

食品检验检测技术应用分析

杨哲云

禄劝彝族苗族自治县市场监督管理局食品药品检验检测中心 云南 昆明 651500

摘要：食品检验检测技术是保障食品安全、规范市场秩序的核心手段。当前，化学分析、生物检测、快速检测及新兴技术（如AI、区块链）深度融合，形成覆盖“源头-生产-流通”全链条的检测体系，显著提升了对农药残留、重金属、病原微生物等风险的识别能力。然而，技术成本高、基层设备普及率低、标准更新滞后等挑战仍存。未来需推动微型化设备研发、完善跨区域数据互认机制，以构建智能化、高效化的食品安全防护网。

关键词：食品检验；检测技术；应用

引言：食品安全是保障公众健康、维护社会稳定的重要基石。当前，食品产业规模持续扩大、加工工艺日益复杂，新型污染物与掺假手段不断涌现，使得食品安全风险呈现隐蔽化、多样化特征。传统检测技术受限于效率、灵敏度与成本，难以满足全链条监管需求，而人工智能、光谱分析、生物传感等新兴技术的融合应用，正为食品检测注入新动能，推动其向智能化、快速化方向转型。

1 食品检验检测技术体系概述

1.1 食品检测技术分类

(1) 化学分析技术：以物质化学特性为核心，含色谱、光谱、质谱及联用技术。色谱技术中，气相色谱（GC）适用于挥发性农残检测，高效液相色谱（HPLC）可分析非挥发性添加剂，超高效液相色谱（UPLC）进一步提升分离效率；光谱技术如近红外光谱（NIR）实现无损快速检测，拉曼光谱可穿透包装鉴别掺假；质谱联用技术（GC-MS、LC-MS/MS）检出限达ppb级，是痕量污染物检测“金标准”。(2) 生物检测技术：依托生物分子特异性识别，PCR技术通过核酸扩增检测致病菌与转基因成分，2-4小时即可出结果；酶联免疫吸附测定（ELISA）适合批量筛查黄曲霉毒素、瘦肉精等，成本低于色谱法；生物传感器融合生物识别与信号转换，实现pg级灵敏度检测，可连接智能设备实时分析。(3) 物理检测技术：基于物质物理属性分析，核磁共振技术可量化食品水分与脂肪分布，X射线荧光光谱能快速测定重金属总量；振动力学传感技术可评估食品质地，计算机视觉技术实现外观与缺陷的自动化检测，均具备无损优势。(4) 快速检测技术：聚焦时效性与便携性，胶体金试纸条10分钟内可完成现场定性筛查，便携式电化学传感器3分钟内输出农药残留浓度；近红外光谱仪1秒内完成原料成分分析，拉曼光谱仪实现非法添加物快速鉴别，广泛应用于产地准出与

流通监管^[1]。

1.2 检测技术选择依据

(1) 检测目标：农药残留优先选GC-MS或便携式电化学传感器，重金属检测常用原子吸收光谱与离子选择性电极；微生物污染可通过PCR快速筛查，再用传统培养法确认；添加剂检测宜用HPLC或拉曼光谱，营养成分分析则适用近红外光谱技术。(2) 检测场景：实验室精准检测依赖LC-MS/MS、ELISA等设备，需配套QuEChERS前处理技术；现场筛查优先胶体金试纸条、便携式拉曼光谱仪，满足农贸市场与产地快速检测需求；在线监测则采用近红外光谱仪与生物传感器，实现生产过程实时预警与自动调控。

2 食品检验检测技术应用分析

2.1 化学分析技术

(1) 气相色谱-质谱联用技术（GC-MS）在农药残留检测中的应用：作为农残检测“金标准”，GC-MS凭借高分离效能与精准定性能力广泛应用于果蔬、谷物等农产品检测。通过QuEChERS前处理技术净化样品后，GC可快速分离有机磷、拟除虫菊酯等挥发性农残组分，质谱则通过特征离子碎片实现精准识别，检出限低至ppb级。在北京市农产品质量安全检测中，该技术配合AI辅助系统，可同时完成86种农药残留的批量检测，解决了传统方法流程繁琐、效率低下的问题，为农产品产地准出提供核心技术支撑^[2]。(2) 液相色谱技术（HPLC）在食品添加剂分析中的优势：针对甜味剂、防腐剂等非挥发性添加剂，HPLC展现出显著优势。其通过可调波长检测器与梯度洗脱系统，可在30分钟内完成对山梨酸钾、安赛蜜等10余种添加剂的分离定量，分离度达1.5以上，相对标准偏差小于5%。相较于传统滴定法，HPLC无需复杂衍生化处理，能直接分析食品复杂基质中的目标组分，已成为饮料、糕点等加工食品质量控制的常规技术，有效

防范添加剂超范围、超限量使用风险。

2.2 生物检测技术

(1) 酶联免疫吸附法(ELISA)在过敏原检测中的实践: ELISA基于抗原抗体特异性结合原理,成为牛奶、坚果等过敏原检测的主流技术。采用间接竞争法时,通过包被过敏原标准抗原与样品中过敏原竞争结合抗体,可实现0.1mg/kg级别的定量检测。在烘焙食品生产企业中,该技术可快速筛查原料中的微量麸质过敏原,检测周期仅2小时,且成本仅为质谱法的1/5,适配生产线原料入厂检验的批量筛查需求,降低交叉污染引发的食安风险。(2) PCR技术对食品病原微生物的快速筛查: PCR通过核酸扩增技术实现致病菌的快速检出,彻底改变了传统培养法耗时2-3天的局限。针对沙门氏菌、李斯特菌等常见食源性致病菌,实时荧光PCR可通过特异性引物扩增目标基因片段,2-4小时内即可完成定性检测,灵敏度达10CFU/mL。在冷链食品监管中,该技术可快速筛查污染样本,结合后续培养验证,形成“快速筛查-精准确认”的检测闭环,为冷链食品安全防控提供时效保障。

2.3 快速检测技术

(1) 便携式拉曼光谱仪在现场检测中的应用案例: 在口岸散装奶粉检测中,便携式拉曼光谱仪展现出突出优势。杨巧玲等学者的研究显示,采用激光功率300mW、积分时间1000ms的参数设置,可在10分钟内完成奶粉中硫脲的可视化检测,检出限低至0.05%,且通过二值热图能直观定位污染物分布。该技术无需样品前处理,已在多地农贸市场实现对注水肉、掺假蜂蜜的现场筛查,检测结果可即时上传监管平台,大幅提升流通环节监管效率^[3]。(2) 纳米材料传感器在重金属检测中的创新突破: 基于纳米金、碳纳米管等材料的传感器实现重金属检测技术革新。通过纳米材料对重金属离子的特异性吸附,可将检测信号放大1000倍以上,检出限低至ng/L级。例如,量子点修饰的电化学传感器可同时检测铅、镉、汞三种重金属,响应时间仅3分钟,且不受食品基质干扰。相较于传统原子吸收光谱法,该技术设备体积缩小80%,已应用于饮用水源地现场监测,实现重金属污染的实时预警。

2.4 新兴技术融合

(1) 人工智能与大数据在食品检测数据解读中的应用: AI大模型显著提升数据处理效率,北京市研发的农残智能检索判读系统,通过DeepSeek模型关联1万余条限量标准,可在1分钟内完成30个蔬菜样品的检测结果判定,效率提升99%以上。在图像识别领域,基于手机的快检试纸条智能判读系统,结合计算机视觉算法30秒内即可完

成结果解读,解决了人工判读主观性强的问题。大数据则通过分析历史检测数据,构建风险预测模型,实现食安隐患的提前防控。(2) 区块链技术对检测流程溯源的赋能: 区块链的不可篡改特性为检测全流程提供信任支撑。乐牛食品安全追溯系统为每批次食材生成唯一溯源码,整合检测报告、运输轨迹等12项数据,使追溯耗时从48小时压缩至30分钟。在中国农科院构建的溯源框架中,区块链与IoT结合,实时记录检测设备参数与结果数据,配合AI算法实现茶叶、橄榄油等产品100%防伪追溯。该技术有效解决了检测数据造假、责任认定难等问题,构建起“检测-存证-溯源”的全链条信任体系。

3 食品检验检测技术面临的挑战与对策

3.1 主要挑战

(1) 技术局限性: 现有技术在复杂基质检测中存在明显短板,传统胶体金试纸条对痕量污染物灵敏度不足,难以检出低浓度违禁成分;拉曼光谱等技术易受食品中色素、水分干扰,导致结果偏差。面对新型复合污染物与未知风险物质,部分检测方法成熟度不足,误差与重现性问题突出,无法精准识别潜在隐患。此外,前处理流程繁琐耗时,也制约了检测效能的提升。(2) 成本与效率矛盾: LC-MS/MS等高端设备单台造价超百万元,基层机构难以负担,且维护成本高昂,导致普及率不足。部分地区基层快检设备半数以上临近报废,出现“检不快、检不准”的困境。同时,精准检测依赖复杂前处理技术,周期长达数天,而快速检测技术又存在定量准确性不足的问题,形成效率与精度的失衡。(3) 标准化与监管体系不完善: 现有标准存在交叉重复、限度模糊等问题,且更新滞后于新原料、新工艺发展,对新型食品的覆盖不足。各级检测机构协同不足,抽检任务重复且数据割裂,难以形成监管合力。第三方检测机构缺乏有效约束,部分检测流于形式,同时基层执法人员不足,存在“一人所”等监管弱化现象。

3.2 对策建议

(1) 推动产学研协同创新: 借鉴南昌大学“春华秋实”团队模式,构建“高校研发+企业转化”闭环,攻关量子点荧光等核心技术,将检测灵敏度提升3-10倍。联合企业开发低成本检测设备,如荧光定量试纸条,实现10分钟内精准定量。聚焦抗干扰技术研发,增强复杂基质中目标物的识别能力,突破技术瓶颈。(2) 完善法规与互认机制: 建立标准动态更新制度,针对新型风险及时出台检测方法标准,厘清标准制定与监管部门权责。构建全国统一的检测数据平台,推行“一次检测、全域互认”,减少重复检测。强化第三方机构监管,将检测数

据纳入区块链存证,确保结果真实可追溯。(3)加强基层能力建设:加大对基层的设备与经费支持,推广便携式拉曼光谱仪、荧光试纸条等快检产品,覆盖90%以上县域需求。开展基层人员技术培训,编写标准使用指南,提升操作与判读能力。建立“国家-省-市-县”四级技术帮扶体系,通过远程指导解决基层检测难题,织密食品防护网^[4]。

4 食品检验检测技术应用的未来发展趋势展望

4.1 技术发展方向

(1)微型化、智能化检测设备的普及:设备将向“手机级”便携化突破,操作简化为“取样-滴加-读数”三步,非专业人员可快速掌握。通过融合AI与物联网技术,检测数据可实时上传云端平台,实现跨区域集中管控与风险预警,如肥城市“互联网+明厨亮灶”平台通过智能设备实现后厨操作24小时动态监测。同时,设备将集成多检测模块,一台便携仪可同时筛查农药残留、重金属等多类指标,降低采购成本的同时提升检测效率。(2)多技术联用实现全链条风险监控:形成“前处理+检测+溯源”技术闭环,如QuEChERS前处理结合GC-MS检测,配合区块链溯源构建食品安全档案。在供应链管控中,通过“源头预检测+口岸快核检”模式,将检测环节前置,如中哈猪肉贸易中,源头预检测配合口岸快速抽检实现2小时内放行。多技术联用已覆盖生产、流通、餐饮全链条,肥城市通过该模式实现123家餐饮单位全环节数字化监控。

4.2 产业应用前景

(1)第三方检测机构的市场化竞争格局:市场将呈现“头部集中、区域分散”特征,华测检测等龙头依托全链条服务与数字化平台扩大份额,中小机构聚焦细分领域差异化发展。2024年第三方检测贡献率已超60%,预

计2030年市场规模将达920亿元,行业整合加速,具备国际互认资质的综合型机构将主导市场。政策端将出台专项扶持,推动实验室升级与人才建设,强化第三方机构在风险预警中的作用。(2)全球食品安全标准协同对技术输出的影响:上合组织等区域合作推动检测方法互认,已完成18项核心农产品检测方法协同。我国检测技术借“一带一路”契机加速输出,如区块链溯源技术应用于中巴蔬菜贸易,推动出口量增长60%。面对ISO/IEC17025等国际标准,具备多体系认证能力的机构将抢占先机,技术输出从设备供应向“标准+检测+咨询”一体化方案升级。

结束语

食品检验检测技术作为保障食品安全的关键防线,其有效应用意义重大。随着科技发展,新检测技术不断涌现,为精准检测提供了更多可能。然而,当前技术应用仍面临成本、效率、标准化等挑战。未来,需持续创新优化技术,加强多技术融合,提升检测能力。同时,完善相关标准与监管体系,推动食品检验检测技术广泛且规范应用,切实守护公众“舌尖上的安全”,助力食品行业高质量发展。

参考文献

- [1]王欢,杨静,谢伟强.食品检验检测的质量控制分析[J].食品安全导刊,2022,(29):31-33.
- [2]刘丽英,黄迪.生物检测技术在食品安全检验中的应用[J].食品安全导刊,2022,(28):35-37.
- [3]白俊花,杨学莉,吴贤.食品微生物检验内容与检测技术探讨[J].食品安全导刊,2022,(26):19-21.
- [4]张荣.检测技术在食品检验中的应用价值研究[J].食品安全导刊,2022,(24):147-149.