

# 农药残留前处理技术综述

张 彬

葫芦岛市现代农业发展服务中心 辽宁 葫芦岛 125000

**摘 要：**农药残留前处理技术对保障食品安全至关重要。常见技术包括超临界流体萃取法、固相微萃取法、溶剂萃取法、微波辅助萃取法及膜萃取技术。这些技术各具特色，有效提升了农药残留的检测效率与准确性。当前，农药残留前处理技术正快速演进，趋向高效快速、环境友好、多功能集成化，这些进步为食品安全监控构筑了更为坚实且强大的科技防线。

**关键词：**农药残留；农药前处理；技术

## 引言

农药残留问题一直是食品安全领域的关注焦点。为确保食品中农药残留量在安全范围内，前处理技术显得尤为重要。随着科技的进步，一系列高效、精准的农药残留前处理技术应运而生，为农药残留检测提供了有力保障。本文将全面综述农药残留前处理技术的特点及发展趋向，旨在为食品安全检测领域的研究探索与实践应用提供有价值的参考与借鉴。

### 1 农药残留前处理技术的重要性

在现代农业生产中，农药的广泛使用虽有效控制了病虫害，提升了作物产量，但农药残留问题也随之而来，对食品质量构成潜在威胁。为了准确评估食品中农药残留水平，保障消费者权益，农药残留前处理技术显得尤为重要。农药残留前处理技术对于提升检测结果的准确性至关重要。农产品种类繁多，农药种类繁多，残留形态各异，样品基质复杂，这些都给农药残留检测带来了挑战。通过合理的前处理技术，有效去除样品中的干扰物质，富集目标农药，提高检测灵敏度和准确性。这对确保检测结果的科学性和可靠性具有重要意义。农药残留前处理技术对于提高检测效率也发挥着关键作用。在实际检测工作中，面对大量的样品，如何在有限的时间内完成检测任务是一个严峻的挑战。前处理技术的优化和创新，如自动化提取、快速净化等技术的应用，明显缩短检测周期，提高检测效率。这对保障食品安全监管的及时性和有效性具有重要意义。农药残留前处理技术对于降低检测成本也具有重要意义。传统的检测方法需要大量的有机溶剂和昂贵的实验器材，增加了检测成本。通过优化前处理技术，如采用新型萃取剂、开发新型净化材料等，降低检测成本，提高检测的经济效益。这对推动农药残留检测技术的普及和应用具有重要意义。

## 2 常见农药残留前处理技术

### 2.1 超临界流体萃取法（SFE）

（1）超临界流体萃取法利用超临界状态下的流体作为萃取剂，从液体或固体样品中萃取农药残留。超临界流体，即处于温度高于临界温度、压力高于临界压力的热力学状态的流体，具有类似气体的较强穿透力和类似于液体的较大密度和溶解度，因此具有良好的溶剂特性。在农药残留分析中，常用的超临界流体是二氧化碳，因其无毒、无腐蚀、临界条件适中，成为最为常用的选择。（2）超临界流体萃取法的优势在于其萃取效率高、无有机溶剂残留、产品质量好且无污染。在萃取过程中，通过调节体系的压力和温度，可以方便地调节超临界流体对农药残留的溶解度和溶剂的选择性，实现高效分离。该方法工艺流程简单，物料无相变过程，因此节能明显。（3）超临界流体萃取法在农药残留分析中的应用广泛。如水果、蔬菜等农产品中，利用该技术萃取残留的农药成分，并进行定性和定量分析。该方法还适用于中药材等复杂基质的农药残留提取。要注意的是，超临界流体萃取法设备属高压设备，投资较大，且对于某些极性较大或分子量较高的农药残留，要加入夹带剂来提高萃取效率。超临界流体萃取法是一种高效、环保的农药残留前处理技术，具有广泛的应用前景。

### 2.2 固相微萃取法（SPME）

固相微萃取法（SPME）这技术中，其原理是基于待测物在基体和萃取相之间的非均相平衡，通过这种平衡作用，待测组分能够扩散并吸附到石英纤维表面的固相涂层上。当吸附达到平衡状态后，便可运用气相色谱或液相色谱对待测组分进行分离和测定。与传统的液液萃取或固相萃取相比，固相微萃取法展现出诸多优势。它的操作时间大幅缩短，能有效提高分析效率。所需的样品量较少，这在一些珍贵或难以获取大量样品的情况下

尤为有利。且该方法无需使用萃取溶剂,这避免了因萃取溶剂带来的杂质干扰问题,也减少了对环境的污染以及溶剂成本。它既适用于分析挥发性物质,也能处理非挥发性物质,适用范围较广;固相微萃取法具有良好的重现性,保证分析结果的可靠性。然而,固相微萃取的灵敏度受多种因素影响,其中萃取头涂层的种类和厚度是最为关键的因素。不同类型的涂层对不同性质的农药具有不同的吸附能力,涂层厚度也会影响吸附量和吸附速度<sup>[1]</sup>。

### 2.3 溶剂萃取法(LLE)

(1) 溶剂萃取法根据基质的不同,可细分为液—液萃取、液—固萃取和液—气萃取。其中,液—液萃取是最常用的形式,广泛应用于农药残留分析领域。通过选择合适的溶剂系统,有效地将农药从样品中提取出来,同时去除干扰物质。(2) 溶剂萃取法经历了不断的技术革新。连续萃取和逆流萃取技术的发展,使得处理含有低分配系数物质的样品变得更加高效。这些技术通过改进萃取过程,提高了目标农药的提取效率,降低了检测下限。(3) 微萃取技术、萃取小柱技术以及在线萃取和自动液—液萃取等新型萃取方式的出现,推动了溶剂萃取法的发展。微萃取技术通过减少溶剂用量,提高了分析的灵敏度,同时降低了环境污染。萃取小柱技术则模仿了传统的液—液萃取过程,但操作更为简便,样品收集更为容易,且有效避免了样品乳化问题。在线萃取和自动液—液萃取技术的应用,减小了人为误差,提高了分析的准确性和重现性,尤其适用于处理大体积样品。溶剂萃取法在农药残留前处理技术中占据着重要地位,其不断创新和完善的技术手段为农药残留分析提供了有力的支持<sup>[2]</sup>。

### 2.4 微波辅助萃取法(MAE)

(1) MAE技术的核心在于利用微波能加热与样品相接触的溶剂,使样品中的目标化合物迅速从基体中分离出来并进入溶剂。微波的波动性和高频特性,使样品及溶剂中的偶极分子在高频微波能的作用下,高速变换其正、负极,产生偶极涡流、离子传导和高频率摩擦,在短时间内产生大量的热量。这种加热方式不仅迅速,而且均匀,无温度梯度,提高了萃取效率。(2) MAE技术在农药残留提取中具有显著的优势。与传统的萃取方法相比,MAE技术显著减少溶剂的消耗量,降低提取时间,同时提高提取效率。MAE技术还可以与色谱、质谱等检测仪器联用,实现农药残留的快速检测和分析。这种技术的选择性加热特点,使得对介电性质不同的物料可以呈现出不同的加热效果,优化了萃取过程。(3) 尽

管MAE技术具有诸多优点,但也存在一些挑战。如MAE技术需要专门的微波设备,增加了设备成本。由于微波的加热方式会使样品不同部位的温度差异较大,因此对样品的形状和大小有一定限制。对某些农药残留的提取效果不佳,需要更长的提取时间或使用其他提取方法。因此,在未来的研究中,要进一步优化MAE技术,提高其提取效果和适用范围,同时降低设备成本和操作难度。

### 2.5 膜萃取技术(ME)

膜萃取技术(ME)作为一种高效的样品前处理技术,在农药残留分析中展现出独特优势。该技术主要依赖于非孔膜进行分离与富集,涵盖支载体液体膜萃取、连续流动膜萃取、微孔膜液—液萃取以及聚合物膜萃取等多种模式。膜萃取的核心竞争力在于其卓越的富集能力与净化效率,明显降低有机溶剂的使用量,同时保持较低的成本。相较于传统方法,膜萃取环保,且易于与分析仪器实现在线联用,提升了分析的便捷性与自动化水平。特别值得注意的是,膜萃取技术在溶剂使用方面具有明显优势。聚合物膜萃取模式甚至无需使用溶剂,从而在源头上减少了环境污染的可能性。在支载体液体膜萃取中,虽然液膜需要用到高沸点有机溶剂,但其用量极少,几乎忽略不计。对于连续流动膜萃取和微孔膜液—液萃取而言,尽管它们需要使用有机相,但所需的常规有机溶剂体积却非常小,这无疑增强了膜萃取技术的环境友好性与经济性。因此,膜萃取技术被认为是选择性最高的样品前处理技术,且处理后的样品纯度极高,堪称“最干净”的前处理方法,为农药残留分析提供了强有力的技术支持<sup>[3]</sup>。

## 3 农药残留前处理技术的发展趋势

### 3.1 高效、快速、自动化

(1) 技术的革新显著提升了处理效率。自动索氏提取法作为其中的佼佼者,通过智能化的程序控制,实现了萃取过程的自动化与连续化,缩短了农药残留的提取时间。这技术优化了萃取条件,还通过精确的温度与时间控制,确保了提取过程的稳定性与高效性。(2) 超声波辅助萃取法的引入,为农药残留的快速提取提供了新途径。超声波的空化效应与机械效应能够破坏样品中的细胞结构,加速溶剂对目标农药的渗透与溶解,在短时间内实现高效提取。这种方法的应用,提高了提取效率,还减少了溶剂的使用量,降低了环境污染的风险。(3) 自动化仪器的广泛应用,为农药残留分析的准确性与重现性提供了有力保障。从样品的进样、萃取到检测,自动化仪器能够精准控制每一步操作,避免了人为因素的干扰,确保了分析结果的客观性与可靠性。自动化仪器

的使用还显著提高了工作效率,降低了劳动强度,为农药残留分析的规模化、标准化提供了技术支撑。

### 3.2 环境友好

在农药残留前处理领域,传统技术在为分析工作提供支持的同时,也因其大量有机溶剂的使用而成为环境的一大负担。有机溶剂在萃取、分离等过程中的广泛应用,使得其在使用后若处理不当,会对土壤、水体和大气等环境要素造成污染,破坏生态平衡。然而,近年来情况发生了积极的变化,超临界流体萃取法、固相微萃取法等一系列环境友好型的前处理技术呈现出快速发展的态势。以超临界流体萃取法为例,它利用超临界状态下的流体作为萃取剂,如常用的超临界二氧化碳。这种流体兼具气体的高扩散性和液体的良好溶解性,有效地从样品中提取农药残留成分。与传统方法相比,其最大的优势在于无需使用大量有机溶剂,而且二氧化碳本身无毒、不燃、化学性质稳定,使用后易于从萃取物中分离,不会对环境造成残留污染。固相微萃取法则是一种典型的绿色技术。它基于待测物在基体和萃取相之间的平衡原理,特制的石英纤维表面的固相涂层吸附待测组分。整个过程不需要使用萃取溶剂,避免了有机溶剂挥发带来的污染问题,同时也减少了因溶剂引入而产生的杂质干扰。这些环境友好的前处理技术,通过减少溶剂用量,从源头上降低了对环境的污染风险,使得农药残留分析在满足检测需求的同时,更好地与可持续发展理念相契合,为环境保护和绿色化学的发展做出积极贡献,在未来的农药残留分析中有着广阔的应用前景<sup>[4]</sup>。

### 3.3 多功能、集成化

随着分析技术的不断进步,农药残留前处理技术正逐步迈向多功能与集成化的新纪元。这一趋势体现在多种技术平台的融合与创新之中,固相微萃取装置与气相色谱、液相色谱等仪器的联用便是其中的典型例证。此

类联用技术简化了繁琐的前处理流程,还提升了农药残留检测的速度与准确性,为食品安全监控提供了更为高效、可靠的解决方案。新型前处理技术的涌现更是将多功能与集成化的理念推向了新的高度。超声波-微波协同萃取技术巧妙地将两种物理效应相结合,通过超声波的空化作用与微波的快速加热效应,实现了对样品中农药残留的高效提取与分离。而超临界流体-液相色谱联用技术,则利用超临界流体的独特性质,如低粘度、高扩散系数等,优化了农药在色谱柱上的分离效果,提高了分析的灵敏度与分辨率。这些多功能、集成化的前处理技术,丰富了农药残留分析的手段,还推动了食品安全检测技术的整体进步,为保障公众健康与食品安全奠定了坚实的基础。

### 结语

综上所述,农药残留前处理技术在保障食品安全方面发挥着不可替代的作用。随着技术的不断进步与创新,未来农药残留前处理技术将更加高效、环保、多功能集成化,为食品安全监控提供更为强大的技术支持。我们有充分的理由坚信,随着科技的持续进步与创新,食品安全问题将会得到更加全面、深入且有效的解决,更好地保障公众的健康与安全。

### 参考文献

- [1]郭天骄.食品中农药残留检测及前处理技术分析[J].食品安全导刊,2024(20):148-150.
- [2]刘玲,林永健.粮食中主要农药残留的种类与检测前处理技术研究进展[J].粮油仓储科技通讯,2023,39(5):30-35.
- [3]逯霞,唐宗贵,李先义,等.食品中农药残留前处理技术现状[J].食品工业,2022,43(11):196-200.
- [4]王秀菊.食品中农药残留分析的样品前处理技术进步综述[J].现代食品,2020(9):117-118,123.