

农药残留快速检测实验中的关键因素探究

豆丽靖*

(德州职业技术学院, 德州 253034)

摘要: **目的** 为实现农药残留快速检测, 提升检测灵敏度与准确性, 为确保农产品安全提供技术支撑。**方法** 基于酶抑制法设计检测系统, 通过测量样品液吸光度变化, 分析反应时间、温度和农药浓度等变量对酶抑制率的影响。**结果** 反应初期吸光度变化快, 酶活性在 20~40°C 最佳, 农药浓度与酶抑制率呈正相关, 不同毒性农药抑制效果不同, 抑制率判定标准不同。**结论** 本研究深入分析了关键因素对农药残留快速检测的影响, 为优化检测条件提供指导, 为检测技术改进和安全标准制订提供理论依据, 奠定食品安全监控的理论支持和实践参考。

关键词: 农药残留检测; 酶抑制法检测法; 研究因素

0 引言

农药在现代农业生产中扮演着至关重要的角色, 它们有效提高了农作物的产量, 但也带来了生态环境和食品安全方面的潜在隐患^[1]。为了有效监测农产品中的农药残留, 现有的研究大多集中在色谱分析、免疫分析以及生物传感器等技术上^[2]。然而, 这些方法常常面临设备昂贵、操作繁琐、检测周期较长等问题, 难以满足现场快速检测的需求。与此相比, 酶抑制法则通过利用有机磷和氨基甲酸酯类农药抑制乙酰胆碱酯酶活性的特性, 能够在短时间内准确测定农药残留浓度^[3]。它不仅操作简便、成本低廉, 而且具有极高的检测速度。基于这一原理, 本研究设计了一套农药残留快速检测系统, 并针对影响检测结果的关键因素, 如反应时间、温度和农药浓度等, 进行了细致分析^[4]。本研究的目的是通过优化这些关键因素, 提升检测的灵敏度与准确性, 从而为确保农产品安全提供坚实的技术支撑^[5]。本研究旨在为农药残留检测技术的改进提供理论依据, 并通过实际应用推动该技术的普及^[6]。本研究希望通过这一努力, 能够为公众健康和生态环境保护做出积极贡献。

1 实验原理与系统设计

1.1 检测原理

酶抑制法的运用原理主要是利用有机磷和氨基甲酸酯类农药对乙酰胆碱酯酶(AChE)活性的抑制作用。农药抑制酶活性后, 乙酰胆碱(ACh)无法在生物体内正常代谢, 导致神经递

质的积累, 最终使昆虫或其他生物中毒死亡^[7]。在此过程中, 样品中乙酰胆碱酯酶的活性被用来间接推算农药的残留量。具体而言, 当样品中没有农药残留或残留量极低时, 酶的活性不受抑制, 底物乙酰硫代胆碱(AsCh)在酶的作用下完全水解, 生成的产物与显色剂反应, 呈现黄色。通过与参照液吸光度的对比, 本研究可以计算出抑制率, 并通过标准曲线进一步确定农药的残留浓度^[7]。它不仅能对多个样品进行实时监测, 还为农药残留检测提供了一种经济且高效的解决方案。作为现代农业中保障食品安全的有力工具, 它的广泛应用将有效提升农产品的质量检测水平。

1.2 系统构成

本检测系统基于酶抑制法, 集成多项精密技术, 能够实现高效、精准的农药残留检测。系统的核心组件包括一个 410 nm 的 LED 光源, 用于提升显色反应的吸光率, 以增强检测的灵敏度; 样品池则确保样品与显色剂充分接触, 从而产生明显的颜色变化。此外, 光敏传感器用于监测光强变化, 将其转换为可供分析的电信号^[8]。数据采集器由 AT89S52 微控制器构成, 具备光强测量、温度监控、数据存储、显示及通信等多项功能, 确保数据的准确和实时处理。系统还配备了温度校正功能, 通过温度传感器实时监控温度变化, 确保反应过程始终处于最佳测量状态。检测结果可以通过 LCD 显示、微型打印机打印或 RS-232C 接口传输至计算机, 便于多种输出方式^[9]。整体而言, 系统设计简洁高效, 成本低且便于自动化和便携化, 适合现场快速检测, 能够显著提升检测效率, 是保障农产品安全的有力支持工具。

* 通信作者: 豆丽靖, 硕士, 讲师, 研究方向为食品安全与检测。E-mail: doulijing@163.com

1.3 测量方法

基于酶抑制法的农药残留检测方法，通过测量样品溶液吸光度的变化，能够迅速评估农药的残留量。当样品中含有农药残留时，酶活性受到抑制，导致底物乙酰硫代胆碱(AsCh)的水解速率减慢，显色反应变弱，吸光度值随之降低。而在没有农药或残留量很低的情况下，酶活性正常，生成的黄色产物在410 nm 波长下的吸光度较高。在实际检测中，系统首先测量参照溶液和样品溶液的吸光度，随后根据这些数据计算抑制率。由于在反应初期(3~5 min)，吸光度变化较快，并且与农药浓度之间有很好的线性关系，因此选择这一时间段进行测量，有助于提高检测的灵敏度。为了确保酶活性保持在最佳反应温度(20~40℃)范围内，系统还会进行温度校正，以保证测量结果的准确性与稳定性。结合标准曲线，当抑制率超过70%时，即可判断农药残留超标。这种检测方法操作简单、反应迅速，灵敏度高，特别适合用于现场的快速检测，并为农产品安全提供了可靠的技术支持。如图1~2所示。

农残检测 抑制率标准		
蔬菜样品的抑制率	蔬菜品质	评价和建议
0% < 检验抑制率 < 15%	无污染蔬菜	基本可以放心出口
15% < 检验抑制率 < 30%	绿色蔬菜	处理和检验后可出口
35% < 检验抑制率 < 50%	无公害蔬菜	可以安全食用
检验抑制率 ≥ 50%	有农药污染蔬菜	不能安全食用

图1 农残检测抑制率标准

检测时间: 2023-03-15 15:48		检测时间: 2023-03-15 15:48	
检测人员:	检测单位:	检测人员:	检测单位:
受检单位:	受检单位:	受检单位:	受检单位:
检测时间: 2023-03-15 15:48	检测时间: 2023-03-15 15:48	检测时间: 2023-03-15 15:48	检测时间: 2023-03-15 15:48
对照 Δ: 0.39	对照 Δ: 0.39	对照 Δ: 0.39	对照 Δ: 0.39
通道名称: 抑制率(%)	结果	通道名称: 抑制率(%)	结果
2 芹菜	9.02 合格	2 芹菜	9.02 合格
3 小苣菜	13.51 合格	3 小苣菜	13.51 合格
4 芥菜	2.33 合格	4 芥菜	2.33 合格
5 鲜榨菜	48.23 合格	5 鲜榨菜	48.23 合格
6 葡萄柚	36.55 合格	6 葡萄柚	36.55 合格
7 西柚	62.62 不合格	7 西柚	62.62 不合格
8 芥蓝	6.13 合格	8 芥蓝	6.13 合格
9 大白菜	9.68 合格	9 大白菜	9.68 合格
10 柠檬	70.02 不合格	10 柠檬	70.02 不合格
11 豆腐	5.25 合格	11 豆腐	5.25 合格
12 绿豆芽	12.03 合格	12 绿豆芽	12.03 合格

图2 农残检测结果展示

2 结果与分析

2.1 反应时间的影响

反应时间是影响农药残留检测精度的一个关键因素(见图3)，因为它直接关系到酶水解反应的速率和吸光度变化的敏感度。在反应初期的前5 min，吸光度迅速上升，通常能够达到约80%的变化，这反映了酶水解反应的较快速率，因此这一阶段非常适合进行快速检测。因此，为了提高

检测的精度和灵敏度，建议在反应初期的3~5 min内进行吸光度测量。此时，吸光度的变化与农药浓度具有较高的线性关系，有助于精确计算酶抑制率，并判断农药残留是否超标。

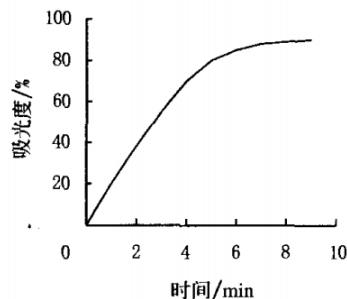


图3 吸光度随反应时间的变化

2.2 温度的影响

温度是影响乙酰胆碱酯酶活性的一个重要因素(见图4)，因此它在农药残留检测中的灵敏度和准确性方面起着决定性作用。酶活性在大约30℃时达到峰值，而最佳的测量温度范围应控制在20℃至40℃之间，以保证酶在这一温度区间内的最佳活性。当温度过高或过低时，酶的活性会明显减弱，从而影响反应速率，进而降低检测的灵敏度和准确性。这些温度控制措施特别有利于现场检测，能够在不同的环境条件下提供稳定可靠的结果，显著提升检测精度和可信度，确保农药残留检测的有效性。

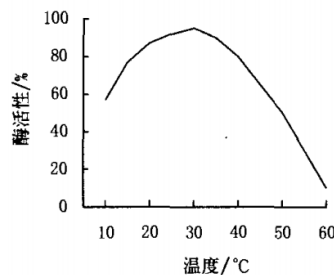


图4 温度对酶活性的影响

2.3 农药浓度的影响

农药浓度与酶抑制率之间存在显著的关系(见图5)，随着农药浓度的升高，抑制率也会逐步增加，最终接近100%。不同农药的毒性差异也影响这一关系。毒性较强的农药即使在较低浓度下也能显著抑制酶活性，而毒性较弱的农药则需要更高的浓度才能达到相似的抑制效果。在农药残留检测中，抑制率的判定标准也有所不同：当抑制率低于40%时，表明农药残留较低，产品符合安全标准；当抑制率在40%至70%之间时，需要进一步复查确认；而当抑制率超过70%时，说明农药残留超标，产品不符合安全要求。抑制率作为关键指标，为判断农药残留是否符合安全标准提供了重要依据，确保了农产品的安全性。

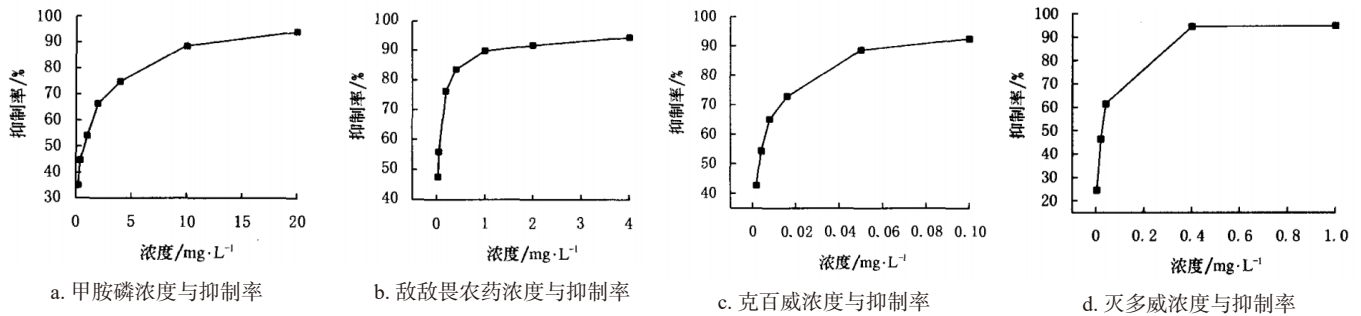


图5 农药残留浓度与抑制率

3 讨论与结论

反应时间、温度、农药浓度等因素在农药残留检测中对结果的准确性和灵敏度起着至关重要的作用。在反应初期的3~5 min内,吸光度增加较快,此时抑制率的变化最为明显,适用于精确计算农药残留;然而,反应后期吸光度趋于稳定,无法有效反映农药残留。因此,及时在反应初期进行测量至关重要。温度方面,最佳反应温度应保持在20℃至40℃之间,过高或过低的温度会降低酶活性,从而影响检测的灵敏度和准确性。因此,温控措施对保证检测精度至关重要。然而,由于不同农药的毒性差异,某些高毒性的农药即使在较低浓度下也能显著抑制酶活性,导致抑制率的变化不同。检测标准也根据抑制率进行划分:当抑制率低于40%时,表示农药残留较低,产品符合安全标准;当抑制率在40%至70%之间时,需进一步确认;为了提高检测的准确性和可靠性,建议在反应初期进行多次吸光度测量,并严格控制温度,以确保结果的稳定性。本研究为农药残留的快速检测提供了有效的参考,能够为检测技术的改进以及安全标准的制订提供理论依据,从而推动农产品安全保障和公共健康保护。

本研究深入分析了反应时间、温度和农药浓度对农药残留快速检测的影响,为优化检测条件提供了重要指导。最佳的反应时间为3~5 min,此时吸光度变化迅速,适合进行快速计算抑制率,确保检测的高效性。温度方面,最佳检测温度应保持在20℃至40℃之间,以保证乙酰胆碱酯酶的最佳活性,从而提升检测结果的稳定性和可靠性。农药浓度与酶抑制率呈正相关,随着浓度增加,抑制率逐步上升,当抑制率超过70%时,可以判断农药残留超标。为了进一步提高检测精度,采用多次测量和温度校正等优化措施,显著增强了检测的准确性和稳定性。本研究不仅为农药残留的快速检测提供了理论基础,还通

过提升现场检测的准确性与效率,为食品安全监控的广泛应用奠定了坚实的理论支持和实践参考。

参考文献

- [1] 吴正浩,郝振霞,陈红平,等.荧光方法在酶抑制农药残留快速检测中的研究进展[J].食品安全质量检测学报,2024,15(01):29-40.
- [2] 雷紫依,苏光林,李跑,等.植物源性食品中多农药残留GC-MS高通量快速检测技术研究进展[J].分析测试学报,2023,42(10):1370-1380.
- [3] 马宏,吴宇,陈晋莹,等.生物荧光酶抑制法快速定性测定粮食中有机磷类和氨基甲酸酯类农药残留[J].中国粮油学报,2022,(02):037.
- [4] 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,(03):184-191.
- [5] 陈黎明,陈洁,张晓丹.气相色谱-串联质谱法结合QuEChERS法快速检测中药中50种农药残留[J].中草药,2023,54(08):2596-2606.
- [6] 雷紫依,苏光林,李跑,等.植物源性食品中多农药残留GC-MS高通量快速检测技术研究进展[J].分析测试学报,2023,42(10):1370-1380.
- [7] 王元清,李莎,周巧,等.粮油原料中农药使用与残留现状及快速检测技术研究进展[J].食品科学,2023,44(9):287-296.
- [8] 魏茂琼,王丽,兰珊珊,等.胶体金免疫层析法快速检测蔬菜中3种农药残留[J].河南农业科学,2024,53(6):79-90.
- [9] 党富民,刘长勇,李会会,等.气相色谱-质谱联用快速检测葡萄酒中有机磷农药残留[J].食品工业,2022,43(01):308-310.