

食品农产品中多种农药残留同步检测技术优化研究

朱忠宝 张仁万 浦绍虎 夏秋淋
昭通市检验检测院 云南昭通 657000

摘要：食品农产品关系到民生安全与公众健康，本文将聚焦于食品农产品中多种农药残留同步检查技术优化研究，明确技术应用重要性、分析技术优化需求、探究该领域的关键技术与技术优化对策，旨在提高检测灵敏度、准确性，提高工作效率、技术经济性，切实保障食品安全与公众健康，为食品农产品农药残留监管提供了可靠的技术支持。

关键词：食品农产品；多种农药残留；同步检测技术

随着现代农业的发展，农药在农作物种植过程中被频繁使用，其是防治病虫害、提高农作物产量的关键因素，而过量使用、不合理使用则会导致食品农产品农药残留超标，增加了食品安全风险。多种农药残留同步检测技术优化研究将建立一种快速、准确、覆盖广泛的同步检测方法，最大程度地解决基质效应、共存干扰物分离、低浓度农药检测等关键性问题，在技术赋能下促进农业产业的健康可持续发展，提高食品农产品质量安全，并为推动食品农产品多种农药残留同步检测技术的发展贡献力量。

一、多种农药残留同步检测技术应用的重要性

（一）保障食品安全与公众健康

食品农产品农药残留超标会对人体健康造成伤害，如对人体神经系统、免疫系统、消化系统造成损害，引发癌变、畸形等严重疾病。单一的农药残留检测难以全面地评估食品农产品中农药残留情况，需要配合多种农药残留同步检测的方式全面体现食品农产品中的农药残留水平，以此确保食品符合国家安全标准，进而降低因农药残留超标对公众健康造成的损害。

（二）推动农业产业升级

多种农药残留同步检测技术的应用能够为农产品的生产提供科学、全面的指导，帮助农业生产者调整农药使用方案，避免不合理使用农药导致产品农药残留超标。同时这项技术的应用有利于推进绿色防控技术推广，保证食品农产品的农药残留水平符合质量标准，提高农产品的竞争力，促进农业产业结构升级调整、促进绿色农业可持续发展。

（三）满足国际标准与贸易需求

现代农业正朝着高效、绿色、可持续发展的方向发展，且食品农产品贸易已成为全球经济发展的重要组成部分，

其农药残留同步检测技术的应用能够快速、准确地检测产品多种农药的残留量，帮助企业精准掌握产品中的农药残留情况，保证产品能够满足国际标准、贸易需求，通过与国际标准接轨提升企业在国际市场的信誉和竞争力，并推动我国农药残留检测标准体系的优化与完善。此外，检测技术的优化能为农产品生产者提供科学的用药指导，减少农药滥用，进而提高食品农产品质量，通过技术与管理的多方联动，建立满足国际市场的安全标准，增强国际竞争力。

（四）支持科研与技术创新

多种农药残留同步检测技术的优化与应用是推动科研与技术创新的重要举措，技术优化促使检测方法向高通量、高灵敏度、高自动化方向发展，为农药残留监管提供高效工具，为食品安全监管提供更高效、智能的解决方案。此外优化研究可提高检测灵敏度与准确性，融入新理论、创新新方法、研究新成果，为农业科技提供支撑，推动智慧农业和精准检测技术进步。

二、食品农产品中多种农药残留同步检测技术优化需求

（一）检测灵敏度提升需求

检测灵敏度是有效识别痕量农药残留的关键指标之一，且随着近些年全球对食品安全标准的不断提升，食品农产品中农药残留标准日益严格，这需要检测技术具有较高的灵敏度。传统检测技术和单一检测方法在检测食品农产品中的农药残留量时灵敏度不够，会影响结果准确性，进而无法有效识别食品农产品中存在的农药残留风险。此外，目前一些主流农药残留检测方法的灵敏度受限于样品前处理情况，会有一定的干扰因素，例如有机磷和拟除虫菊酯类农药在复杂食品基质中信号较弱，检测结果就可能会出现较大的偏差，影响对农药残留情

况的准确判断。

（二）检测准确性提高需求

农药残留检测分析中常常会受到基质效应、检测方法等因素影响，从而影响定量准确性。为提高检测准确性，应加强检测技术的优化研究，采取建立更加精准的校准方法、优化内标物的选择、建立抗基质干扰的检测体系等措施保证检测结果的精准性，为农药残留检测提供更科学、更准确的技术支持^[1]。

（三）检测效率增强需求

食品农产品的农药残留检测会有峰谷期，日均样品检测量数量较大，传统检测技术方法效率较低，且对样品的多种农药残留检测不够全面，如单个样品的GC-MS/MS分析时间在20~30分钟，难以满足大规模筛查的需求。因此检测效率增强需求显得尤为迫切，必须开发高通量的检测方法，有效缩短单个样品的检测时间，满足实际应用中的大规模筛查需求。

（四）检测成本降低需求

农药残留涉及应用到高精密度的检测设备，技术要求也较高，高昂的检测成本限制了农药残留检测的普及，在当前对食品农产品多种农药残留同步检测技术的需求下，应关注到检测技术应用的经济性，满足检测成本降低需求，通过推广小型化、便携式设备，开发低成本耗材，共享检测资源等方式可以有效降低检测过程中的经济投入，从而实现整体检测成本的下降。

三、食品农产品中多种农药残留同步检测关键技术

（一）色谱类同步检测技术

色谱同步检测技术是多种农药残留检测的核心手段，该项技术具有高分离能力、高灵敏度等特点。

1. 气相色谱-质谱联用（GC-MS）

GC-MS技术原理是通过气相色谱分离样品中农药残留物，再经质谱仪鉴定，适用于有机磷、有机氯、拟除虫菊酯类等挥发性、半挥发性农药，具有高灵敏度、高分辨率等优势特点。GC-MS技术应用对样品前处理要求高，需规范处理以保证检测准确性，同时在技术应用中要结合具体需求选择适合的配置和方法，以充分发挥优势^[2]。

2. 液相色谱-质谱联用（LC-MS）技术

LC-MS技术是将液相色谱的高效分离能力与质谱的精准定性定量能力相结合的分析技术，经过分离、离子化、检测的三个阶段明确多种农药残留情况。这一技术具有广泛性、高灵敏度、抗干扰能力强、检测方法灵活等特点，适用于极性农药和复杂基质分析。

3. 超高效液相色谱-串联质谱（UPLC-MS/MS）技术

UPLC-MS/MS技术结合了超高效液相色谱的高分辨率与质谱的高灵敏度及特异性，具有超快分离、超高灵敏度和卓越的抗干扰能力，能够对复杂基质中的微量成分进行定性定量分析，可以实现更加迅速、灵敏的农药残留检测，在多种农药残留检测中，基于中国GB 23200.121-2021标准，采用这一技术可以检测植物源性食品中488种农药残留，基于欧盟EU 2021/808标准，可以同时分析300+种农药。

（二）免疫分析类同步检测技术

免疫分析类同步检测技术在食品农产品中多种农药残留的同步检测中占据重要地位，其操作简便、检测速度快，适用于大批量样品的筛查工作。

1. 酶联免疫吸附试验（ELISA）

酶联免疫吸附试验是基于抗体对抗原的特异性识别，当前ELISA试剂盒检测范围包括有机磷、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯等大类，适合基层实验室批量初筛，具有操作简单、成本低、检测迅速等特点，但在检测中的灵敏度有限，会受到其他因素干扰导致出现假阳性的问题^[3]。

2. 免疫层析试纸条

免疫层析试纸条也是基于抗体对抗原的特异性识别，免疫层析试纸条由样品垫、结合垫、硝酸纤维素膜、吸水垫组成，检测线T线显色强度与农药浓度成反比，控制线C线验证实验有效性，其灵敏度为1-50 μg/kg，检测时间为5~15分钟，可以作为便携式检查、快速检查的方式，快速排查禁用农药，判断是否含有有机磷和氨基甲酸酯类农药。但这一检测方法的检测限较高，定量准确性不足，无法检测痕量残留。

（三）其他同步检测技术

随着科学技术的不断发展，近些年对这一领域的研究逐渐深入，除常见的色谱与免疫分析技术外，光谱技术与生物传感器技术正逐渐彰显出显著的优势。

1. 光谱技术

当前，分光光度法、红外光谱法、荧光光谱法等多种光谱分析方法广泛应用于农药残留检测，通过对农药分子与光的相互作用检验其类别与含量，具备快速响应、破坏性低等特点。例如拉曼光谱技术在应用中通过光子与分子振动能级的非弹性散射，获取农药的“指纹图谱”，实现对农药残留定性、定量的双向检测，这种检测分析技术具有高特异性、快速检测、无需复杂前处理等优势特点，单次分析检测时间仅需半分钟。或是近红外光谱法利用农药分子中C-H、N-H、O-H键的倍频与合频吸

收,同时检测有机磷、氨基甲酸酯类等多种农药,这种方法能够实现多组分同时分析,极大提高了检测效率^[4]。

2. 生物传感器技术

生物传感器技术是对酶、抗体、核酸适配体等生物识别元件与电化学、光学、电压等信号转换器结合,待测物与分子识别元件结合,反应信号经转换放大后输出的技术,而后完成检测。其中电化学生物传感器适用于蔬菜、水果等基质的检测,例如在有机磷和氨基甲酸酯类农药检测中,基于乙酰胆碱酯酶(AChE)抑制原理,多通道电化学传感器通过电流信号变化同步检测6种农药,15分钟检出限达0.001~0.01mg/kg;光学生物传感器则具有可视化、高敏感度的技术优势,例如量子点荧光免疫传感器与离子体共振(SPR)技术实现多农药同步检测,检出限0.0005mg/kg,响应时间小于10分钟。

四、食品农产品中多种农药残留同步检测技术优化对策

(一) 样品前处理技术优化

样品前处理是多种农药残留同步检测的重要环节,关系到检测结果的精准性。例如在萃取技术革新中,优化吸附剂组合,提高对色素、脂肪酸等干扰物的去除能力,或是采用纳米级萃取剂,增强对不同极性农药的吸附能力,或是结合分散固相萃取自动化技术,提升方法的稳定性和通量;在净化方法升级中应用分子印迹聚合物(MIPs)、金属有机框架材料(MOFs)等新型吸附材料,减少共提取杂质的干扰,或是引入分子印迹聚合物(MIPs)净化柱,通过有效的净化过程去除基质干扰、提高检测灵敏度。

(二) 检测设备升级

检测设备的性能直接影响对多种农药残留进行同步检测的能力,因此在该项研究中,应关注检测设备的优化与升级。一方面引入气相色谱质谱联用(GC-MS)、液相色谱质谱联用(LC-MS)等高端色谱质谱联用设备,依托设备高灵敏度、高分辨率、高选择性等特点,完成同时检测多种农药残留工作。另一方面应用高灵敏度荧光检测器、电化学检测器等新型检测器,进一步提高检测的灵敏度和准确性。此外,还应加强便携式检测设备的应用与开发,满足现场快速检测工作需求^[5]。

(三) 检测方法创新

传统的单残留检测方法效率低,需通过方法学创新提高检测效率,以满足多残留分析需求。一方面,在检测方法上要采用多技术联动的方式提高检测的准确性和可靠性,例如结合免疫分析与色谱质谱,实现农药残留

的高效筛查与定量检测。另一方面,应积极探索该领域的新型检测技术,包括生物传感器技术、纳米技术等,同时要推进新型农药标准物质的研发与量产,为农药残留分析工作提供更加精准、稳定的基准参照,保障检测数据的可重复性和横向可比性。

(四) 数字化技术转型

食品农产品多种农药残留同步检测要实现数字化转型,借助数字技术提高检测水平、优化检测流程,并提升检测数据的应用深度。一方面应加强智能化检测平台的开发与利用,将有关工作流程整合在平台中,实现资源共建共享,促进检测流程的自动化和标准化转变,提高检测效率和准确性。另一方面,应加强数据库建设,建立农药残留检测数据库和信息系统,并借助人工智能、区块链、大数据分析技术建立数据模型,自动识别农药残留峰,减少人工判读误差,同时要对检测数据进行深度挖掘和分析,为食品安全风险评估和预警提供科学依据。

结语

综上所述,加强对食品农产品多种农药残留同步检测技术的研究有利于提高检测的灵敏度、准确度,以及有利于提高检测效率,降低检测成本,为复杂基质中痕量农药残留的监测提供了可靠解决方案。未来,检测技术将朝向智能化、数字化、集成化、绿色化发展,因此要不断加大对新技术的研发投入,以技术创新、方法优化,推动多学科交叉融合,实现检测技术的全面升级,同时加强技术标准化的推广与应用,以技术赋能构建更完善的食品安全防控体系。

参考文献

- [1]李娟,任岗.农产品中农药残留的快速检测技术研究[J].品牌与标准化,2025(4):34-36.
- [2]朱将伟,赵燕.QuEChERS/液质联用法测定干制水果中多种农药残留[J].现代农业研究,2025,31(5):59-64.
- [3]李梦樱,张卫超,管琛.浅析果蔬中多种农药残留检测技术及其基质效应[J].现代食品,2024,30(14):188-190.
- [4]刘宇涵,余音,王清,等.薤菜盲样中多种农药残留的测定能力验证结果与分析[J].食品安全导刊,2024(8):99-104.
- [5]王立立.基于气相色谱法的蔬菜多种有机磷农药残留量测定方法[J].农业开发与装备,2024(4):142-144.