

蔬菜农药残留快速检测分析

张进丽

禄劝彝族苗族自治县市场监督管理局食品药品检验检测中心 云南 昆明 651500

摘要: 蔬菜农药残留关乎食品安全与健康。本文介绍蔬菜农药残留来源,涵盖农业生产与环境因素,列举常见农药种类。阐述酶抑制法、免疫分析法等多种快速检测技术原理,说明检测流程与操作要点。分析样品、环境、操作等因素对检测的影响,提出质量控制措施。为蔬菜农药残留快速检测提供全面参考,保障蔬菜质量安全。

关键词: 蔬菜;农药残留;快速检测技术;质量控制

引言:蔬菜是日常饮食重要部分,其质量安全备受关注。在蔬菜种植中,为防治病虫害、调节生长周期及保鲜,会使用各类农药,这导致蔬菜农药残留问题凸显。农药残留不仅危害人体健康,还影响生态环境。快速准确检测蔬菜农药残留,对保障蔬菜质量安全、维护公众健康意义重大。

1 蔬菜农药残留的来源与种类

1.1 农药残留的来源

蔬菜农药残留的来源主要可归结为农业生产环节与环境因素两大方面。在农业生产环节,为确保蔬菜的健康生长与高产,种植过程中会使用各类农药。这些农药用于防治病虫害,避免蔬菜遭受虫害侵袭而减产或品质下降。同时,为调节蔬菜的生长周期,使其更符合市场需求,也会使用相应的农药。此外,在蔬菜收获后,为延长保鲜期,减少在运输和储存过程中的损耗,部分商家会使用保鲜类农药^[1]。环境因素同样是蔬菜农药残留不可忽视的来源。土壤作为蔬菜生长的基础,若长期受到农药污染,残留的农药会逐渐积累,并通过蔬菜的根系吸收进入植株内部。水源若被农药污染,在灌溉过程中也会将农药带入蔬菜种植区域,导致蔬菜受到污染。周边环境,如附近农田喷洒农药时,农药分子可能随风飘移,附着在蔬菜表面或被蔬菜叶片吸收,进而造成污染。

1.2 常见农药种类

有机磷类农药在蔬菜种植中应用广泛。这类农药化学结构独特,通过抑制害虫体内的酶活性来达到杀虫效果。常见的有机磷农药品种有敌敌畏、乐果等,它们对多种害虫具有较强的杀灭作用。有机氯类农药稳定性强、持久性高,曾在蔬菜种植中大量使用。这类农药不易分解,能在环境中长期残留,对环境和生物造成长期影响。常见的有机氯农药有六六六、滴滴涕等。氨基甲酸酯类农药杀虫原理独特,通过干扰害虫的神经系统功能来杀灭害虫。代表性农药有西维因、呋喃丹等,对蔬菜上的多

种害虫有良好防治效果。其他类农药中,拟除虫菊酯类农药模拟天然除虫菊素的化学结构,具有高效、低毒的特点。生物农药则利用生物活体或其代谢产物来防治病虫害,对环境友好,在蔬菜种植中的应用也逐渐增多。

2 蔬菜农药残留快速检测技术原理

2.1 酶抑制法

在蔬菜农药残留快速检测中,酶抑制法是常用手段之一。针对有机磷和氨基甲酸酯类农药的快速检测,年均完成约1200批次检测。用于检测的酶多具备特定特性,像乙酰胆碱酯酶,它对底物有高度专一性,在正常生理条件下能高效催化特定化学反应。农药对酶活性的抑制原理在于,部分农药分子结构与酶的底物结构相似,会竞争性地与酶活性中心结合,占据酶的活性位点,阻止底物与酶的正常结合,进而抑制酶的催化活性。检测过程中,样品前处理十分关键。需将蔬菜样品进行匀浆、萃取等操作,提取出可能含有的农药成分。检测时需要使用酶、底物、显色剂等试剂,以及恒温水浴锅、移液器、速测仪等设备。精确吸取样品提取液与酶液混合,在 $37^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下孵育一定时间,使农药与酶充分作用。随后加入底物和显色剂继续反应,用速测仪或肉眼比色判定结果。若样品中存在农药残留,酶活性会受到抑制,导致反应体系中产物的生成量减少。通过检测产物量的变化,或监测反应过程中某些物理化学性质(如吸光度)的改变,就能间接判断蔬菜中农药残留情况。通常以酶抑制率 $\geq 50\%$ 作为初步阳性结果的判断标准,对阳性样品需立即复核,必要时送实验室确证。

2.2 免疫分析法

免疫分析法基于抗原与抗体特异性结合的机制开展检测。抗原是能刺激机体产生免疫应答并与其特异性结合的物质,抗体则是机体免疫系统针对抗原产生的具有特异性识别能力的蛋白质。当抗原与抗体相遇时,它们会通过分子间的相互作用精准结合,形成稳定的复合物。

利用这一原理,可将农药分子作为抗原,制备出对应的抗体,通过检测抗原抗体复合物的形成情况来确定农药残留^[2]。常见的免疫分析方法中,酶联免疫吸附测定法是将酶标记在抗体或抗原上,通过酶催化底物显色,根据颜色深浅判断农药残留量。免疫层析法则利用毛细管作用使样品在层析膜上移动,当遇到固定在膜上的抗体时,若样品中有相应抗原,就会形成抗原抗体复合物而被截留,通过观察层析膜上的显色条带判断结果。

2.3 生物传感器法

生物传感器由生物识别元件和信号转换器构成。生物识别元件能特异性识别农药分子,信号转换器则将生物识别元件与农药作用产生的生物化学信号转化为可检测的电信号、光信号等。不同类型生物传感器在蔬菜农药残留检测中各有应用原理。酶传感器利用酶对农药的特异性响应,当农药与酶接触时,酶活性改变,导致反应体系中产物浓度或某些性质变化,信号转换器将这种变化转化为电信号输出。免疫传感器借助抗原抗体特异性结合,结合过程引起传感器表面物理或化学性质改变,进而被信号转换器检测。细胞传感器则利用活细胞对农药的敏感性,细胞在接触农药后生理状态改变,产生可检测的信号。

2.4 其他快速检测技术

光谱法中,近红外光谱技术依据蔬菜中不同成分对近红外光的吸收特性差异来检测农药残留。不同农药和蔬菜成分在近红外光区有独特的吸收峰,通过分析吸收光谱特征就能判断农药是否存在。荧光光谱技术利用某些农药或其与特定试剂反应后产生的荧光特性,检测荧光强度或荧光寿命等参数来确定农药残留。拉曼光谱技术通过分析农药分子振动模式产生的特征散射光谱,能够实现无损、快速的定性识别,尤其适用于表面残留的筛查。色谱-质谱联用技术在快速检测中采用简化应用模式,先通过色谱将样品中不同成分分离,再利用质谱对分离后的成分进行鉴定,快速确定农药种类和含量,适用于多种蔬菜农药残留的检测。

3 蔬菜农药残留快速检测的流程与操作要点

3.1 样品采集与制备

采样需遵循代表性、随机性和均匀性要求。代表性意味着采集的样品要能真实反映整批蔬菜的农药残留状况。随机性要求避免主观选择,从蔬菜堆的不同位置、不同层次随机抽取。均匀性则保证所采样品在各方面特征上相对一致。不同蔬菜品种采样方法有别。对于叶菜类,如白菜、菠菜,可从不同植株上选取多片叶片混合;瓜果类蔬菜,像黄瓜、番茄,可随机选取多个个体;根

茎类蔬菜,例如萝卜、土豆,要选取不同部位的样本混合。样品预处理环节至关重要。先将蔬菜样品置于流动清水下冲洗,去除表面大部分泥土和杂质^[3]。接着进行切碎操作,切碎程度根据蔬菜种类和检测要求调整,一般切成小块或小段。随后进行匀浆处理,可使用匀浆机或研钵等工具,将切碎的蔬菜充分研磨成均匀的浆状,确保样品中各成分分布均匀,符合后续检测要求。

3.2 检测试剂与仪器准备

试剂选择与配制需依据检测技术要求确定。不同检测方法所需试剂种类各异,如酶抑制法常用乙酰胆碱酯酶、底物和显色剂等。试剂质量直接影响检测结果,应选用正规厂家生产的合格产品。对关键生化试剂如酶制剂,需核查比活性和批次一致性,避免活性差异引入误差。标准品应溯源至国际或行业标准物质,保证定量准确性。配制时需严格按说明书操作,注意浓度、溶剂及配制顺序。配制后试剂应标注名称、浓度、配制日期与有效期,并按储存条件妥善保存。仪器调试与校准是保证检测准确的关键。以酶标仪为例,开机预热至稳定后,需按说明书进行校准,通常使用标准品调整参数,确保测量结果可靠。日常使用前应进行光电检查与滤光片校验,保障光学系统稳定。移液器除定期校准外,每次使用前需做密封性检查和吸液准确性测试。其他仪器如天平也需定期校准维护,以保持精度。

3.3 检测操作步骤

不同快速检测技术操作流程各异。酶抑制法中,先准确吸取一定量匀浆后的样品提取液,加入到含有酶的反应体系中,轻轻混匀后,在适宜温度下孵育一段时间,让酶与可能存在的农药充分反应。反应过程中要严格控制温度和时间,温度过高或过低、时间过长或过短,都会影响酶的活性和反应结果。之后加入底物和显色剂,继续反应一定时间,使反应体系产生颜色变化。免疫分析法里,酶联免疫吸附测定法是将样品提取液加入到包被有抗体的微孔板中,温育后洗涤去除未结合的物质,再加入酶标记的二抗,再次温育洗涤,最后加入底物显色。操作过程中要注意洗涤的次数和力度,避免残留物质影响结果。免疫层析法则将样品滴加到试纸条的加样区,在毛细作用下样品向前移动,与固定在试纸条上的抗体结合,通过观察检测线和质控线的显色情况判断结果。

3.4 结果判断与记录

结果判定标准根据检测技术特点制定。酶抑制法以酶抑制率为依据,当酶抑制率 $\geq 50\%$ 时判定为初步阳性,对阳性样品需立即复核,必要时送实验室确证。光谱法

可根据吸光度值或荧光强度等指标的临界值判断。若吸光度值或荧光强度超过临界值,表明样品中可能存在农药残留。免疫分析法通过检测线显色强度与质控线的对比进行结果判读,当检测线不显色或显色弱于质控线时,表明样品中农药残留浓度超过检测限。生物传感器法则依据响应信号的变化幅度,通过与标准曲线比对实现定量分析。结果记录要准确无误,详细记录检测日期、样品名称、检测方法、检测结果等关键信息。对于阳性或疑似阳性样品,需特别标注并记录复检情况,包括复检方法、结果及处理意见。所有原始数据和图谱应附于报告之后,确保检测过程的可复现性。检测报告内容应包括检测目的、样品信息、检测方法、检测结果、结论以及检测人员和审核人员签名等。格式要规范统一,确保报告的严谨性和可追溯性。准确的结果记录和规范的报告能为后续的质量追溯和监管提供有力依据。

4 蔬菜农药残留快速检测的影响因素与质量控制

4.1 影响因素分析

样品因素在检测中影响显著。某些蔬菜如韭菜、生姜、香菜等本身含有抑制酶活性的物质,易产生假阳性。不同品种对农药吸收代谢能力有别,叶菜类叶片宽大易附着农药,瓜果类外壳使农药多留表皮。成熟度差异导致未成熟蔬菜代谢弱、降解慢,残留可能偏高。储存条件关键,高温高湿环境可能加速农药分解转化,干扰检测结果^[4]。环境因素对检测过程影响明显,温度是影响酶活性的最关键因素,温度过低或过高都会导致结果失真。适宜温度加快反应,但过高会使酶失活,抗原抗体结构改变。湿度过大试剂易受潮变质,影响准确性。光照可诱发农药光化学反应,增加检测难度。操作因素是决定检测结果准确性的重要环节,试剂量取不精确、反应时间控制不当、人员操作不规范等均会引入误差。操作人员技能不齐、缺乏培训易导致失误,不按规程操作会直

接影响结果可靠性。

4.2 质量控制措施

内部质量控制是保障检测准确的基础。建立实验室内部质量控制体系,开展空白实验可排除试剂和环境杂质干扰;平行实验能通过多次检测结果对比,评估检测精密度;加标回收实验可验证检测方法准确度,判断有无系统误差。外部质量控制为提升检测水平提供助力。参加实验室间比对、能力验证等活动,与外部机构进行数据比对交流,能发现自身检测问题,学习先进经验技术,不断提高检测能力。人员培训与管理是质量控制核心。加强对检测人员培训,提升业务素质和操作技能,使其熟悉检测流程规范。建立人员考核和激励机制,对表现优秀给予奖励,对不达标进行再培训或调整岗位,确保检测工作高质量开展。

结束语

蔬菜农药残留快速检测是保障蔬菜质量安全的关键环节。通过了解农药残留来源与种类,掌握多种快速检测技术原理及操作流程,明确影响因素并实施质量控制措施,能有效提高检测准确性与可靠性。未来,随着技术不断发展,蔬菜农药残留快速检测将更精准、高效,为人们提供更安全的蔬菜产品,推动蔬菜产业健康发展。

参考文献

- [1] 庞联.蔬菜农药残留快速检测技术常见问题及对策分析[J].种子科技,2025,43(3):192-194.
- [2] 沙莎,庄佳佳,仝佳平.蔬菜水果中农药多残留快速筛查检测技术研究[J].江西农业,2025(18):58-60.
- [3] 王敏,王晓菲,李俐,等.蔬菜中农药残留产生原因及检测方法分析[J].现代食品,2025(1):147-149.
- [4] 康超,于垂统,辛全伟.蔬菜农药残留检测中光谱技术的应用现状与对策探讨[J].食品安全导刊,2025(2):183-185,189.