

# 酶抑制法在蔬菜中农残快速检测中的应用

赵梓

石林彝族自治县产品质量检验检测中心, 中国·云南 昆明 652200

**摘要:** 本研究深入剖析了蔬菜中农药残留的现状与潜在风险, 探讨了超标成因并提出有效减控策略。通过实施酶抑制法检测蔬菜样品中的农药残留, 并将所得数据与气相色谱仪检测结果进行严谨比对与综合分析, 以验证检测方法的有效性 with 准确性。

**关键词:** 蔬菜农残; 酶抑制法; 快速检测

## Application of Enzyme Inhibition Method in Rapid Detection of Pesticide Residues in Vegetables

Zi Zhao

Shilin Yi Autonomous County Product Quality Inspection and Testing Center, Kunming, Yunnan, 652200, China

**Abstract:** This study provides an in-depth analysis of the current situation and potential risks of pesticide residues in vegetables, explores the causes of exceeding standards, and proposes effective reduction and control strategies. By implementing enzyme inhibition method to detect pesticide residues in vegetable samples, the obtained data is rigorously compared and comprehensively analyzed with the results of gas chromatography to verify the effectiveness and accuracy of the detection method.

**Keywords:** vegetable pesticide residues; enzyme inhibition method; quick detection

## 1 引言

酶抑制法是基于有机磷和氨基甲酸酯类农药特异抑制生物体内乙酰胆碱酯酶活性的科学机制而建立的检测技术。这类农药通过干预神经系统中关键酶的活性, 导致神经信号传导中断, 是其杀虫作用的核心原理。应用于农残检测时, 该技术通过检测蔬菜提取液对标准乙酰胆碱酯酶活性的抑制程度, 即通过监测显色反应速率的快慢, 来量化评估样品中潜在的农药残留水平, 尤其是针对有机磷及氨基甲酸酯类化合物的残留量。据此, 能够快速有效地判断蔬菜中这两类农药是否超出安全限量, 为保障食品安全提供了重要技术支持。

## 2 检测原理

酶抑制法这一高效检测技术, 尤其针对有机磷及氨基甲酸酯类农药残留, 展现出显著的实用价值。该方法凭借其操作简便、灵敏度高、速度快等特点, 无需复杂昂贵的设备支持, 适合在多种场合实施, 利于规模化检测, 因而成为提升检测效率的优选方案。在众多可选的酶类中, 乙酰胆碱酯酶因具有高度敏感性和活性, 而成为检测这两种类型农药残留的首选工具。该酶在生物体内负责水解神经递质乙酰胆碱, 确保神经信号的顺畅传递。有机磷和氨基甲酸酯类农药能特异性地抑制乙酰胆碱酯酶的活性, 阻断乙酰胆碱的正常降解, 进而干扰神经系统功能。

检测流程中, 通过向待测的农产品提取液中添加乙酰胆碱酯酶及显色剂, 观测显色反应来判定农药残留状况。具

体而言, 若样品中不存在上述两类农药, 乙酰胆碱酯酶活性不受抑制, 能顺利催化反应, 与显色剂作用生成颜色; 反之, 若酶活性受抑制, 则不会产生显色反应, 以此判断农产品是否含有目标农药残留。这种方法科学直观, 有效提升了检测的准确性和效率, 有力保障了农产品的质量安全(见图1)。

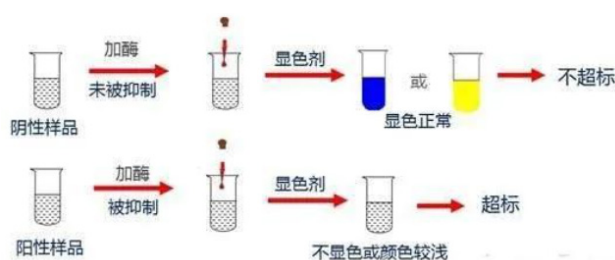


图1 酶抑制法检测原理示意图

## 3 材料与方法

### 3.1 仪器与试剂

WX-201型农残快速检测仪是一款专门设计用于高效检测农产品中农药残留的先进仪器, 它结合了现代传感技术和便捷操作界面, 极大地提升了检测速度与准确性。在使用该仪器进行检测时, 所需配备的试剂包括精心配制的稀释液, 该稀释液由无水磷酸氢二钠与无水磷酸氢二钾精确称量后, 加入适量蒸馏水充分溶解而成, 旨在为样品处理提供稳定而适宜的化学环境。

显色剂选用的是二硫代双对硝基苯甲酸, 这是一种高

度敏感的化学物质,能够与特定反应产物结合产生明显的颜色变化,从而直观反映出样品中农药残留的存在与否及其大致含量,为检测结果的判读提供可视化的依据。

此外,底物试剂是碘化硫代丁酰胆碱,在检测过程中作为酶促反应的底物,其与潜在的农药残留发生反应后,进一步触发显色过程,对整个检测体系的灵敏度与特异性起到决定性作用。

### 3.2 被测样品提取液的制取

为了确保检测结果的可靠性和准确性,被测样品提取液的制备遵循严格的操作流程。

首先,选取新鲜的植物样本作为检测对象,具体包括至少九片完整无损的白菜叶片,以及番茄样品,从其表皮深入至果肉 1~1.5cm 处取样,这样的取样深度能有效涵盖可能的农药残留区域。每份样品取 2g,精确称重后置入事先准备好的提取瓶中。

其次,向每个装有样品的提取瓶中加入 10mL 预先配置好的稀释液。此稀释液由无水磷酸氢二钠与无水磷酸氢二钾等成分精确配比,并以高纯度蒸馏水溶解而成,旨在有效溶解并提取样品中的残留农药成分。加液后,需缓慢摇晃提取瓶,以促进样品与稀释液的充分混合及农药的有效释放,同时避免产生过多泡沫或剧烈动作导致的样品损失。

最后,待样品充分提取后,将提取瓶内形成的上层清澈液体小心转移至洁净的试管中,此步骤有助于去除不溶性杂质,保证后续分析的精确性。利用移液枪精确吸取 2.5mL 提取液,转移至另一个标记好的试管中,密封保存。

### 3.3 对照液制取和检测液培养

在进行农药残留的精确检测前,制备对照液和检测液的步骤是至关重要的预处理阶段,确保实验结果的准确与可比性。

第一,对照液的制备十分简单直接,仅需量取 2.5mL 的稀释液置入清洁试管中,这一步骤建立了无农药残留的基准参照,用以与待检测样品进行对比分析。进入检测液的准备阶段。将之前制备好的被测样品提取液与对照液各自作为基础,向两者的试管中分别加入精确量取的 0.1mL 酶液。此酶液包含高效的乙酰胆碱酯酶,对有机磷和氨基甲酸酯类农药具有高度敏感性,能够有效催化特定反应,其活性变化直接反映了样品中农药残留的情况。

第二,再向两管溶液中各加入 0.1mL 的显色剂——二硫代双对硝基苯甲酸。显色剂的加入是检测过程中的关键步骤,其能够与反应产物结合,产生颜色变化,从而直观地显示出农药残留的有无及其大致浓度。添加完毕后,需轻轻摇匀,确保酶和显色剂均匀分布并充分接触反应物,这一操作需温和进行,以防破坏酶的活性或引起不必要的气泡干扰。

### 3.4 样品的选择和预处理

在进行蔬菜及果实农药残留检测的样品选择与预处理过程中,科学合理的采样与处理方法是确保检测结果准确性

的前提。对于叶菜类样品,首先需细致剔除腐烂、枯萎及过于嫩弱的叶片,这些部分可能因病害或生理状态异常导致农药吸收分布不均,影响检测的代表性。

而对于果实类样本,正确的取样位置尤为关键,应选择果皮下 1~2cm 深处的果肉部分进行切割取样,这样既能反映果皮附着农药的实际情况,又避免了表皮污染对检测结果的干扰,同时,控制取样量适中,防止过多组织导致的稀释效应或检测难度增加。

值得注意的是,针对富含叶绿素、花青素等天然色素的蔬菜,为减少这些色素对检测结果潜在的干扰,建议采取整株浸泡的方式进行样品前处理,同时控制浸泡时间,以有效阻止过多色素的溶出,确保检测过程中的颜色变化能真实反映农药残留情况,提升检测的准确度与可靠性。通过这些严谨的样品选择与处理步骤,可以有效提升检测结果的科学性和可信度。

### 3.5 药品的配制

药品配制是检测过程中的首要步骤,其中提取液作为基础稀释剂,对后续检测的准确性至关重要。具体操作需严格遵守:提取液与底物的配置均需采用高质量的蒸馏水,确保无杂质干扰;显色剂则需利用提取液调配,以维持化学反应的一致性与灵敏度。遵循试剂瓶上的明确指示,精确测量并加入规定量的蒸馏水与提取液,是配制过程中的核心要点。此外,注意操作环境与试剂的温度控制,以免影响试剂性能,保证整个配制过程的标准化与准确性。

### 3.6 试剂、移液枪使用

在操作实验试剂过程中,严格执行无菌操作规范至关重要。对于所有试剂,包括酶、显色剂及底物,必须坚持单向流动原则,即一旦从原试剂瓶中移出,不得回流,以防外界污染影响试剂纯度与后续实验的准确性。此外,移液枪的正确使用是防止交叉污染的关键措施。具体而言,应为用于吸取特定试剂的移液枪贴上明确标识,确保每一移液枪专属专用,准确对应相应的试剂类型,通过这种专枪专用的方式,有效隔离不同试剂,维护实验的纯净度与结果的可靠性。

## 4 结果分析

在进行农药残留检测的过程中,一项关键步骤是对对照液与被测样品提取液进行底物的添加与分析。具体操作包括:向两者中各加入 0.1mL 的底物试剂,如碘化硫代丁酰胆碱,随后充分摇匀以确保底物与潜在的农药残留充分反应。随后,将混合液转移至比色皿中,并迅速置入检测仪器的样品器皿,关闭样品池盖,以减少外界干扰。随即启动仪器,按下“开始样品分析”按钮,仪器即自动执行检测程序,高效完成对样品中农药残留的定量分析。

检测结果的验证与分析是评价检测方法可靠性的重要环节。根据表 1 数据对比分析,结果显示本实验采用的检测方法方法与公认的气相色谱法检测结果相符率超过 80%,这一

高符合率有力证明了所用检测方法的准确性和可靠性，为快速筛查农产品中的农药残留提供了科学依据。

表 1 样品检测结果及气相色谱法验证

菜名	农药类型	抑制率 %	抑制法最低检出限度 mg/kg	气相色谱法 mg/kg
白菜	甲胺磷	70.9	1.5-2.9	1.50
豆角	敌百虫	76.8	3.1-5.7	3.24
番茄	敌百虫	91.2	3.1-5.8	3.40
黄瓜	乐果	75.1	3.9-4.3	4.33
菠菜	灭多威	81.4	0.7-1.4	0.67
青菜	乐果	89.9	4.0-4.5	4.59

通过表 2 可以明确观察到农药浓度与酶抑制率之间存在着正相关关系。这意味着，随着农药浓度的升高，对乙酰胆碱酯酶等生物酶活性的抑制作用增强，导致酶抑制率上升，这一趋势为定量评估农药残留提供了量化的参考标准。通过这一系列严谨的实验操作与数据分析，不仅验证了检测方法的科学性与实用性，还为进一步优化农药残留检测技术、提升农产品安全监测效率奠定了坚实基础，对于保障食品安全、维护公众健康具有重要意义。

表 2 农药浓度与抑制率关系

甲胺磷	浓度 mg/L	0.6	1.1	1.5	1.9
	抑制率 %	46.9	71.1	85.4	90.1
乐果	浓度 mg/L	0.7	0.19	2.2	2.4
	抑制率 %	47.1	72.0	76.9	88.1
啶嗪丹	浓度 mg/L	0.11	0.2	0.29	0.48
	抑制率 %	41.0	74.9	82.8	92.1

### 5 检测注意事项

在农药残留检测中，确保实验结果的准确性是至关重要的。吸光值偏高可能源于酶活性不足、样品颜色过深或反应过程中遭遇化学、物理干扰。解决方案包括预调整酶与其他试剂至室温，以及对样品进行预处理以减轻色素干扰。

当抑制率为零或无效时，需检查是否存在操作不当，如对照与样品测试时间间隔过长、试剂未经适当回温、试剂用量不准确或样品色素严重影响显色反应等。

抑制率出现负值，尽管在 -10% 内可视为误差范围，但

通常指示操作失误，如检测员操作延迟或技术欠缺，导致酶迅速分解底物，影响显色反应，需提升操作熟练度。

假阴阳现象的发生，可能是因为特定农药对酶的抑制作用微弱或不存在，导致误判。酶活性低下或丧失同样能引发假阳性，而化学、物理因素的干扰亦不可忽视。

对照值偏小问题，需优化实验流程，确保显色剂和底物加入后迅速检测，缩短等待时间，并维护仪器稳定运行，确保所有试剂在室温下进行反应，以提升对照值的准确性。这些改进措施共同指向了实验条件控制与操作规范的重要性，对提高检测结果的可靠性和降低误差率至关重要。

### 6 结语

农药作为蔬菜种植不可或缺的要害，其不当使用遗留的残留物却对人类健康构成严峻挑战，尤其考虑到蔬菜与人体饮食的密切关联，严格管控农残问题关乎蔬菜产业的长远健康发展。为此，酶抑制技术脱颖而出，成为蔬菜农药残留快速检测的主流方法，凭借其检测速度快、操作简便、灵敏度高及成本效益显著等优势，该技术在大量样品的初步筛选中发挥着核心作用，广泛服务于农产品流通的各个环节，包括批发市场、生产基地、超市及基层检测站点，有效监测农残水平，直观反映潜在毒性。

#### 参考文献:

- [1] 李梦洁. 酶抑制法检测蔬菜农药残留的效果探讨[J]. 农村实用科技信息, 2019(1):46-47.
- [2] 王丽芳, 王雯, 张瑜, 等. 高通量酶抑制法快速测定蔬菜中有机磷和氨基甲酸酯类农药残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2023(3): 184-191.
- [3] 苟建新. 蔬菜农药残留快速检测——酶抑制法检测常见问题[J]. 新疆农业科技, 2018(2):28-29.
- [4] 张宝华, 魏巍. 酶抑制法检测蔬菜农药残留的效果探究[J]. 南方农业, 2018(9):105-106.
- [5] 田野. 酶抑制法在蔬菜质量安全控制中的应用[J]. 化工设计通讯, 2022(9):76-79.

作者简介: 赵梓 (1993-), 女, 中国云南昆明人, 本科, 助理工程师, 从事蔬菜中的农药残留检测研究。