

# 农药残留检测技术在食品质量检验中的应用

刘旭<sup>1</sup> 欧阳绍勇<sup>2</sup> 周俏飞<sup>3</sup>

1 湖南农业大学, 湖南省长沙市, 410128;

2 隆回职业中专, 湖南省邵阳市, 422200;

3 湖南汽车技师学院, 湖南省邵阳市, 422000;

**摘要:** 农药残留不仅直接危害人体健康, 如出现急性中毒、慢性中毒、致癌致畸等情况, 还影响到生态环境, 破坏生态平衡。在农业生产实践中, 农药的合理使用可以为农作物的高效栽培保驾护航, 在防治病虫害、提高农作物产量等方面发挥着重要作用。但如果存在不恰当的农药使用行为, 如施用剂量过多、施药时间不当、使用禁用农药等, 很可能导致食品农药残留问题。本文聚焦于农药残留检测技术在食品质量检验中的应用, 以几种常见的农药残留检测技术为代表, 分析相关应用要点。

**关键词:** 农药残留; 检测技术; 食品质量检验; 应用

**DOI:** 10.69979/3041-0673.26.04.054

## 引言

新时期, 提高农药残余检测的准确性、快速性、灵敏性, 是保障食品安全、维护消费者健康的关键所在。除此之外, 农药残留检测还可以为农业生产提供科学依据, 指导农民合理使用农药、减少农药残留, 促进农业可持续发展。

## 1 几种常见农药残留检测技术的应用要点

### 1.1 光谱法

光谱法的应用原理在于有机磷农药中的某些官能团或水解、还原产物在特定的环境下可同特殊的显色剂发生化学反应, 由此产生特定波长的颜色反应<sup>[1]</sup>。诸如某些有机磷农药在碱性条件下水解生成的磷酸根离子, 可以同钼酸铵反应生成磷钼杂多酸。在检测时可以利用还原剂将其还原为蓝色的钼蓝, 只需测定钼蓝在特定波长下的吸光度, 便能定量检测有机磷农药的含量情况。此方法的优点在于可以直接检测固体、液体及气体样品, 对样品前处理要求低, 操作便捷且分析速度快, 能在短时间内获得检测结果。但其只能检测一种或具有相同基团的一类有机磷农药, 检测范围较窄、灵敏度不高, 通常只能作为定性方法, 无法准确测定痕量的农药残留。

### 1.2 酶抑制法

酶抑制法是现阶段研究最成熟、应用最广泛的快速农残检测技术之一, 兼具操作便捷、检测快速等优点, 能在现场进行快速检测, 在大量食品样品的初筛中得到

了广泛应用。在应用此方法时需将特异性抑制胆碱酯酶同样品提取液反应, 若样品提取液中含有有机磷或氨基甲酸酯农药, 乙酰胆碱酯酶 (ChE) 的活性将受到抑制, 使得其催化底物水解的能力下降。此时只需检测酶促反应的变化情况, 便可以判断样品中是否含有有机磷或氨基甲酸酯农药, 并测定其含量情况。但此方法往往只能检测有机磷、氨基甲酸酯类农药, 检测范围有限, 且容易受到样品中其他物质的干扰, 出现假阳性或假阴性结果。

### 1.3 色谱法

#### 1.3.1 气相色谱法 (GC)

GC法以分离效率高、分析速度快、灵敏度高、定量准确等优点著称, 能同时测定多种有机磷农药成分, 且还能同质谱等联用技术相结合, 进一步提高检测的准确性与可靠性。但该方法对样品的前处理有着严格要求, 需以有效手段来提取、净化样品中的农药, 且只适用于分析那些易挥发、热稳定的农药, 难以直接分析那些热不稳定、极性较大的农药。现下常用的检测器主要有火焰光度检测器 (FPD)、氮磷检测器 (NPD) 等, 这些检测器对有机磷农药具有较高的灵敏度与选择性。

#### 1.3.2 高效液相色谱法 (HPLC)

HPLC法具有分离效率高、分析速度快、适用范围广等优点, 尤为适用于分析那些热不稳定、分子量较大、难于用GC法检测的农药, 诸如一些有机氯农药、拟除虫菊酯类农药等<sup>[2]</sup>。该方法还可以同多种检测器 (如紫

外检测器(UV)、二极管阵列检测器(DAD)、荧光检测器(FLD)等)联用,进一步提高检测的选择性与灵敏度。但高效液相色谱仪的购置与维护成本较高,且样品前处理过程较为繁琐,需要耗费一定的时间与精力。

## 1.4 色谱-质谱联用技术

### 1.4.1 气相色谱-质谱联用(GC-MS)

GC-MS技术将气相色谱的高分离能力与质谱的高鉴定能力结合于一体,形成了显著的高灵敏度、高选择性优势。其不仅可以目标化合物与干扰杂质分离开来,还可以准确区分色谱柱无法分离或无法完全分离的样品,实现对复杂样品中的多种农药残留的同时测定。但需强调的是,GC-MS技术所需要的设备价格昂贵、维护成本高,对样品的前处理也有着严格要求,必须确保样品的纯度与挥发性。

### 1.4.2 液相色谱-质谱联用(LC-MS)

LC-MS技术对简单样品有着几乎通用的多残留分析能力,不但检测灵敏度高、选择性好,还可以同时进行定性、定量分析,所得到的检测结果准确度极高。其主要用于分析那些热不稳定、分子量较大、难于用气相色谱分析的样品,是农药残留分析中十分可靠的检测方法。但LC-MS设备价格昂贵、运行成本高,对实验环境以及操作过程皆有着较高的要求,在进行样品前处理时必须避免杂质对质谱检测的干扰。

## 1.5 快速检测技术

### 1.5.1 免疫分析法

现阶段常用到的免疫分析法主要有放射免疫分析、酶免疫分析两种,其中酶联免疫分析(ELISA)的应用最为广泛<sup>[3]</sup>。ELISA法以抗原与抗体的特异性识别与结合反应为应用原理,将农药作为抗原制备相应的抗体。在实际检测过程中,样品中的农药与抗体发生特异性结合,然后通过酶、荧光素等标记物产生可测信号,根据信号的强弱程度便可以确定农药残留情况。免疫分析法不仅可以用于测定粮食中的痕量农药,还可以进行高通量检测,适用于大量样品的快速筛选。但在检测小分子量农药时,需要制备人工抗原,制备过程较为复杂,不仅要投入较高的试剂成本,还要并配备严格的实验室条件。

### 1.5.2 活体检测法

活体检测法主要利用活体生物对农药残留的敏感

反应进行检测,诸如可以给家蝇喂食食品样品,通过观察其死亡率来判定农药残留情况。该方法的应用原理在于农药对活体生物的毒性作用,当活体生物接触到含有农药残留的样品时,会表现出不同程度的中毒症状,基于对这些症状的观察,可以间接判断具体的农药残留情况。活体检测法操作简单,无需借助于复杂的仪器设备,但该方法定性粗糙、准确度低,通常只能对农药残留进行大致的判断;对农药的适用范围窄,不同的活体生物对不同农药的敏感性不同,在很大程度上限制了其应用,且检测结果容易受到环境因素及生物个体差异的影响,重复性较差<sup>[4]</sup>。

### 1.5.3 化学速测法

化学速测法凭借其操作简单、检测快速等特征,在有机磷农药的快速检测中有着广泛应用,适用于农产品生产基地、农贸市场等场所的快速筛查。细化而言,某些有机磷农药在碱性条件下水解产生的巯基化合物,在同特定检测液发生反应后会生成有色物质,通过观察颜色变化可以判断农药的存在与含量情况。但该方法的灵敏度较低,只能用于检测较高浓度的农药残留,加之使用局限性较大,只能检测特定类型的农药,在检测过程中还容易受到还原性物质等其他因素的干扰,影响到检测结果的准确性<sup>[5]</sup>。

## 2 农药残留检测技术在食品质量检验中的应用实例

### 2.1 在蔬菜检测中的应用

蔬菜是居民日常饮食中不可或缺的食物类型,但蔬菜生长周期短、病虫害发生频繁,种植过程中难免要用到农药,因此蔬菜中的农药残留问题备受关注。在蔬菜农药残留检测中,酶抑制法是应用最多的快速检测手段,诸如在农贸市场、超市等场所,检测人员可以使用农药残留速测仪对蔬菜进行现场快速检测。在具体操作中,需先将蔬菜样品做剪碎、提取处理后,加入酶试剂、显色剂、底物,通过检测反应体系的吸光度变化计算出抑制率。以此判断蔬菜中是否含有有机磷或氨基甲酸酯类农药的残留,若是抑制率 $\geq 50\%$ ,则表示样品农药残留超标,需进行更深入的确认检测。近年来,气相色谱法等仪器分析方法得到了广泛应用,以出口蔬菜的检测为例,常采用气相色谱-质谱联用或液相色谱-质谱联用技术来检测,可实现对蔬菜中的多种农药残留的同时测定。采用这些方法可以准确测定蔬菜中各种农药的残留量,

确保蔬菜符合相关的质量标准与安全要求<sup>[6]</sup>。

## 2.2 在水果检测中的应用

水果也是农药残留检测的重点对象,在水果生长过程中,为了降低病虫害的发生概率、提高果实品质,常需要喷施农药。色谱法是水果农药残留检测中的常用方法,如利用GC法可以准确测定水果中的有机磷、有机氯、拟除虫菊酯等多种农药残留<sup>[7]</sup>。将水果样品做好提取、净化等前处理后,注入气相色谱仪进行分析,将保留时间、峰面积同标准曲线加以对照,便可以实现对农药残留量的定量测定。高效液相色谱法在水果农药残留检测中也有重要应用,尤其适用于那些热不稳定、极性较大的农药的检测。诸如将高效液相色谱法同二极管阵列检测器联用,可以定性、定量分析水果中的多菌灵、吡虫啉等农药。除此之外,还可以利用免疫分析法快速测定水果中的特定农药,如在检测水果中的毒死蜱残留时,可以利用酶联免疫吸附测定法进行快速测定<sup>[8]</sup>。

## 2.3 在粮食检测中的应用

粮食是重要的食物来源,其农药残留情况同居民的身体健康直接相关,在粮食农药残留检测中常用到的技术主要为色谱法与色谱-质谱联用技术。诸如利用气相色谱-质谱联用技术可以同时检测粮食中的多种有机磷、有机氯、氨基甲酸酯等农药残留。在具体操作中,需先将粮食样品粉碎,经提取、净化处理将其注入气相色谱-质谱仪中分析,可以准确测定其中的农药残留情况。液相色谱-质谱联用技术在粮食农药残留检测中同样起到关键作用,尤其适用于一些新型农药、代谢产物的检测。诸如在检测粮食中的三唑类杀菌剂及其代谢产物时,便可以利用液相色谱-质谱联用技术,而光谱法通常作为粮食农药残留检测的辅助方法,用于粮食的初步筛查与定性分析<sup>[9]</sup>。

## 3 结束语

农药残留检测技术是保障食品安全的有效手段,各种检测方法在灵敏度、准确性、适用性上各具优势,共同构成了食品质量检验的技术体系。就现阶段而言,多残留检测、高灵敏度分析、智能化设备及绿色前处理技

术成为发展主流,但复杂基质干扰、新型农药检测滞后等问题依然不容小觑。随着各种前沿技术手段的突破与融合,农药残留检测技术将朝向更快速、更灵敏、更智能、更环保的方向发展,为食品安全保障贡献更大的力量。

## 参考文献

- [1] 罗飞,贾红梅. 农药残留检测技术在食品质量检验中的应用研究[J]. 现代食品, 2025(08): 205-207.
- [2] 王梅玲,张武,汤建勇. 农药残留检测技术在食品质量检验中的应用策略[J]. 现代食品, 2025(02): 176-178.
- [3] 韩学霞. 农药残留检测技术在食品质量检验中的应用研究[J]. 中国质量监管, 2024(12): 76-79.
- [4] 于明明. 食品农药残留检测技术与化学分析在食品检验中的应用[J]. 科技创新导报, 2017, 14(33): 92-93.
- [5] 梁文福. 农药残留检测技术在食品质量检验中的应用[J]. 中国食品工业, 2023(19): 60-62.
- [6] 刘杉杉,王杨杨. 农药残留检测技术在食品质量检验中的应用[J]. 现代食品, 2024, 30(14): 167-169.
- [7] 孙亚婷,冯平,边丽娜,等. 农药残留检测技术在食品质量检验中的应用[J]. 中外食品工业, 2024(10): 75-77.
- [8] 王艳红. 现代食品检测中农药残留技术及质量控制措施[J]. 中国食品工业, 2023(20): 62-64.
- [9] 罗东军. 浅析食品质量检验中农药残留检测技术[J]. 中国食品工业, 2023(05): 70-71+74.

作者简介: 刘旭(1993.09-),女,回族,籍贯:湖南邵阳市隆回县,学历:硕士,研究方向:资源利用与植物保护。

欧阳绍勇(1970.09-),男,汉族,籍贯:湖南隆回,学历:大学本科,职称:中学高级教师,研究方向:园艺。

周俏飞(1993.11-),男,汉族,湖南省邵阳市,大学本科,讲师。