

中药材中农药残留检测方法探究

邹小玲

国检测控股集团（安徽）拓维检测服务有限公司，安徽 宣城 242000

[摘要] 中药材是中医药领域的重要组成部分，其质量和安全对保障患者用药安全至关重要。然而，由于环境污染和农药使用等原因，中药材中的农药残留问题日益引起关注。本文就中药材中农药残留检测的重要性进行了探讨，并详细介绍了目前常用的农药残留量检测方法以及发展趋势，以便为未来中药材质量控制和风险管理提供参考。

[关键词] 中药材；农药残留；检测方法；质量控制；环境安全

DOI: 10.33142/cm.n.v1i2.11050

中图分类号: R284.1

文献标识码: A

Exploration on Pesticide Residue Detection Methods in Traditional Chinese Medicine

ZOU Xiaoling

CTC Testing Holdings Group (Anhui) Topway Testing Services Co., Ltd., Xuancheng, Anhui, 242000, China

Abstract: Chinese medicinal materials are an important component of the field of traditional Chinese medicine, and their quality and safety are crucial to ensuring the safety of patient medication. However, due to environmental pollution and pesticide use, the issue of pesticide residues in Chinese medicinal materials is increasingly attracting attention. This article discusses the importance of pesticide residue detection in traditional Chinese medicine, and provides a detailed introduction to the commonly used pesticide residue detection methods and development trends, in order to provide reference for future quality control and risk management of traditional Chinese medicine.

Keywords: Chinese medicinal materials; pesticide residues; detection method; quality control; environmental safety

引言

中药材是中医药领域的核心资源，其广泛应用于中药制剂的制备，对维护人体健康具有重要作用。然而，随着农业生产的现代化和全球环境污染程度的提高，中药材中农药残留问题逐渐引起了广泛关注^[1]。农药残留可能导致中药制剂中的有害物质超标，对人体健康产生潜在危害，因此对中药材中农药残留进行准确、全面的检测显得至关重要。本文对当前常用的农药残留检测方法进行深入剖析，不仅有助于提高中药质量，也为中药产业的可持续发展提供了技术支持。

1 中药材中农药残留检测的重要性

1.1 患者用药安全保障

中药材是制备中药制剂的原材料，直接关系到患者用药的安全性和有效性。然而，由于现代农业的农药广泛使用 and 环境污染的加剧，中药材中的农药残留问题日益突出^[2]。患者在接受中药治疗时，如果中药材中含有超标的农药残留，可导致不良反应或潜在的健康风险，甚至影响治疗效果。农药残留可能导致慢性中毒、过敏反应等健康问题，尤其对于长期依赖中药治疗的患者，这些潜在的危害更是不可忽视。因此，通过对中药材中农药残留的准确检测，可以及时发现潜在的风险，为患者提供更加安全的用药体验。

1.2 中药产业形象与市场信任

中药产业是中国传统医学的代表，具有悠久的历史 and

深厚的文化底蕴。中药材中农药残留的问题，一旦被公众知晓，可损害中药产业的形象，影响其在国际市场的信誉^[3]。现代社会对于食品、药品的质量安全要求越来越高，中药产业如果不能有效解决农药残留问题，将会导致公众对中药的信任度下降，影响中药市场的稳定发展。通过建立健全的农药残留检测体系，可以提高中药产业对质量的监控和管理水平，加强对农药残留的预防与治理，有助于提升中药产业的整体形象，增强市场的可持续发展力，进而增强国际市场竞争力^[4]。

1.3 生态环境可持续发展

农药残留问题不仅仅关系到人体健康，也涉及到生态环境的可持续发展。过度使用农药可导致土壤和水源的污染，对周围生态系统产生负面影响。中药材生长的环境如果受到污染，其质量将无法得到有效保障。因此，中药材中农药残留的检测不仅是对中药质量的保障，也是对农业生态系统的保护。通过检测中药材中的农药残留情况，可以及时发现农药对环境的潜在危害，引导农业生产向着更为环保、可持续发展的方向发展，有助于促进生态农业的发展，保护农田生态系统的平衡，实现中药材的生态友好生产。

2 中药材中农药残留量检测方法

2.1 气相色谱法 (GC)

气相色谱法 (Gas Chromatography, GC) 是一种常用的分离和定量分析技术，在中药材中农药残留的检测中具有重要作用，该方法基于物质在固定填充柱中的分配和分

离行为,通过分析样品中农药残留的挥发性成分来实现检测和定量分析。

2.1.1 原理与步骤

样品准备: 首先,将中药材样品进行适当的制备和提取,通常采用固相小柱萃取的方式,以获得含有农药残留的样品溶液。

色谱柱填充及系统适用性实验: 色谱柱是气相色谱分离的关键,根据待分析物性质的不同选择填充不同特性的固定相。样品通过色谱柱时,根据其亲和性与固定相相互作用,选择适合的升温程序,使各成分在柱中以不同速度传输。

样品注入: 在系统内设定一定的进样体积,通过进样器自动吸入。

气相载气: 通过色谱柱的气相流动带动样品成分的运动。常用的载气包括氮气等。

分离与检测: 样品成分在色谱柱中由于与固定相的相互作用差异而分离,不同成分在不同时间通过柱后,进入检测器进行检测。检测器接收传出的信号,并转换成数值信号进行记录和分析。

图 1、2 GC 技术对不同农药成分在中药材样品中的检测结果

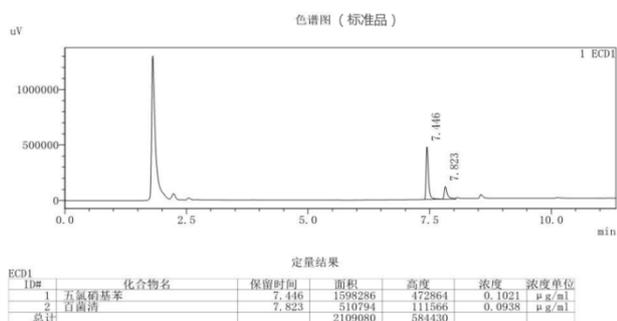


图 1 GC 技术对不同农药成分在中药材样品中的检测结果

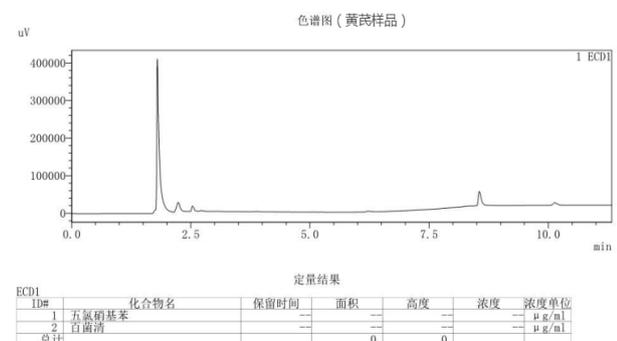


图 2 GC 技术对不同农药成分在中药材样品中的检测结果

2.1.2 特点

高分离能力: 气相色谱法通过色谱柱的选择和优化的色谱条件,能够有效地分离中药材中的复杂混合物。以黄芪为例,其常含有多种挥发性成分和农药残留物,而 GC

能够将这些组分分离,使其逐一检测。

高灵敏度: GC 具有高灵敏度的特点,对于微量的农药残留物也能够进行可靠的检测。这对于中药材来说尤为重要,因为农药残留量通常较低,需要高灵敏度的方法进行准确测定。

可定量性强: 通过建立标准曲线,GC 能够提供准确的定量分析结果。这对于评估中药材的质量和安全性至关重要,特别是在药材流通和制药过程中。

2.2.2 优点与局限性

(1) 优点

广泛适用性: GC 适用于挥发性和半挥发性有机化合物的分析,覆盖了许多农药的检测需求。这使得 GC 方法在中药材中不同农药残留的检测中具有广泛的适用性。

精准度高: 由于其高分离能力和灵敏度,GC 方法提供了高精度的分析结果。这对于中药材的质量控制和药品安全性的保障至关重要。

相对快速: 相对于一些其他分析方法,GC 方法通常具有较短的分析时间,使其适用于高通量的实验室分析

(2) 缺点

仅适用于挥发性物质: GC 主要用于挥发性或半挥发性有机化合物的分析,对于非挥发性的农药残留物,可能需要其他分析技术的补充。

样品预处理繁琐: 样品的提取和准备过程相对繁琐,尤其是对于一些复杂的中药材样品,需要采用适当的提取方法以确保分析的准确性。

某些化合物分解: 在高温条件下,某些化合物可能会发生分解,导致分析结果的失真。因此,在选择色谱条件时需要进行慎重考虑。

2.2 气相色谱-质谱法 (GC-MS)

气相色谱-质谱法 (Gas Chromatography-Mass Spectrometry, GC-MS) 是一种高效的分析技术,结合了气相色谱的分离能力和质谱的高灵敏度,广泛应用于中药材中农药残留的检测。GC-MS 技术不仅可以对农药进行有效的分离和定性,还能通过质谱对农药的分子结构进行准确的鉴定。

2.2.1 原理与步骤

样品准备: 与气相色谱法类似,首先需要将中药材样品进行适当的制备和提取,获得含有农药残留的样品溶液。

气相色谱分离: 样品溶液通过色谱柱进行分离,分离后的各成分进入质谱。

质谱分析: 质谱部分对样品中的分子进行解离和离子化,生成质谱图谱。这个图谱是由离子峰组成的,每个峰对应一个特定的分子离子。

数据分析: 利用质谱图谱进行数据分析,可以确定样品中各种农药残留的种类和相对含量。

图 3、4 GC-MS 技术对不同农药成分在中药材样品中

检测结果

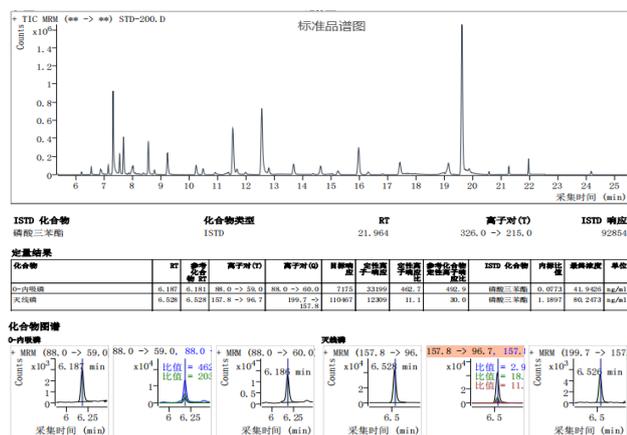


图3 GC-MS 技术对不同农药成分在中药材样品中的检测结果

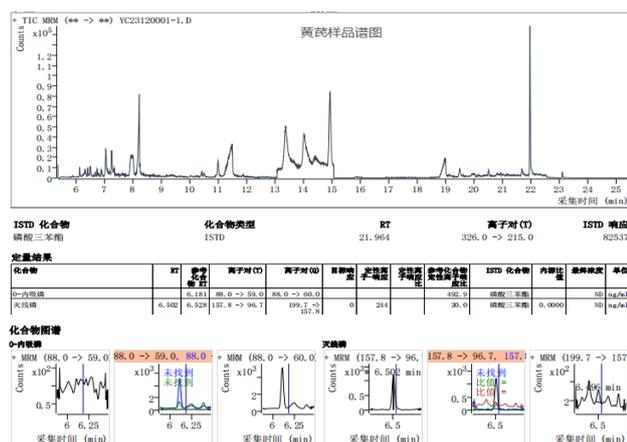


图4 GC-MS 技术对不同农药成分在中药材样品中的检测结果

2.2.2 特点

分离与识别的双重功能: GC-MS 结合了气相色谱的优异分离能力和质谱的高灵敏度,能够同时进行物质的分离和识别,对中药材中的多种农药残留进行全面检测。

高灵敏度和高选择性: 质谱检测器具有高灵敏度,能够检测到极低浓度的物质。同时,质谱可以提供化合物的分子结构信息,提高了分析的选择性。

可以分析复杂混合物: 中药材中的农药残留物往往伴随着复杂的基质,GC-MS 能够有效地分析和识别这些复杂混合物中的目标物质。

2.2.3 优点与局限性

(1) 优点

高分辨率: GC-MS 在分离和识别目标化合物方面具有高度的分辨率,能够区分相似结构的化合物,从而提高了分析的精确性。

结构鉴定: GC-MS 可以通过质谱数据提供目标化合物的分子结构信息,这对于中药材中可能存在的未知农药残留的鉴定非常重要。

多组分分析: GC-MS 可以同时分析多个农药残留物,实现了对中药材中多种农药的一次性检测,提高了分析效率。

(2) 缺点

设备昂贵和维护复杂: GC-MS 设备相对昂贵,对仪器的操作和维护要求较高,需要专业的技术人员进行维护和保养。

需要专业知识: 对于 GC-MS 的操作和数据解释需要一定的专业知识,这使得该方法在一些实验室中的推广可能受到限制。

样品预处理时间较长: 与单一气相色谱法相比,GC-MS 的样品准备和分析时间相对较长,尤其是在处理大样本量时。

2.3 液相色谱-质谱联用法(LC-MS)

液相色谱-质谱联用法(Liquid Chromatography-Mass Spectrometry, LC-MS)是一种高效、高灵敏度的分析技术,广泛应用于中药材中农药残留的检测。LC-MS 结合了液相色谱的优越分离能力和质谱的高灵敏度,可用于分析和鉴定中药材中的各种农药成分。

2.3.1 原理与步骤

样品准备: 中药材样品经过适当的提取和净化,获得含有农药残留的样品溶液。

液相色谱分离: 样品通过液相色谱柱进行分离,不同农药成分由于在固定相和流动相中的亲和性差异而分离。

质谱分析: 液相色谱分离后的样品进入质谱,通过电离和质谱分析,得到含有各种农药成分的质谱图谱。

数据分析: 利用质谱图谱进行数据分析,确定样品中农药的种类、相对含量等信息。

图5、6 LC-MS 技术对不同农药成分在中药材样品中的检测结果

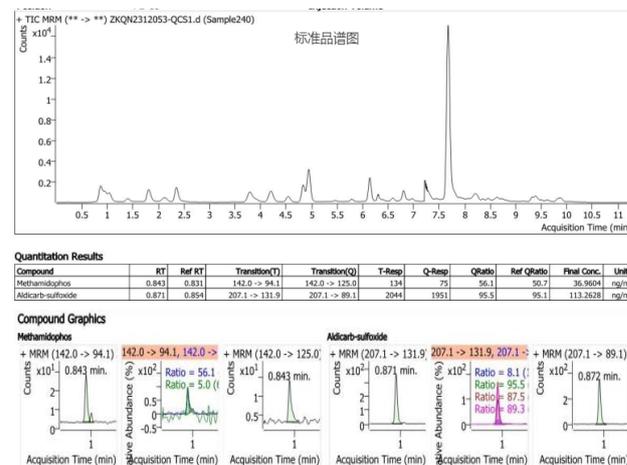
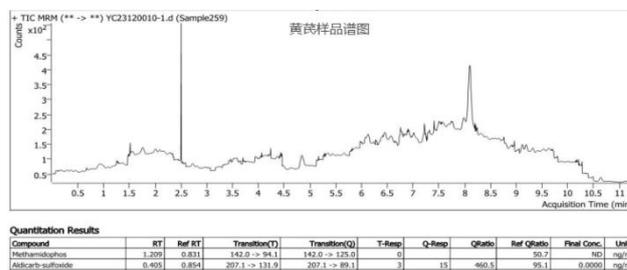


图5 LC-MS 技术对不同农药成分在中药材样品中的检测结果



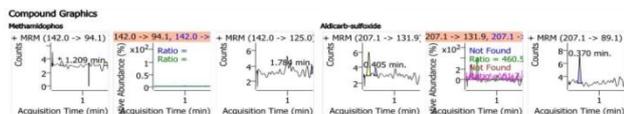


图 6 LC-MS 技术对不同农药成分在中药材样品中的检测结果

2.3.2 特点

高分辨率和选择性: LC-MS 结合了液相色谱的高分辨率和质谱的选择性,可有效分离和鉴定药物及其代谢产物。

广谱性: 适用于各种化合物,包括极性、非极性、大分子等,使其成为药物分析中的通用工具。

灵敏度和准确性: 具有高灵敏度,能够检测低浓度的化合物,同时可提供准确的质谱数据,有助于精确的结构确认。

多样的离子化技术: 可通过不同的离子化技术,如电喷雾(ESI)和化学电离(CI),适应不同类型的分子结构。

2.3.3 优点与局限性

LC-MS 具有优越的分离能力和高灵敏度,能够有效地检测和分析中药材中微量的农药残留。对于不同极性和相对分子量较大的农药成分,LC-MS 能够提供更好的分离和鉴定效果,并能够同时检测和鉴定样品中的多种农药成分,为全面检测提供了可能。但 LC-MS 设备价格较高,需要专业的维护和操作。对于一些样品,特别是复杂的中药材提取,需要较为繁琐的前处理步骤,操作人员需要具备一定的分析和数据解释的技能。

3 中药材中农药残留检测发展趋势

3.1 多技术融合

未来中药材农残检测将更多地采用多技术融合的策略。结合液相色谱、质谱、气相色谱等多种分析技术,形成综合分析体系,以提高检测的准确性和全面性。多技术的融合将使得对不同性质、不同极性的农药更全面、更高效地进行检测。

多技术融合的发展趋势包括以下方面:

液相色谱-质谱联用(LC-MS)和气相色谱-质谱联用(GC-MS): LC-MS 和 GC-MS 结合了色谱分离和质谱检测,能够同时分析并鉴定不同极性和挥发性农药,提高了检测的全面性和准确性。

光谱技术的整合: 紫外-可见光谱(UV-Vis)、红外光谱(IR)等光谱技术可以用于快速筛查样品,结合传统的色谱-质谱技术,提高初步鉴定的效率和准确性。

生物传感器技术: 利用生物传感器,如酶联免疫吸附法(ELISA)等,结合分子生物学技术,可以对农药残留进行高灵敏度的筛查,快速确定样品中是否存在农药残留。

多技术融合的发展使得农药残留检测更加全面、快速和准确。综合应用多种技术手段可以弥补单一技术的局限性,提高对中药材中农药残留的检测和监测能力,保障中药材的质量安全。

3.2 高通量检测

高通量检测是通过自动化和并行处理技术,能够迅速处理大量样品,提高检测效率。高通量检测系统可以同时处理多个样品,减少手工操作,降低人为误差,提高检测的一致性和可靠性。在高通量检测中,自动化设备、机器学习和数据处理算法的应用变得尤为关键。自动化设备如样品预处理系统、液体处理系统和检测仪器能够大幅度提高检测速度,而机器学习和数据处理算法则有助于从庞大的数据中提取有关农残残留的信息,提高检测的准确性和灵敏度。

通过高通量检测,实验室可以更快地完成大规模样品的分析,适应农产品市场的需求,这种技术的应用有助于及时发现潜在的安全隐患,保障中药材的质量与安全。

3.3 大数据与人工智能

大数据与人工智能(AI)的整合是中药材农残检测领域的前沿趋势。大数据技术可以处理庞大而复杂的检测数据,而人工智能则能够通过学习算法实现智能化的数据分析和决策,为中药材农残检测提供更为精确和高效的解决方案。

首先,大数据技术能够收集、存储和管理来自多个检测方法的庞大数据库,包括色谱-质谱数据、光谱数据等,这些数据可以用于建立全面的农药残留数据库,为农残检测提供更加全面的背景信息。其次,人工智能通过机器学习算法可以对大数据进行深度学习,从而提高检测的准确性和效率。模型可以学习不同农药的特征,识别潜在的农药残留,甚至预测可能存在的问题,这有助于快速而准确地判定样品的质量与安全性。最后,人工智能还能够优化检测流程,提高设备的利用率和效益。通过自动化和智能化的检测系统,可以减少人工操作,缩短检测周期,提高实验室的整体效能。

4 结束语

中药材中农药残留的检测是中药质量控制的重要环节,关系到患者用药的安全。各种先进的检测技术不断发展和应用,为中药材中农药残留的检测提供了更多的选择。未来,随着技术的不断进步和创新,中药材中农药残留的检测方法将更加准确、快速、全面,为中药产业的健康发展提供坚实的技术支持。

[参考文献]

- [1]季申. 中药材中农药残留检测方法研究的进展与展望[J]. 中国药学杂志,2010,45(17):1287-1294.
- [2]齐寅. 中药材农药残留量检测方法的研究进展[J]. 当代医药论丛,2011,9(7):184-184.
- [3]王志刚,费荣杰. 有机磷农药检测方法研究及进展[J]. 化学试剂,2023,45(3):141-147.
- [4]柴连周,郭妮,董寿堂,等. 中药材中农残检测方法探究[J]. 云南化工,2019,46(10):92-93.

作者简介: 邹小玲(1988.4—),女,汉族,安徽省宣城市,本科,执业中药师,研究方向:中药材检测。