

食品检测中的农药残留检测技术探究

黄海霞

山东鲁岳检测科技有限公司 山东 泰安 271600

摘要：随着食品安全问题的日益突出，食品检测中的农药残留检测技术成为研究热点。本文全面探究了包括色谱法、酶抑制法和光谱法等传统检测技术的优缺点，并深入分析了现代检测技术如免疫分析、生物传感器及衍生化技术的前沿进展。同时，本文还详细探讨了新型检测技术，如固相萃取、固相微萃取、超临界流体萃取等，它们在提高检测效率和准确性方面展现了巨大潜力。最后，本文展望了检测技术的未来发展方向，强调其在保障食品安全中的重要作用。

关键词：食品检测；农药残留；检测技术

引言：随着现代农业的快速发展，农药在提升作物产量和防治病虫害中发挥着不可替代的作用。然而，农药的广泛使用也带来了农药残留问题，对食品安全和人类健康构成了潜在威胁。因此，高效、准确的农药残留检测技术显得尤为重要。本文旨在系统探究食品检测中的农药残留检测技术，从传统方法到现代技术，再到新型技术的应用，全面分析其原理、优缺点及发展趋势，以期为食品安全保障提供有力技术支持。

1 农药残留检测技术概述

1.1 传统检测技术

(1) 色谱法 (GC-MS、HPLC等)。色谱法作为农药残留检测的经典方法，主要包括气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 和高效液相色谱 (HPLC) 等。GC-MS通过样品中农药组分的挥发性，将其分离并进行质谱鉴定，具有高分离能力和高灵敏度的优点，特别适用于检测挥发性农药残留。HPLC则适用于检测非挥发性、热稳定性差的农药，通过高压液相色谱柱将农药组分分离，并进行紫外、荧光或电化学检测。然而，色谱法也存在一些缺点，如样品前处理复杂、分析时间长、设备昂贵等。

(2) 酶抑制法。酶抑制法是一种基于酶催化反应受到农药抑制原理的检测技术。该方法操作简便、快速，无需复杂仪器，广泛应用于快速检测果蔬等农产品表面的农药残留。其基本原理是利用特定酶与底物反应产生颜色变化，当有农药存在时，酶活性受到抑制，颜色变化程度与农药残留量呈负相关。然而，酶抑制法的灵敏度和特异性相对较低，且易受环境温度、pH值等因素的影响。(3) 光谱法。光谱法通过检测农药分子对光的吸收、发射或散射特性来进行残留分析。其中，紫外-可见分光光度法 (UV-Vis) 和红外光谱法 (IR) 较为常见。光谱法具有操作简单、分析速度快的优点，适用于大规

模筛查。然而，由于光谱信息复杂，易受干扰，因此通常需要结合其他技术进行确认。

1.2 现代检测技术

(1) 免疫分析技术 (ELISA等)。免疫分析技术利用抗原与抗体之间的特异性结合反应进行农药残留检测。ELISA (酶联免疫吸附测定) 是其中最具代表性的方法，通过抗原抗体反应与酶的催化放大作用，实现高灵敏度、高特异性的检测。该方法操作简便、快速，适用于现场检测和大规模筛查。然而，ELISA的抗体稳定性、特异性及检测范围仍需进一步提高。(2) 生物传感器技术。生物传感器技术结合了生物识别元件与信号处理系统，通过生物敏感膜对农药分子的特异性识别，将识别信号转化为可测量的物理量。基于酶、抗体等生物识别元件的传感器在农药残留检测中表现出色，具有检测速度快、灵敏度高、操作简便等优点。此外，生物传感器技术还具有良好的选择性和稳定性，适用于复杂基质中的农药残留检测。(3) 衍生化技术。衍生化技术通过化学反应将农药分子转化为更易检测的形式，从而提高检测的灵敏度和选择性。例如，将难以挥发的农药转化为挥发性衍生物进行GC-MS分析，或将无紫外吸收的农药转化为有紫外吸收的衍生物进行HPLC检测。衍生化技术不仅拓宽了检测方法的适用范围，还提高了检测的准确性和可靠性。然而，该方法需要额外的衍生化步骤，增加了操作复杂性和成本。

2 新型农药残留检测技术探讨

2.1 固相萃取技术 (SPE)

(1) 技术原理与操作流程。固相萃取技术 (SPE) 是一种基于固相吸附材料对目标化合物进行选择性吸附，再通过洗脱液将其从固相上解吸下来的样品前处理技术。其操作流程通常包括样品溶液的制备、SPE柱的选择

与活化、上样、洗涤以及洗脱等步骤。SPE技术能够有效去除样品中的杂质，富集目标农药残留物，为后续分析提供干净的样品基质。(2) 优点分析。SPE技术具有显著的优点：首先，它能够实现高回收率，确保目标农药在转移过程中的损失最小化；其次，富集倍数高，可以在极小的样品量中检测到低浓度的农药残留；此外，SPE技术对环境友好，减少了有机溶剂的使用和排放，符合绿色化学的发展趋势^[1]。(3) 应用实例。在农产品农药残留检测中，SPE技术得到了广泛应用。例如，利用C18或HLB等类型的SPE柱，可以高效地富集水果、蔬菜等样品中的有机磷、氨基甲酸酯等农药残留，为后续的气相色谱-质谱联用(GC-MS)或液相色谱-串联质谱(LC-MS/MS)分析提供高质量的样品前处理结果。

2.2 固相微萃取技术(SPME)

(1) 原理与特点。固相微萃取技术(SPME)是一种集采样、萃取、浓缩、进样于一体的新型样品前处理技术。它利用涂覆在石英纤维或金属丝上的高分子薄膜作为萃取头，通过吸附-解吸的方式对目标农药进行富集和浓缩。SPME技术操作时间短，样品量需求少，且无需使用萃取溶剂，大大简化了操作流程并降低了成本。(2) 关键影响因素。萃取头涂层的种类与厚度是SPME技术的关键影响因素。不同种类的涂层对农药的吸附能力不同，而涂层厚度则直接关系到萃取的效率和灵敏度。因此，在选择萃取头时，需要根据目标农药的性质和检测要求进行精心挑选。(3) 应用实例及发展趋势。SPME技术在农药残留检测中的应用日益广泛。它不仅适用于气体和液体样品中的农药检测，还可以通过顶空萃取的方式用于固体样品的分析。此外，随着新型涂层材料的不断研发和优化，SPME技术的灵敏度和选择性将得到进一步提升。未来，SPME技术有望与便携式检测仪器相结合，实现现场快速检测。

2.3 超临界流体萃取技术(SFE)

(1) 技术特点。超临界流体萃取技术(SFE)利用超临界状态下的流体(如二氧化碳)作为萃取剂，对样品中的农药残留进行高效提取。超临界流体具有介于液体和气体之间的独特性质，既具有液体的溶解能力又具有气体的扩散速度，因此能够实现快速、高效的萃取过程^[2]。(2) 超临界流体(如二氧化碳)的优势。二氧化碳作为常用的超临界流体，具有无毒、无害、环保等显著优势。此外，它还具有易获得、易处理、成本低廉等特点。因此，二氧化碳超临界流体萃取技术在农药残留检测中得到了广泛应用。(3) 应用实例。在复杂基质如土壤、动物组织等中的农药残留检测中，SFE技术展现出了强大

的应用潜力。通过优化萃取条件(如压力、温度、时间等)，可以实现对不同种类农药的有效提取和分离。此外，SFE技术还可以与其他分析技术(如GC-MS)相结合，形成完整的分析体系。

2.4 微波萃取技术(SAE)

(1) 原理与操作过程。微波萃取技术(SAE)利用微波加热产生的热效应和非热效应加速样品中目标农药的溶解和扩散过程。在微波作用下，样品内的极性分子(如水)吸收微波能并迅速转化为热能，导致样品温度升高、压力增大，从而促进目标农药从固相或液相中解吸并进入萃取溶剂中。操作过程通常包括样品的准备、溶剂的选择、微波参数的设置(如功率、时间、频率)以及萃取后的样品处理等步骤。(2) 优点。微波萃取技术的主要优点在于其萃取速度快、试剂用量少以及易于自动化。相比传统萃取方法，微波萃取能显著缩短萃取时间，提高萃取效率，同时减少溶剂的使用量，降低环境污染。此外，微波萃取的加热方式均匀且快速，有利于保持目标农药的化学稳定性，减少热敏性物质的降解^[3]。(3) 应用前景及挑战。随着自动化和智能化技术的发展，微波萃取技术有望实现更高水平的集成化和自动化，进一步提升检测效率和准确性。然而，在实际应用中，微波萃取技术也面临一些挑战，如微波参数的优化、溶剂的选择和回收、以及不同基质中农药残留的萃取效果差异等。这些问题需要通过进一步的研究和实践来加以解决。

2.5 膜萃取技术(ME)

(1) 不同模式(支载体液膜、连续流动膜等)的简介。膜萃取技术(ME)利用选择性透过膜对样品中的目标农药进行分离和富集。根据膜的类型和操作模式的不同，膜萃取技术可以分为多种模式，如支载体液膜、连续流动膜等。支载体液膜通过将有机溶剂固定在膜上形成液膜层，实现对目标农药的选择性吸附和萃取；而连续流动膜则利用膜的连续流动特性，通过压力差或浓度差驱动目标农药在膜两侧的传质过程^[4]。(2) 技术优势。膜萃取技术具有高富集倍数和净化效率高的显著优势。通过选择合适的膜材料和操作条件，可以实现对复杂基质中农药残留的高效分离和纯化。此外，膜萃取技术还具有操作简单、易于放大、可连续操作等特点，适用于大规模工业化生产中的农药残留检测。(3) 在农药残留检测中的应用实例。膜萃取技术在农药残留检测中的应用日益广泛。例如，在饮用水和地下水中痕量农药残留的检测中，可以利用反渗透膜或纳滤膜对水样进行预处理，去除大部分杂质和盐分后，再结合高效液相

色谱或气相色谱等技术进行检测。此外,在农产品加工过程中产生的废水和废渣中农药残留的回收与再利用方面,膜萃取技术也展现出良好的应用前景。

3 农药残留检测技术的发展趋势

3.1 技术创新与融合

(1) 纳米材料的引入:纳米技术因其独特的物理化学性质为农药残留检测带来了新的可能性。纳米材料具有高比表面积、良好的吸附能力和催化性能,能够显著提高检测的灵敏度和选择性。通过开发基于纳米材料的传感器或吸附剂,可以实现对痕量农药残留的高效富集和快速检测。此外,纳米粒子还可作为信号放大元件,增强检测信号,进一步提升检测灵敏度。(2) 智能传感技术的融合:随着物联网、大数据、人工智能等技术的快速发展,智能传感技术在农药残留检测中的应用日益广泛。智能传感器能够实现实时在线监测,通过数据分析与算法优化,提高检测的准确性和稳定性。同时,智能传感技术还可以与其他检测技术相结合,形成多功能、集成化的检测系统,满足复杂基质中农药残留检测的需求。

3.2 自动化与便携化

(1) 快速检测仪器的研发:为了提高检测效率和降低检测成本,快速检测仪器的研发成为了农药残留检测技术的重要发展方向。这些仪器通常具有操作简便、检测速度快、结果准确可靠等特点。例如,便携式光谱仪、便携式光谱仪等设备已经逐渐应用于农产品市场、食品加工厂等场所的农药残留快速筛查。未来,随着技术的不断进步,快速检测仪器的性能将进一步提升,应用范围也将更加广泛。(2) 自动化检测系统的建设:自动化检测系统是实现大规模、高效农药残留检测的关键。通过引入自动化控制系统、机器人技术等手段,可以实现对样品的自动取样、前处理、检测和数据分析全过程的自动化操作。这不仅可以提高检测效率,减少人为误差,还可以降低劳动强度和人力成本。

3.3 标准化与法规建设

(1) 完善检测标准:随着检测技术的不断发展和应

用范围的扩大,制定和完善统一的检测标准显得尤为重要。检测标准应包括样品采集、前处理、检测方法、结果判定等方面的内容,以确保不同实验室之间检测结果的准确性和可比性。同时,还应根据新技术的发展及时更新和修订检测标准,以适应食品安全检测的需求。

(2) 加强法规建设:法规建设是保障食品安全的重要基础。政府应加强对农药残留检测的监管力度,制定和完善相关法律法规和政策措施,明确农药残留的限量标准和检测方法要求。同时,还应加强对食品生产、加工、流通等环节的监管和执法力度,确保食品中农药残留量符合国家标准和法规要求。(3) 国际合作与交流:在全球化的背景下,加强国际合作与交流对于推动农药残留检测技术的发展具有重要意义。各国应共享检测技术和经验成果,共同应对食品安全挑战。通过加强国际合作与交流,可以促进检测技术的创新与发展,提高全球食品安全水平。

结束语

综上所述,食品检测中的农药残留检测技术对于保障食品安全具有重要意义。从经典色谱法到现代生物传感技术,再到新兴的超临界流体萃取等方法,每一种技术的革新都极大地推动了农药残留检测的精确性和效率。未来,随着技术的不断进步和交叉融合,农药残留检测技术将更加智能化、自动化和便捷化,为食品安全监管提供更坚实的技术支撑。我们期待这些技术的广泛应用,共同守护人民群众的餐桌安全。

参考文献

- [1]高欢,魏孟辉,张俊霞.食品中农药残留检测技术研究进展[J].现代食品,2021(17):110-111.
- [2]刘洋,李天雨,张文.样品前处理技术在食品农药残留检测中运用概述[J].现代食品,2021(4):143-144.
- [3]邓飞燕,张荣荣,蔡姝.探讨食品检测中农药残留的检测技术发展及具体方法[J].现代食品,2020(24):217-218.
- [4]任国杰.食品检测中农药残留检测技术探讨[J].现代食品,2020(10):177-179.