

设备：设备状态趋于稳定，工具辅具全部到位，可满足批量生产

物料：物料上线，器具款型确认 注意器具对零件的防护

方法：问题处理流程完善，3PA，变化点管理，降低首检缺陷率，奥迪特降分 PDM 图保持最新版本、选装关系，识别方法总结归纳、FIS 单整理、差异件识别统计、缺陷判定标准完善，匹配标准完善

例如：现场的拧紧应急预案的制定与执行 :EC 拧紧不合格，启动应急预案，

确认拧紧不合格的问题；

确定应急工具的选择；

确定缺陷的标准；

第一个操作者进行返修

第二个操作者进行复检并确认返修的状态（满足双眼原则）

缺陷进行记录系统；

对系统进行检查，是否符合要求；

环境：LTF 拉练识别新出现的质量问题，高压区域的设置，

此阶段只要对 Audit 抱怨的问题进行处理，由于人员，节拍的调整等对质量问题的影响，此阶段的生产节拍与 SOP 近似，能够在真实生产的环境中识别非正常生产环境中的质量问题，同时对 Audit 降分主要问题的促进。制定问题的分析，升级流程。

6 SOP-Block 阶段

人员：正常链速下的拉动生产，员工的操作对质量的影响

设备：设备状态趋于稳定，工、辅具的使用对质量的影响

物料：零件完成实物布线，框车及准时化零件切换完成，来件质量稳定性的跟踪；

方法：标卡会签，工艺一致性核查，变化点管理，降

低首检缺陷率，奥迪特降分

此阶段处于批量生产的模式，贴近于零件与车身之间的匹配、功能的稳定性。

对整个项目周期进行总结，归纳，梳理剩余的质量问题，更验证每个质量问题的进展、效果，对已解决的问题的进行封样保存，未解决的问题进行继续促进解决；

SOP-Block 期间 Audit 车的整备工作实现批量的放行工作。

制定 SOP block 期间 Audit 车辆整备流程，对重点车辆进行整备，让过程更加平顺：

此阶段主要处理装配性的质量问题，规范一线操作者的行为规范。

7 总结

在汽车行业质量一直以来都是消费者关注的重点问题，质量无小事，关系到消费者的人身安全，将问题化整为零，分阶段性的进行处理，从根源上解决问题，对产品质量，品牌信誉也是一个保证。本文围绕《项目阶段性质量问题促进方向研究》展开，结合产品质量、产品复杂度、项目阶段质量问题及品牌信誉等关键词，探讨了项目不同阶段质量问题的成因、影响及优化路径。研究表明，产品质量与产品复杂度密切相关，复杂度越高，各阶段质量风险越突出，需通过精细化管理和技术手段加以控制。项目阶段质量问题的动态性要求企业建立全过程质量监控体系，通过阶段性评审、风险预警和闭环管理，减少缺陷传递，提升整体质量水平。同时，质量问题的有效解决能够增强品牌信誉，为企业赢得市场竞争力。

未来研究可进一步结合具体行业案例，量化质量问题的经济影响，并探索智能化技术在质量管理中的应用，为项目阶段性质量优化提供更系统的理论支撑和实践指导。

参考文献

- [1] 《质量管理方法与工具》《GB/T19001:2015》《IATF16949:2016》
- [2] 流程图制定参考《六西格玛黑带》
- [3] Audit 降分曲线参考《康采恩生产体系》

Risk and control strategies of excessive irradiation in dairy products preservation

Jiaxian Xu

Wuhan Food and Cosmetics Inspection Institute, Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

With the rapid development of the dairy industry, irradiation preservation technology has gained widespread application due to its efficient sterilization properties. However, excessive irradiation has led to a series of issues that severely hinder its sustainable development. This study provides a systematic analysis of the risks associated with this technology, including nutrient loss, sensory degradation, the formation of potential harmful substances, and increased microbial resistance. It also delves into the causes of these issues, such as performance defects in irradiation equipment, insufficient professional skills among operators, and an inadequate quality control system. The study proposes strategies to optimize irradiation process parameters, enhance personnel training and management, improve the quality monitoring system, and explore innovative technological alternatives. These strategies are validated through typical case studies, providing theoretical and practical references for ensuring the quality and safety of dairy products and promoting the scientific application of irradiation preservation technology.

Keywords

dairy products; irradiation preservation; excessive irradiation; risk analysis; control strategy

乳制品辐照保鲜中过度辐照的风险及控制策略

徐家显

武汉食品化妆品检验所, 中国·湖北 武汉 430000

摘要

随着乳制品产业快速发展而因高效杀菌特性得到广泛应用的辐照保鲜技术, 受过度辐照带来的系列问题, 严重制约其可持续发展。本研究有对其在营养成分损失、感官品质劣变、潜在有害物质生成及微生物抗性增强等方面风险的系统分析, 有对辐照设备性能缺陷、操作人员专业不足、质量控制体系不完善等成因的深入剖析, 还有针对性提出的优化辐照工艺参数、强化人员培训管理、完善质量监测体系及探索技术创新替代方案等策略, 并结合典型案例对其有效性的验证, 从而为保障乳制品质量安全、推动辐照保鲜技术科学应用提供理论与实践参考。

关键词

乳制品; 辐照保鲜; 过度辐照; 风险分析; 控制策略

1 引言

凭借高效灭菌突出优势在食品工业广泛应用的乳制品辐照保鲜技术, 因过度辐照引发营养流失、品质劣变、安全隐患等系列问题日益显著; 当前怎样精准有效控制辐照剂量、防范相关风险成行业关键棘手难题。本文围绕过度辐照潜在威胁系统深入剖析, 在探究成因基础上提出控制策略, 旨在为乳制品产业安全有序发展提供科学有力支撑。

2 乳制品辐照保鲜技术概述

乳制品辐照保鲜充分利用电离辐射穿透特性, 通过破坏微生物核酸与细胞膜、抑制酶活性实现灭菌保鲜目标, 对

杀灭沙门氏菌、控制芽孢杆菌繁殖效果显著。就当前实际状况, γ 射线、X射线、电子束三种辐照技术各有不同应用场景, γ 射线凭高穿透性适用于大包装产品深层灭菌, X射线因能量转换率高且辐照均匀性好常应用于液态乳精准处理, 电子束以瞬时高剂量优势在奶粉快速杀菌中表现突出。但该技术在我国实际应用时, 面临公众认知不足、设备投资成本大、检测技术滞后等诸多现实问题, 且存在产品辐照参数优化不充分、对不同品类适应性研究欠缺等短板, 迫切需大力开展技术创新推动产业升级发展。

3 过度辐照风险分析

3.1 营养成分损失

过度辐照会使乳制品营养结构遭受严重破坏。高能射线致使蛋白质分子内化学键断裂, 引发肽链结构重排, 导致 β -乳球蛋白等功能性蛋白活性丧失, 使其乳化、凝胶等

【作者简介】徐家显(1984-), 男, 中国湖北枣阳人, 本科, 中级, 从事食品安全、食品检验研究。

特性降低。维生素体系对辐照尤为敏感，脂溶性维生素 A、D、E 易氧化裂解，水溶性维生素 B 族、C 在自由基强烈攻击下快速降解，相关研究表明过度辐照可能使乳清中维生素 B1 损失率超 50%。与此同时不饱和脂肪酸在辐照诱导下氧化形成过氧化物，导致必需脂肪酸含量降低，进一步削弱乳制品营养价值。

3.2 感官品质劣变

因过度辐照，乳制品的感官特性遭受显著影响，像色泽方面，乳蛋白所含氨基酸经辐照产生游离巯基与乳糖发生美拉德反应致液态奶褐变、奶粉发黄；风味层面上，乳脂氧化生成醛类、酮类物质产生“辐照臭”且含氮化合物降解带来焦糖或蒸煮异味；质构特性亦受冲击，高剂量辐照下酪蛋白胶束结构解离使液态奶分层沉淀、酸奶凝胶网络破坏致脱水收缩，严重降低产品食用品质与消费者接受程度。

3.3 潜在有害物质生成

高剂量辐照会使乳制品产生潜在有害化学物质，水辐解产生的自由基与溶质分子反应生成有机过氧化物和过氧化氢，其不仅加速脂质氧化还与生物大分子加合形成具细胞毒性辐解产物如酪氨酸氧化产生的对苯二酚类物质有潜在致癌风险，且含氯消毒剂残留与辐照协同易生成三卤甲烷等毒性显著增强的消毒副产物，特定条件下过度辐照还可能引发乳制品中天然放射性核素活化带来潜在辐射安全隐患。

4 风险成因剖析

4.1 辐照设备与工艺问题

辐照处理所达成精准度直接关联着辐照设备性能是否稳定以及工艺参数适配情况这一关键点，传统 γ 射线辐照装置在某些企业正被使用时存在剂量率不均匀的棘手状况，源于源架老化及传输系统产生机械误差致使产品受照剂量波动幅度超标阈值，尤其在大包装乳制品处理当中边缘和中心部位剂量差异可达 30% 以上的情况明显；电子束加速器能量输出稳定性受电源波动、真空度变化显著影响，设备维护若未及时跟进，电子束能量衰减便会致使穿透深度不足，进而迫使操作人员盲目增加辐照时间导致过度辐照发生。从工艺设计方面来讲，缺少针对不同乳制品特性进行个性化参数优化，未充分考虑乳脂肪含量、固形物比例对射线吸收的影响而直接套用通用辐照方案，造成实际处理剂量偏离安全区间的结果出现。另外，辐照装置日常校准频率不足且未能及时察觉剂量监测系统灵敏度下降，使得过度辐照风险不断累积的状况存在。

4.2 操作人员专业素养不足

操作人员对于辐照技术的认知水平以及实践能力是风险防控至关重要的环节，当前行业普遍存在人员培训体系不完善的问题，部分从业人员仅接受基础操作培训，缺乏对电离辐射生物学效应、剂量-效应关系等核心知识的深入理解，难以依据产品特性调整辐照参数的情况突出。在实际操作过

程当中，屡屡出现对设备异常报警信号误判、紧急停机流程执行不到位等情况，比如将剂量率异常波动单纯归为系统误差后继续作业，最终致使产品接受超量辐照。且人员流动性大、新老员工交替频繁使得标准化操作规范执行存在偏差，缺乏经验的操作人员易忽视环境温度、产品装载密度等隐性影响因素，在未进行预实验验证的情形下贸然启动辐照程序的现象常见。除此之外，部分企业未建立有效考核机制，缺少对操作人员技术水平与安全意识的动态评估，难以形成长效风险防控能力的局面存在。

4.3 质量控制体系不完善

乳制品辐照质量控制体系因存在薄弱环节而为过度辐照风险滋生土壤，多数企业在剂量监测方面依赖的单点剂量计测量无法全面反映产品三维空间受照情况且其剂量计校准溯源链条有断裂风险致测量数据可信度下降；在过程控制环节，因缺乏对辐照前原料微生物负荷以及包装材料辐照兼容性的严格筛查且未建立原料品质与辐照剂量动态关联模型使得辐照处理存在盲目性；成品检测流程具滞后性，传统微生物培养法检测周期长达数天不能及时反馈辐照效果，快速检测技术如 ATP 生物发光法在乳制品复杂基质中的适用性尚需验证；此外质量追溯体系不健全，辐照批次信息与产品流向数据未能有效衔接，一旦出现质量问题就难以快速定位风险环节进而削弱企业对过度辐照风险的响应能力。

5 控制策略研究

5.1 优化辐照工艺参数

优化辐照工艺参数需构建系统化研究体系并结合乳制品理化特性和微生物污染水平开展精准调控，液态乳具有高含水量、低固形物特点可通过调节辐照温度抑制水辐解自由基生成，研究表明在 -20°C 低温辐照条件下维生素 C 损失率较常温处理降低 40% 以上且采用分段式辐照策略把总剂量拆分为多个低剂量脉冲利用微生物亚致死损伤累积效应在保证杀菌效果同时减少营养损耗；对于乳粉、奶酪等高固形物产品，需建立射线穿透深度与产品密度、厚度数学模型并通过蒙特卡罗模拟技术优化产品摆放角度和辐照源距离将剂量不均匀度控制在 $\pm 5\%$ 以内；还可引入近红外光谱在线监测技术实时分析辐照过程中蛋白质二级结构、脂肪酸氧化程度变化并动态调整辐照参数，通过多因素响应面设计系统探究辐照剂量、时间、温度、湿度等参数交互作用以建立不同乳制品个性化工艺参数数据库为生产实践提供精准指导。

5.2 加强人员培训与管理

以全方位人员培训及管理体系为基础，从基础理论培训上讲，开发电离辐射物理、食品辐照化学、微生物抗性机制等多学科交叉的涵盖国际国内常见辐照事故案例，并运用案例教学方式解析理解，从而提高工作人员对操作风险的认知；从实际培训层面讲，在设备上引入 VR 设备对设备故障、