coupled with evaporative light scattering detection and natural occurrence of zearalenone in functional food[J]. *Food Chemistry*, 2011, 126(3): 1508-1511.
- [57] MOGARA I, SULYOK M, NEGEDU A, et al. 尼日利亚纳萨拉瓦州市售灌木芒果、腰果、秋葵、芝麻和高粱的真菌毒素污染情况研究[J].*粮油食品科技*, 2021, 29(6): 71-82,24-26. [MOGARA I, SULYOK M, NEGEDU A, et al. Study on mycotoxin pollution of shrubs mango, cashew nuts, okra, sesame and sorghum in Salava, Nigeria[J]. *Cereals, Oils and Foodstuffs Science and Technology*, 2021, 29(6): 71-82,24-26.]
- [58] MARC R A. Implications of mycotoxins in food safety[M]. *Mycotoxins and Food Safety-Recent Advances*. IntechOpen, 2022.
- [59] 胡佳薇,乔海鸥,田丽,等.2013-2016年陕西省谷物及其制品中真菌毒素的污染状况[J].*卫生研究*, 2017, 46(6): 1013-1015. [HU J W, QIAO H O, TIAN L, et al. Contamination of mycotoxins in cereals and their products in Shaanxi Province from 2013 to 2016[J]. *Health Research*, 2017, 46(6): 1013-1015.]
- [60] KUMAR A, PATHAK H, BHADAURIA S, et al. Aflatoxin contamination in food crops: Causes, detection, and management: A review[J]. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2021, 3: 1-9.
- [61] ZHAO T, SHEN X L, CHEN W, et al. Advances in research of nephrotoxicity and toxic antagonism of ochratoxin A[J]. *Toxin Reviews*, 2017, 36(1): 39-44.
- [62] ZHANG H, HU Q B, LIU C L. Toxicity and mechanism of fumonisins[J]. *Journal of Northwest A & F University-Natural Science Edition*, 2016, 44(1): 162-176.
- [63] MAHATO D K, DEVI S, PANDHI S, et al. Occurrence, impact on agriculture, human health, and management strategies of zearalenone in food and feed: A review[J]. *Toxins*, 2021, 13(2): 92-93.
- [64] WEGULO S N. Factors influencing deoxynivalenol accumulation in small grain cereals[J]. *Toxins*, 2012, 4(11): 1157-1180.
- [65] WANG Y, LIU Y, HUANG T, et al. Nrf2: A main responsive element of the toxicity effect caused by trichothecene (T-2) mycotoxin[J]. *Toxics*, 2023, 11(4): 393-394.
- [66] STROKA J, GONALVES C. Mycotoxins in food and feed: An overview[J]. *Encyclopedia of Food Chemistry*, 2019: 401-419.

- [67] LIU H, WHITEHOUSE C A, LI B. Presence and persistence of *Salmonella* in water: The impact on microbial quality of water and food safety[J]. *Frontiers in Public Health*, 2018, 6: 159.
- [68] 段江丽, 胡汝源, 杨红菊. 大理州市售食品细菌性污染情况分析[J]. *中国卫生检验杂志*, 2017, 27(6): 869–871. [DUAN J L, HU R Y, YANG H J. Analysis of bacterial contamination in Dali market available food[J]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2017, 27(6): 869–871.]
- [69] 罗华, 张林, 姜玲. 某地区 2010-2011 年各类食品细菌污染状况分析[J]. *中国农村卫生事业管理*, 2013, 33(4): 431–433. [LUO H, ZHANG L, JIANG L. Analysis of bacterial contamination of various foods in a certain area in 2010-2011[J]. *China Rural Health Management*, 2013, 33(4): 431–433.]
- [70] 王学硕, 崔生辉, 邢书霞, 等. 餐饮食品中沙门氏菌的危害分析、污染调查与防控[J]. *中国药事*, 2013, 27(9): 974–979. [WANG X S, CUI S H, XING S X, et al. Hazard analysis, pollution investigation and prevention of *Salmonella* in catering food[J]. *Chinese Pharmaceutical Affairs*, 2013, 27(9): 974–979.]
- [71] 王韬, 李红娜, 袁飞. 食源性金黄色葡萄球菌的危害及其快速检测方法研究进展[J]. *中国食品卫生杂志*, 2022, 34(4): 856–859. [WANG T, LI H N, YUAN F. The harm of food-borne *Staphylococcus aureus* and its rapid detection methods[J]. *China Journal of Food Hygiene*, 2022, 34(4): 856–859.]
- [72] 李俊红. 病原微生物对人体健康的危害及检测[J]. *农业开发与装备*, 2016(4): 43. [LI J H. Harm and detection of pathogenic microorganisms to human health[J]. *Agricultural Development and Equipment*, 2016(4): 43.]
- [73] SHARMA S K, WHITIN R C. Methods for detection of clostridium botulinum toxin in foods[J]. *Journal of Food Protection*, 2005, 68(6): 1256–1263.
- [74] 李静雯, 陈尔凝, 康福英, 等. 食品中志贺氏菌快速检测免疫磁分离样品前处理技术研究[J]. *计量学报*, 2023, 44(3): 326–333. [LI J W, CHEN E N, KANG F Y, et al. Study on the pretreatment technology of immuno-magnetic separation samples for rapid detection of *Shigella* in food[J]. *Acta Metrology*, 2023, 44(3): 326–333.]
- [75] MENA K D, GERBA C P. Risk assessment of *Pseudomonas aeruginosa* in water[J]. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 2009, 201: 71–115.
- [76] DIETRICH R, JESSBERGER N, EHLING-SCHULZ M, et al. The food poisoning toxins of *Bacillus cereus*[J]. *Toxins*, 2021, 13(2): 98.
- [77] 袁华平, 徐刚, 王海, 等. 食品中的化学性风险及预防措施[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(14): 3598–3602. [YUAN H P, XU G, WANG H, et al. Chemical risk and its preventive measures in food[J]. *Journal of Food Safety and Quality Inspection*, 2018, 9(14): 3598–3602.]
- [78] VIKRAM N, KATIYAR S K, SINGH C B, et al. A review on anti-nutritional factors[J]. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2020, 9(5): 1128–1137.
- [79] SALIM R, NEHVI I B, MIR R A, et al. A review on anti-nutritional factors: Unraveling the natural gateways to human health[J]. *Frontiers in Nutrition*, 2023, 10: 1215873.
- [80] MUNCKE J, ANDERSSON A M, BACKHAUS T, et al. Impacts of food contact chemicals on human health: A consensus statement[J]. *Environmental Health*, 2020, 19: 1–12.
- [81] SAMTIYA M, ALUKO R E, DHEWA T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: An overview[J]. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2020, 2: 1–14.
- [82] 李越佳. 豆制品中胰蛋白酶抑制剂活性测定方法的改进[J]. *中国食品添加剂*, 2022, 33(7): 212–218. [LI Y J. Improvement of determination method of trypsin inhibitor activity in bean products[J]. *China Food Additives*, 2022, 33(7): 212–218.]
- [83] THAKUR N S, KUMAR P. Anti-nutritional factors, their adverse effects and need for adequate processing to reduce them in food[J]. *AgricINTERNATIONAL*, 2017, 4(1): 56–60.
- [84] 宋佳. 上海市郊区部分果蔬农药残留情况调查及清洗方法研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2015. [SONG J. Investigation on pesticide residues in some fruits and vegetables in Shanghai suburbs and study on cleaning methods[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2015.]
- [85] DUBOVYK V. The use of pesticides and the hazards caused by pesticide residues[C]//LI F, LIU R. Fundamentals and applied problems of modern ecology and protection of the world: The International Scientific and Practical Conference. Sumy: Ivanchenko I. S. Publishing House, 2021: 105–106.
- [86] AFONNE O J, IFEDIBA E C. Heavy metals risks in plant foods-need to step up precautionary measures[J]. *Current Opinion in Toxicology*, 2020, 22: 1–6.
- [87] YADAV H, KUMAR R, SANKHLA M S. Residues of pesticides and heavy metals in crops resulting in toxic effects on living organism[J]. *J Seybold Rep*, 2020, 1533: 9211.
- [88] 庞淑婷, 刘颖. 中外谷物及其制品中污染物限量要求分析[J]. *标准科学*, 2021(3): 70–76. [PANG S T, LIU Y. Analysis of pollutant limit requirements in cereals and their products at home and abroad[J]. *Standard Science*, 2021(3): 70–76.]
- [89] 李俊生, 郭小瑞, 慕崢. 谷物中重金属来源、检测技术及膳食风险研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2023, 14(23): 141–147. [LI J S, GUO X R, QI Z. Advances in heavy metal sources, detection techniques and dietary risks in cereals[J]. *Journal of Food Safety and Quality Inspection*, 2023, 14(23): 141–147.]
- [90] 张鑫鑫, 杨燕强, 花锦, 等. 小杂粮中重金属元素调查研究及健康风险评估[J]. *中国口岸科学技术*, 2023, 5(3): 44–49. [ZHANG X X, YANG Y Q, HUA J, et al. Investigation and health risk assessment of heavy metals in minor cereals[J]. *China Port Science and Technology*, 2023, 5(3): 44–49.]
- [91] BHAT S A, HASSAN T, MAJID S. Heavy metal toxicity and their harmful effects on living organisms-a review[J]. *International Journal of Medical Science and Diagnosis Research*, 2019, 3(1): 106–122.
- [92] LA TORRE G, VITELLO T, COCCHIARA R A, et al. Relationship between formaldehyde exposure, respiratory irritant effects and cancers: A review of reviews[J]. *Public Health*, 2023, 218: 186–196.
- [93] CHAHINE C R, EL-TERES F F, CHAHINE N R, et al. Effects of dishwashing detergents residues on redox status and cell proliferation in mice liver and kidney[J]. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 2022, 10(8): 1606.
- [94] SCIURBA J D, CHLIPALA G E, GREEN S J, et al. Evaluation of effects of laboratory disinfectants on mouse gut microbiota[J]. *Comparative Medicine*, 2021, 71(6): 492–501.
- [95] ALAMRI M S, QASEM A A A, MOHAMED A A, et al. Food packaging's materials: A food safety perspective[J]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2021, 28(8): 4490–4499.
- [96] ONG H T, SAMSUDIN H, SOTO-VALDEZ H. Migration of endocrine-disrupting chemicals into food from plastic packaging ma-

- terials: An overview of chemical risk assessment, techniques to monitor migration, and international regulations[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022, 62(4): 957-979.
- [97] KATO L S, CONTE-JUNIOR C A. Safety of plastic food packaging: The challenges about non-intentionally added substances (NIAS) discovery, identification and risk assessment[J]. *Polymers*, 2021, 13(13): 2077.
- [98] 吴林海. 食品安全风险: 引发因素、传导机制、演化特征及治理[J]. *江西社会科学*, 2023, 43(9): 176-186. [WU L H. Food safety risk: Triggering factors, transmission mechanism, evolution characteristics and governance[J]. *Jiangxi Social Sciences*, 2023, 43(9): 176-186.]
- [99] SINGH P K, SINGH R P, SINGH P, et al. Food hazards: Physical, chemical, and biological[M]. *Food Safety and Human Health*. Academic Press, 2019: 15-65.
- [100] LEBELO K, MALEBO N, MOCHANE M J, et al. Chemical contamination pathways and the food safety implications along the various stages of food production: A review[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(11): 5795.
- [101] 金柯男, 朱广潮, 程代, 等. 肉类预制菜的安全与控制研究进展[J]. *现代食品科技*, 2023, 39(2): 110-118. [JIN K N, ZHU G C, CHENG D, et al. Research progress on safety and control of pre-prepared meat dishes[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2023, 39(2): 110-118.]
- [102] TOMPKIN R B. Control of *Listeria monocytogenes* in the food-processing environment[J]. *Journal of Food Protection*, 2002, 65(4): 709-725.
- [103] ACKERLEY N, SERTKAYA A, LANGE R. Food transportation safety: Characterizing risks and controls by use of expert[J]. *Food Protection Trends*, 2010, 30(4): 212-222.
- [104] 韦海燕. 食品供应链质量安全保障体系研究[J]. *食品安全导刊*, 2021, (24): 13,15. [WEI H Y. Research on quality and safety guarantee system of food supply chain[J]. *Food Safety Guide*, 2021, (24): 13,15.]
- [105] 成黎. 食品原料安全与初加工食品质量安全控制——以新鲜蔬菜的质量控制为例[J]. *食品科学*, 2015, 36(5): 266-273. [CHENG L. Quality and safety control of raw materials and fresh and primarily processed products: Fresh vegetable quality control[J]. *Food Science*, 2015, 36(5): 266-273.]