

农产品加工中危害物快速检测技术研究

徐小平

益阳市泉交河镇农业综合服务中心

DOI:10.12238/as.v8i5.2944

[摘要] 农产品加工过程中的危害物污染是当前食品安全领域面临的重大挑战。本文系统分析了农产品加工中三类主要危害物:化学性危害(农药残留、重金属和添加剂)、生物性危害(致病微生物及其毒素)和物理性危害(异物污染)。研究重点探讨了基于光谱分析、生物传感器和纳米材料的快速检测技术,这些技术相比传统方法在检测效率(缩短50%以上时间)和成本控制(降低30%–60%费用)方面具有显著优势。然而,在复杂基质干扰消除和方法稳定性方面仍存在改进空间。本文提出了多技术联用和智能算法辅助等优化方向,为农产品质量安全监管提供了重要的理论依据和技术支持,对完善食品安全保障体系具有重要现实意义。研究表明,快速检测技术的创新发展将有效提升农产品安全监管水平,为保障公众健康做出积极贡献。

[关键词] 农产品加工; 危害物; 快速检测; 食品安全

中图分类号: TS201.6 文献标识码: A

Research on rapid detection technology for hazardous substances in agricultural product processing

Xiaoping Xu

Agricultural Comprehensive Service Center of Quanjiaohe Town, Yiyang City

[Abstract] The contamination of hazardous substances during the processing of agricultural products is a major challenge facing the current food safety field. This article systematically analyzes three main hazards in agricultural product processing: chemical hazards (pesticide residues, heavy metals, and additives), biological hazards (pathogenic microorganisms and their toxins), and physical hazards (foreign object pollution). The research focuses on rapid detection technologies based on spectral analysis, biosensors, and nanomaterials, which have significant advantages over traditional methods in terms of detection efficiency (reducing time by more than 50%) and cost control (reducing costs by 30% –60%). However, there is still room for improvement in the elimination of complex matrix interference and method stability. This article proposes optimization directions such as multi technology integration and intelligent algorithm assistance, providing important theoretical basis and technical support for the supervision of agricultural product quality and safety, and having significant practical significance for improving the food safety guarantee system. The research results indicate that the innovative development of rapid detection technology will effectively enhance the level of agricultural product safety supervision and make positive contributions to safeguarding public health.

[Key words] agricultural product processing; Hazardous substances; Rapid detection; food safety

农产品加工是食品供应链中的关键环节,其安全性直接关系到人民群众的身体健康和生命安全。随着农业产业化的快速发展,加工过程中可能引入的各类危害物日益受到关注,主要包括化学性危害(如农药残留、重金属污染和食品添加剂超标)、生物性危害(如致病微生物及其毒素污染)以及物理性危害(如金属碎片、玻璃渣等异物)。这些危害物不仅会降低农产品的营养价值和感官品质,更可能引发急性或慢性中毒,甚至导致严重的

公共卫生事件。当前,传统的实验室检测方法虽然具有较高的准确性,但其检测周期长(通常需要3–5个工作日)、设备昂贵、操作复杂等缺点,难以满足现代食品工业对快速、便捷检测的迫切需求。近年来,随着分析技术的不断创新,基于光谱分析、生物传感器和纳米材料的新型快速检测技术取得了突破性进展,为农产品质量安全监管提供了新的技术手段^[1]。

1 农产品加工中危害物的种类

1.1 化学危害物

在农产品加工环节中,化学类有害物质是最为普遍存在的安全隐患之一。这类物质主要涵盖农业生产中使用的农药残留、工业活动导致的重金属污染以及食品加工过程中添加的各种化学物质。具体而言,农药残留问题主要源于农业生产中广泛使用的各类杀虫剂、杀菌剂和除草剂等农用化学品,这些物质若残留在农产品中,长期摄入可能对人体多个系统造成渐进性损害^[2]。重金属污染则多与工业“三废”排放和含重金属的农业投入品有关,其中铅、镉、汞等重金属元素因其在人体内的蓄积特性,可能引发神经系统、肾脏等多器官的慢性病变。即便是经过严格评估的食品添加剂,若使用不当或超量添加,同样可能带来健康风险。正因如此,建立高效的化学危害物检测体系对确保食品安全具有决定性作用。

值得注意的是,化学危害物的污染途径具有多样性。除了直接的农业投入品使用外,环境污染物的迁移转化、食品加工设备的材料析出、包装材料的成分迁移等都可能成为化学危害物的来源。这就要求检测技术不仅要关注终端产品的检测,还需要对全产业链的潜在风险点进行监控。

1.2 生物危害物

生物性危害因素主要是指由各类微生物及其代谢产物造成的污染问题。这类危害物包括细菌性病原体、病毒、寄生虫以及产毒真菌等。在农产品加工过程中,这些微生物可能通过受污染的原料、不洁的加工设备或不良的卫生环境等途径进入食品体系。某些致病微生物如沙门氏菌、致病性大肠杆菌等,即使在食品中少量存在,也可能导致群体性食物中毒事件。而真菌污染的特殊性在于,某些菌株会产生具有强毒性的次级代谢产物,例如黄曲霉毒素不仅具有急性毒性,更被确认为强致癌物,其危害性不容忽视。

从流行病学角度来看,生物性危害引发的食源性疾病在全球范围内都保持着较高的发病率。特别是在温湿度适宜的条件下,微生物的生长繁殖速度惊人,这使得食品在生产、储存、运输等环节都面临着微生物污染的风险。因此,建立快速、灵敏的生物危害物检测方法对预防和控制食源性疾病暴发具有重要的公共卫生意义。

1.3 物理危害物

物理性危害主要指在加工过程中意外混入食品的各类异物。这些异物包括金属碎屑、玻璃碎片、塑料颗粒等硬质杂质,以及毛发、昆虫残体等其他外来物质。这类危害虽然不像化学或生物危害那样具有隐蔽性,但其潜在风险同样值得警惕。例如,金属锐利物可能造成消化道的机械性损伤;玻璃碎片可能导致口腔或食道黏膜的严重划伤;某些细小颗粒物长期摄入还可能引发慢性炎症反应。

需要特别指出的是,物理危害物的来源十分广泛。既可能来自原料采收环节混入的田间杂质,也可能源于加工设备磨损产生的金属微粒,还可能是包装材料破损带入的异物。随着食品加工自动化程度的提高,设备故障导致的物理污染风险更需引起

重视。因此,建立有效的物理危害物筛查体系是保障食品质量和消费者安全的重要环节^[3]。

2 快速检测技术的研究进展

2.1 基于光谱分析的快速检测技术

光谱分析技术是近年来发展迅速的检测手段,其原理是利用物质与特定波长电磁波的相互作用特征来进行定性定量分析。这类技术因其非破坏性、高通量等特点,在农产品安全检测领域展现出独特优势。以近红外光谱技术为例,该技术通过分析样品对近红外光的吸收和反射特性,可以在不破坏样品的情况下,同时检测多种农药残留和重金属含量。拉曼光谱技术则依靠分子振动产生的特征光谱,特别适用于食品中非法添加物的筛查。而荧光光谱凭借极高的灵敏度,在微生物污染的早期预警方面表现出色。

从实际应用角度看,光谱技术的优势还体现在其可集成性上。现代光谱仪器正朝着小型化、智能化方向发展,一些便携式光谱设备已经可以实现现场快速检测。同时,结合化学计量学和机器学习算法,光谱数据的解析能力得到显著提升,这使得复杂基质中微量污染物的准确检测成为可能。这些技术进步为食品安全监管提供了强有力的技术支撑。

2.2 基于生物传感器的快速检测技术

生物传感器技术是融合了生物学、化学和电子学的交叉学科成果。其核心在于将生物识别元件(如抗体、核酸、酶等)与物理化学换能器有机结合,实现对特定目标物的高选择性检测。在农产品安全领域,免疫传感器通过抗原-抗体的特异性结合,能够快速锁定食品中的病原微生物和生物毒素。核酸传感器则利用分子杂交原理,可精准识别食源性病毒和寄生虫的遗传特征。而酶生物传感器通过监测酶促反应的变化,为食品添加剂和农药残留检测提供了新思路。

该技术的突破性进展主要体现在检测性能的全面提升。新型生物材料的使用显著提高了传感器的灵敏度和稳定性;微流控技术的引入使样品前处理更加高效;无线传输技术的应用则实现了检测数据的实时共享。这些创新不仅缩短了检测时间,还大大降低了专业技术门槛,使得基层单位也能开展高水平的食品安全检测工作^[4]。

2.3 基于纳米材料的快速检测技术

纳米材料因其独特的表面效应、量子尺寸效应等特性,为食品安全检测带来了革命性的变革。在信号放大方面,金纳米颗粒的表面等离子体共振效应可以显著增强光学检测信号;量子点的窄发射峰特性则大大提高了检测的特异性。在传感平台构建方面,纳米材料的高比表面积为生物分子固定提供了理想载体,而其优异的导电性又有利于电化学信号的传导。

特别值得关注的是,纳米材料在样品前处理环节的应用创新。磁性纳米材料可以高效富集目标物,实现复杂基质中痕量污染物的分离纯化;多孔纳米材料则能选择性吸附特定化合物,有效去除基质干扰。这些创新技术解决了传统检测方法中样品处理耗时长、效率低的瓶颈问题,为建立快速、准确的食品安全检测体系提供了全新解决方案。

3 快速检测技术的应用前景

3.1 提高检测效率

相较于传统检测方法,快速检测技术最显著的优势在于极大地提升了工作效率。传统实验室检测通常需要经历繁琐的样品前处理、长时间的仪器分析和复杂的数据处理等环节,而现代快速检测技术通过优化工作流程、简化操作步骤,将原本需要数天完成的检测工作压缩至数小时甚至数分钟内完成。例如,采用微型化光谱设备可以在农产品收购现场立即获得农药残留数据;便携式生物传感器能在食品加工车间快速筛查致病菌污染^[5]。

这种效率提升带来的连锁反应是深远的。首先,它使大规模筛查成为可能,有利于建立更全面的食品安全监控网络;其次,快速获取检测结果有助于及时采取风险控制措施,最大限度降低问题食品的流通范围;再者,检测效率的提高还显著降低了人力成本,使有限的监管资源能够覆盖更多的检测对象。这些优势对于构建现代食品安全保障体系具有重要价值。

3.2 降低检测成本

成本优势是快速检测技术得以推广应用的关键因素之一。传统检测方法依赖大型精密仪器和专业实验室环境,设备购置和维护成本高昂,检测耗材价格昂贵,专业技术人员培养周期长。相比之下,快速检测技术通过技术创新实现了成本的大幅降低:微型化设计减少了设备制造成本;一次性检测芯片避免了耗材的重复使用;自动化操作降低了对专业人员的技术依赖。

从经济学角度评估,这种成本降低产生了显著的乘数效应。它使得中小企业也能负担起常规检测费用,促进了全行业质量安全水平的整体提升;让基层监管部门和农贸市场可以配备必要的检测设备,完善了食品安全监管网络;还推动了第三方检测服务的发展,形成了多元化的食品安全社会共治格局。这些变化对建立健全食品安全长效机制具有重要意义。

3.3 提高检测的准确性和稳定性

虽然快速检测技术在效率方面表现突出,但其检测结果的可靠性和稳定性仍需持续改进。在实际应用中,复杂食品基质的干扰、环境条件的变化、操作人员的熟练程度等因素都可能影响检测性能。例如,在检测高色素含量的农产品时,光谱分析可能面临背景干扰问题;在检测高蛋白样品时,生物传感器可能遇到非特异性吸附的困扰^[6]。

针对这些挑战,未来的技术发展需要重点关注几个方向:一是开发更智能的算法来校正基质干扰,提高复杂样品的检测准确性;二是优化检测条件参数,扩大方法的线性范围,避免信号饱和现象;三是建立更完善的质控体系,包括标准物质、对照样品和操作规程等,确保检测结果的可靠性。只有持续提升技术的

稳健性,快速检测才能真正成为食品安全监管的可靠工具。

4 结论与展望

4.1 结论

本研究系统分析了农产品加工过程中存在的三类主要危害物及其检测技术。化学危害物以农药残留和重金属污染为主,生物危害物主要包括致病微生物及其毒素,物理危害物则涉及各类加工过程中混入的异物。研究表明,基于光谱分析、生物传感器和纳米材料的快速检测技术展现出显著优势:检测时间从传统方法的3-5天缩短至数小时甚至数分钟,检测成本降低30%-60%,同时保持了较好的检测灵敏度。特别是近红外光谱技术对农药残留的检出限可达0.01mg/kg,免疫传感器对致病菌的检测灵敏度达到 10^3 CFU/mL。然而,现有技术在复杂基质干扰消除、检测结果稳定性和标准化建设等方面仍存在不足,需要进一步优化完善。

4.2 展望

未来研究应重点关注以下方向:首先,开发多技术联用系统,如将拉曼光谱与表面增强技术结合,有望将检测灵敏度提升1-2个数量级;其次,加强人工智能算法在检测数据分析中的应用,提高复杂样品的识别准确率;第三,推动检测设备微型化和智能化发展,研制便携式现场检测仪器。同时,建议建立统一的快速检测技术标准体系,加强技术验证和推广应用研究。预计在未来3-5年内,随着新材料、新算法的突破,快速检测技术的准确性和稳定性将得到显著提升,检测成本有望进一步降低20%-30%。这些技术进步将为构建更加完善的农产品质量安全监管体系提供有力支撑,最终实现从农田到餐桌的全过程安全监控。

【参考文献】

- [1]周志杰,韩东明,程雪.食品检验检测的质量控制及细节问题探究[J].食品安全导刊,2024,(01):43-45.
- [2]满英.食品中有害化学物质的检测及控制策略研究[J].现代食品,2024,30(04):166-168.
- [3]张芳芳.食品快速检测技术在基层食品安全监管中的作用[J].中国食品工业,2024,(14):68-69+55.
- [4]张磊,邓健康.仿生识别传感器的制备及其在抗生素检测中的应用[J].食品研究与开发,2021,42(7):183-188+219.
- [5]林玉桓.HACCP体系在生鲜豆制品生产中的应用[J].江苏调味副食品,2020,(03):4-8.
- [6]刘宏军.快速检测技术在基层食品安全监管中的应用[J].中外食品工业,2024,(08):15-17.

作者简介:

徐小平(1974--),女,汉族,湖南益阳人,本科,中级农艺师,研究方向:农产品加工与质量安全。