

浅谈农产品质量安全风险的监测和评估

余新文

汉中市南郑区农产品质量安全监测检验中心 陕西 汉中 723100

摘要：农产品质量安全关乎公众健康与农业发展。本文阐述其风险监测与评估意义，涵盖保障消费者健康、推动农业可持续发展及提升市场竞争力。剖析面临化学、生物、物理污染等风险因素，介绍快速检测、色谱分析、质谱分析等监测技术，以及危害识别、特征描述、暴露评估等评估方法。旨在为全面把控农产品质量安全风险提供理论支撑，助力提升农产品质量安全水平，保障消费者饮食安全与农业产业健康发展。

关键词：农产品质量安全；风险监测技术；风险评估方法

引言

农产品作为人们日常饮食的主要来源，其质量安全状况直接关系到消费者的身体健康和生活质量。随着农业生产的现代化和市场的全球化，农产品在生产、加工、运输和储存等环节面临着诸多复杂的风险因素，这些因素可能导致农产品受到有害物质污染，进而引发质量安全问题。科学监测评估农产品质量安全风险，可及时预警隐患，为防控提供依据，对守护消费者健康、推动农业发展、增强市场竞争力意义重大，极具现实价值。

1 农产品质量安全风险监测与评估的重要意义

农产品质量安全风险的监测与评估在农业领域具有不可忽视的关键价值，对保障消费者健康、推动农业可持续发展以及提升农产品市场竞争力意义重大。就保障消费者健康来说，农产品中潜藏的有害物质残留与微生物污染等风险，时刻威胁着公众的饮食安全。像农药残留超标的农产品，若消费者长期食用，体内会逐渐蓄积有害物质，引发慢性中毒等健康问题。而精准的监测与评估工作，能及时察觉这些潜在风险，为采取有效防控措施提供依据，避免不安全农产品流入市场，切实维护消费者的身体健康。在促进农业可持续发展方面，科学的风险监测与评估可发挥引导作用。它能促使农业生产者认识到过度使用化学农药和化肥的弊端，转而采用更为科学合理的生产方式，如生物防治、有机肥料施用等。能降低农业生产对环境的污染，保护土壤、水源等生态资源，还能推动农业朝着绿色、生态的方向稳步迈进，实现农业的长期稳定发展。从增强市场竞争力来看，随着消费者生活水平的提高，对农产品质量安全的关注度日益提升，高质量安全的农产品愈发受到市场青睐。

2 农产品质量安全面临的主要风险因素

2.1 化学污染

农药分子凭借其脂溶性或水溶性特质，通过植物的

根系吸收、叶片渗透等途径进入农产品内部，部分农药代谢缓慢，在农产品收获时仍存在较高残留量，这些残留农药进入人体后，可能干扰神经系统正常功能、影响内分泌调节。化肥过量使用会导致土壤中硝酸盐大量积累，农产品吸收后形成的亚硝酸盐，在人体内可转化为亚硝胺类致癌物。非农业活动引发的化学污染同样不可忽视。工业生产排放的未经有效处理的废水、废气中，含有镉、铅、汞等重金属以及多氯联苯、二噁英等持久性有机污染物。这些污染物进入土壤和水体后，通过复杂的物理、化学和生物过程，被农作物根系吸收或在动物体内富集。以重金属镉为例，其在土壤中具有较强的稳定性，易被水稻等农作物吸收积累，长期食用镉超标大米，会对人体肾脏和骨骼造成不可逆损伤。畜禽养殖粪便若处理不当，其中的抗生素、兽药残留及氮、磷等物质，也会通过径流、渗漏等方式污染周边土壤和水体，间接影响农产品质量安全^[1]。

2.2 生物污染

（1）农产品质量安全受生物污染显著威胁，其根源在于微生物于适宜环境中的快速增殖与扩散。生长阶段，土壤、灌溉水中的沙门氏菌、大肠杆菌等致病微生物，可附着于农产品表面或侵入内部组织；收获后，若加工环节卫生条件不达标，加工设备与操作人员携带的微生物将大量污染产品；运输和储存时，温湿度等环境因素控制不当，会为微生物繁衍创造条件。（2）真菌毒素的危害不容小觑。在谷物、坚果储存过程中，当环境湿度超80%、温度处于25-30℃时，黄曲霉大量滋生并分泌黄曲霉毒素。黄曲霉毒素B1化学结构稳定，常规烹饪温度难以完全降解，其毒性远超氰化钾与砒霜，被污染的农产品不仅营养价值下降，还会严重损害人体肝脏，长期低剂量摄入存在诱发肝癌风险。（3）诺如病毒、禽流感病毒等在农产品加工及流通环节，易通过交叉污染

附着于农产品表面,引发食源性疾病。虽病毒无法在农产品内部繁殖,但少量病毒颗粒即可致病,加大了生物污染防治的复杂性与难度。

2.3 物理污染

在农产品生产过程中,田间的沙石、杂草,农业机械磨损产生的金属碎屑,都可能混入农产品中。加工环节里,机械设备故障导致的零部件脱落、管道内壁剥落的涂层碎片,以及不规范操作引入的异物,加剧了物理污染风险。这些异物不仅影响农产品外观品质,还会在食用过程中对人体消化道造成机械性损伤,如划伤食道、肠胃等。放射性物质污染虽发生概率较低,但后果严重。天然放射性核素如钾-40、铀系核素,以及人为活动产生的放射性核素,如铯-137、锶-90等,可通过大气沉降、灌溉水等途径进入农产品种植环境。放射性核素被植物吸收后,会在植物体内重新分配和积累,不同植物对放射性核素的吸收和富集能力存在显著差异。当农产品被人体摄入后,放射性核素会持续释放射线,破坏人体细胞结构和遗传物质,导致基因突变、细胞癌变等严重后果,且这种危害具有长期性和隐蔽性,其影响可能在数年甚至数十年后显现,对人体健康构成潜在的致命威胁^[2]。

3 农产品质量安全风险监测技术

3.1 快速检测技术

(1)农产品质量安全风险现场筛查倚重快速检测技术的高效便捷。基于免疫分析原理的技术发挥关键作用,酶联免疫吸附测定(ELISA)利用抗原-抗体特异性结合,通过底物显色反应的吸光度变化,能快速半定量分析农药、兽药残留;胶体金免疫层析技术借助试纸条显色,可在短时间内完成瘦肉精等残留物的现场初步筛查。(2)生物传感器技术融合生物学与物理化学检测优势,极具特色。适配体传感器借核酸适配体特异性,联合电化学、光学技术,对农产品小分子污染物检测灵敏度达纳克级及以下;微生物快速检测系统监测代谢物等,数小时完成致病微生物定量,契合农产品快流通的质检需求。(3)便携式拉曼光谱仪通过采集样品分子振动-转动光谱信息,并借助化学计量学算法,数分钟内实现对农产品中非法添加剂、农药残留的定性识别,为质量安全风险早期预警提供技术支撑。

3.2 色谱分析技术

色谱分析技术基于不同物质在固定相和流动相之间分配系数的差异,实现对农产品中复杂成分的高效分离与精准分析。气相色谱(GC)利用气体作为流动相,适用于分析沸点较低、热稳定性好的物质,如有机磷、有

机氯等农药残留。其分离过程依赖于样品在色谱柱固定相中的吸附-解吸或溶解-挥发平衡,通过程序升温控制不同组分的保留时间,结合氢火焰离子化检测器(FID)、电子捕获检测器(ECD)等,可对农产品中数十种农药残留进行同时检测,检测限低至 $\mu\text{g/kg}$ 级。液相色谱以液体为流动相,突破气相色谱对样品挥发性和热稳定性的限制,在分析极性大、分子大及热不稳定物质时优势显著。反相高效液相色谱凭借固定相和流动相的合理配比,可有效分离兽药残留等物质;二极管阵列检测器的引入,赋予其定量检测与定性鉴定双重功能。超高效液相色谱通过优化填料与仪器结构,大幅提升分离效率和检测灵敏度,在农产品痕量分析中占据重要地位。

3.3 质谱分析技术

(1)质谱分析技术凭借离子化与质荷比分离原理,成为农产品质量安全精准鉴定核心。气相色谱-质谱联用(GC-MS)融合气相色谱分离效能与质谱定性优势,对挥发性农药残留及环境污染物分析效果突出。电子轰击离子源产生碎片离子辅助化合物鉴定,而三重四级杆GC-MS/MS的MRM模式,增强复杂基质中痕量物质检测灵敏度与选择性,检测精度达 ng/kg 级。(2)液相色谱-质谱联用(LC-MS)克服气相色谱应用局限,适用于热不稳定、高极性化合物分析,如抗生素、激素、生物毒素等。电喷雾电离(ESI)和大气压化学电离(APCI)等软电离技术优化了液相色谱与质谱联用效率,实现温和条件下样品分子离子化。(3)飞行时间质谱(TOF-MS)与液相色谱结合,可获取全扫描质谱图,提供化合物精确质量数,用于未知物筛查与结构鉴定;串联质谱(MS/MS)通过多级质谱扫描,对母离子碰撞诱导裂解获取特征碎片离子,增强分析特异性与灵敏度,在农产品多残留污染物同时定性定量分析中不可或缺,为农产品质量安全风险深度剖析提供有力技术保障^[3]。

4 农产品质量安全风险评估方法

4.1 危害识别

农产品质量安全风险评估的首要步骤为危害识别,其核心在于系统性排查农产品全生命周期各环节潜在的风险因素。在生产环节,需聚焦农业投入品使用与环境影响,分析农药、兽药、化肥等投入品的化学成分及使用规范,检测土壤、水源、空气等环境介质中污染物的赋存形态与迁移规律。通过检测土壤重金属含量及形态分布,识别农产品重金属污染风险;运用分子生物学技术对灌溉水进行微生物群落分析,判断致病菌污染隐患。加工环节中,食品添加剂、加工助剂的合规使用,以及加工设备清洁程度、工艺参数控制等均需纳入评估

范畴。食品添加剂的超范围、超剂量使用,加工过程中产生的有害副产物(如油炸食品中的丙烯酰胺),均可能成为新的危害因素。流通环节则关注储运条件对农产品质量的影响,如温度、湿度控制不当可能导致微生物滋生,包装材料中有害物质的迁移也需重点排查。综合文献调研、现场勘查与实验室检测数据,依HACCP原理梳理危害因素,明晰来源、路径与危害,夯实评估基础。

4.2 危害特征描述

(1) 危害特征描述旨在深入剖析已识别危害因素的内在本质及其对人体健康的潜在威胁。针对化学危害,借助毒理学实验与流行病学调查,系统研究其毒性作用机制与剂量-反应关系。借助动物实验测定农药LD50与NOAEL,剖析其在生物体内代谢及蓄积规律;通过细胞毒性实验,探究重金属对DNA、蛋白质等的损伤机理。针对生物危害,利用基因测序解析致病菌毒力基因,结合血清学检测病毒抗体,评估病原体致病与传播风险。

(2) 在完成定性分析后,采用数学模型对危害特征进行量化表达。对于存在阈值效应的危害因素,构建剂量-反应曲线,界定安全剂量区间;针对无阈值效应的致癌物质,运用线性外推模型估算低剂量暴露风险。(3) 由于个体对危害因素的敏感性存在显著差异,在农产品质量安全风险评估中,引入不确定性系数对评估结果进行校正,能够全面且精准地刻画潜在健康危害,为风险评估筑牢科学根基。

4.3 暴露评估

在食物摄入途径方面,通过膳食调查获取不同人群对各类农产品的消费量数据,结合农产品中危害因素的检测结果,估算经口摄入量。采用双份饭法、24小时膳食回顾法等方法,记录个体饮食结构与消费量;利用市场采样与实验室检测,确定农产品中污染物的含量分

布。考虑烹饪加工过程对危害因素含量的影响,建立加工因子数据库,对原始检测数据进行修正。除食物摄入外,还需评估皮肤接触、呼吸道吸入等其他暴露途径的风险。在农产品生产、加工场所,工人通过皮肤接触农药、兽药,或吸入粉尘、蒸汽暴露于有害物质;消费者在食用生鲜农产品时,也因清洗不彻底而通过皮肤接触残留农药。运用暴露模型(如膳食暴露评估模型、点估计模型、概率暴露评估模型),综合考虑不同人群的年龄、性别、生活习惯等因素,模拟危害因素暴露的概率分布,准确评估不同人群的暴露水平,为风险特征描述提供关键数据支持^[4]。

结束语

农产品质量安全风险的监测和评估是一个系统而复杂的工程,涉及多个学科领域和多种技术方法。通过对农产品质量安全面临的主要风险因素进行全面分析,运用先进的监测技术及时准确地发现风险,并采用科学的评估方法对风险进行量化评估,为农产品质量安全管理提供有力的技术支持。未来需依托科技进步,创新监测技术、完善评估方法,精准防控风险,推动农业高质量发展。

参考文献

- [1]张铁亮,赵玉杰,刘文婧,张艳伟,贺泽英.农产品质量安全监测评估科技创新路径思考[J].农产品质量与安全,2025(1):48-52.
- [2]惠飞.浅谈产品质量安全风险监测与缺陷消费品召回的区别和联系[J].产品安全与召回,2024(4):78-81.
- [3]雷艳芬.浅谈对农产品质量安全检测实验室安全的认识[J].中外食品工业,2024(10):25-27.
- [4]姚勇,周扬,谭慧.浅谈农产品质量安全监测抽样过程[J].湖北植保,2019(5):36-38.