

食品中重金属污染物的多元分析和定量检测研究

杨静贤

邯郸市食品药品检验中心 河北 邯郸 056004

摘要：本文聚焦于食品中重金属污染物的多元分析和定量检测研究。通过主成分分析、因子分析等多元统计技术，深入剖析食品中重金属污染物的分布特征和相互关联。同时，结合优化的定量检测方法，如原子吸收光谱法、电感耦合等离子体质谱法等现代检测技术，实现对食品中重金属污染物的精准测定。研究成果不仅提升了食品安全监测的准确性和效率，还为食品安全风险评估、污染源追踪及监管措施制定提供科学依据。

关键词：食品；重金属污染物；研究

1 重金属污染物的概述

重金属污染物是指那些密度大于 5g/cm^3 的金属元素及其化合物，在环境中积累并达到一定浓度时，会对生态系统和人类健康造成严重危害的物质。这些重金属包括但不限于铅、汞、镉、铬、砷等。重金属污染物主要来源于工业排放、农药使用、城市污水以及固体废弃物的不当处理等。它们不易被生物降解，能在食物链中逐级累积，最终进入人体。一旦摄入过量，重金属会对人体的神经系统、消化系统、血液系统等造成损害，甚至引发癌症。重金属污染具有隐蔽性、长期性和不可逆性等特点。它们可能以离子态或化合物形态存在于土壤、水体和大气中，难以被直接观察和检测，重金属污染一旦形成，往往需要很长时间才能恢复，甚至在某些情况下根本无法逆转。

2 食品检验检测现状及存在问题分析

2.1 现代化食品检验检测技术水平有待提高

当前，食品检验检测技术水平在一定程度上仍存在不足。尽管随着科技的进步，新型检测技术如免疫分析、生物传感器、高通量测序等逐步应用于食品安全检测领域，但在实际应用中，这些技术的普及程度和应用效果仍有待提高^[1]。特别是在一些偏远地区或经济欠发达地区，由于资金、设备和技术人才的限制，食品检验检测技术的现代化水平相对较低，导致检测结果的准确性和可靠性受到影响，部分检验检测机构在技术创新和研发方面的投入不足，缺乏先进的检测技术和方法，难以满足日益增长的食品安全检测需求。

2.2 客观环境影响

在食品检验检测过程中，客观环境对检测结果的影响不容忽视。环境因素具有不确定性和动态变化的特点，如温度、湿度、光照等条件的变化都可能对检测结果产生干扰。特别是在进行微生物检测时，环境条件的

合规性对检测结果的准确性至关重要，在实际操作中，由于检验环境的控制不当或隔离措施未落实，往往会导致检测结果出现偏差。检验过程中的预处理环节也是影响检测结果的重要因素，如果预处理不当，可能会破坏样品的稳定性，从而影响检测结果的准确性。

3 食品中重金属污染物的多元分析方法及现代检测技术

3.1 多元分析的基本概念

多元分析作为数理统计的重要分支，专注于对多个变量同时进行统计分析。在食品科学领域，尤其是针对重金属污染物的研究中，多元分析发挥着关键作用。传统单变量分析难以全面剖析食品中重金属污染物的复杂特性与相互关联，而多元分析通过综合考量多个变量间的关系，能提供更全面、精准的信息。其主要方法涵盖聚类分析、主成分分析（PCA）、因子分析（FA）等。聚类分析可对多个样本或指标进行定量分类，有助于辨别不同食品中重金属污染物的相似与差异之处。主成分分析和因子分析则更侧重于数据降维和潜在结构的揭示，可简化复杂数据，提取关键信息^[2]。

3.2 现代检测技术

在食品中重金属污染物的检测领域，现代检测技术如原子吸收光谱法（AAS）、电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）和电感耦合等离子体发射光谱法（ICP）等，以其高灵敏度、高选择性和准确性，成为研究人员和检测机构的首选。

3.2.1 原子吸收光谱法（AAS）

原子吸收光谱法是一种基于气态基态原子外层电子对紫外光、可见光范围、相对应原子共振辐射线吸收强度来定量被测元素含量的分析方法。这种方法用于测量特定气态原子对光辐射的吸收。该法具有灵敏度高、选择性好、分析速度快和应用范围广等优点。在食品重金

属检测中，AAS常用于测定铅、镉、汞等元素的含量，为食品安全风险评估提供可靠数据。

3.2.2 电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）

电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）是一种高灵敏度的分析技术，结合了电感耦合等离子体的高温电离特性和质谱仪的快速扫描优势。该方法能够同时检测多种元素且检测限非常低，被广泛应用于痕量元素分析。在食品重金属检测中，ICP-MS可精确测定包括铅、镉、汞、铬、砷等多种重金属元素，为污染源溯源和监管措施制定提供科学依据。这一先进技术的应用不仅有助于确保食品安全和环境保护，也为保障人民健康和生态平衡做出重要贡献，具有极大的社会意义和推广价值。

3.3 多元分析方法与现代检测技术的深度融合

多元分析方法与现代检测技术的结合，为食品中重金属污染物的检测领域带来了革命性的进展，提供了更为全面、精确且高效的手段。这一组合不仅深化了我们对食品中重金属污染物分布特征和关联性的理解，还极大地推动食品安全风险评估、污染源追踪以及监管措施的科学制定。它们能够从大量复杂的检测数据中提取关键信息，深入解析食品中重金属污染物的分布特征，揭示各污染物之间的关联性以及它们与潜在污染源和影响因素之间的关系。这不仅有助于我们更准确地把握食品中重金属污染物的整体状况，还为我们制定针对性的食品安全策略和措施提供了有力的支持。同时，现代检测技术如原子吸收光谱法、电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）和电感耦合等离子体发射光谱法等，为食品中重金属污染物的准确测定提供了强大的技术保障。这些技术具有高度的灵敏度和准确性，能够实现对食品中痕量重金属污染物的快速、准确检测。它们的应用不仅提高食品安全监测的精度和效率，还为食品安全风险评估、污染源追踪以及监管措施的科学制定提供可靠的数据支持。这种多元分析方法与现代检测技术的深度融合，不仅显著提高了检测的准确性和灵敏度，还大大缩短检测周期，降低检测成本。它使得食品安全监测工作更加高效、便捷和可靠，为保障食品安全、维护公众健康做出重要贡献。

4 食品中重金属污染物定量检测方法的优化

4.1 样品前处理方法优化

在食品中重金属污染物的定量检测过程中，样品前处理是至关重要的一步。前处理方法的优劣直接影响到后续检测的准确性和灵敏度，优化样品前处理方法对于提高重金属检测的准确性具有重要意义。传统的样品前处理方法，如消解、萃取等，虽然在一定程度上能够满

足检测需求，但往往存在操作繁琐、耗时较长、试剂消耗大等问题。针对这些问题，近年来研究者们不断探索新的前处理方法，如微波消解、超声波萃取、固相萃取等。这些方法具有操作简便、耗时短、试剂消耗少等优点，能够显著提高样品前处理的效率和质量。在微波消解方法中，通过微波加热使样品迅速升温并达到消解的目的，有效缩短消解时间，同时减少试剂的使用量。超声波萃取则利用超声波的空化效应和振动效应，使样品中的重金属污染物更容易被萃取出来，提高萃取效率。固相萃取则是一种选择性萃取方法，通过选择合适的萃取剂，可以实现对目标重金属污染物的有效富集和分离。除了上述方法外，还有一些新型的前处理技术正在不断涌现，如超临界流体萃取、膜分离技术等。这些新技术在重金属污染物的提取、富集和分离方面展现出独特的优势，为食品中重金属污染物的定量检测提供了更多的选择^[3]。在优化样品前处理方法时，还需要注意以下几点：一是要根据样品的特性和检测需求选择合适的前处理方法；二是要严格控制前处理过程中的操作条件，如温度、时间、试剂用量等，以确保前处理结果的稳定性和可靠性；三是要对前处理后的样品进行充分的洗涤和干燥，以避免残留物对后续检测的影响。

4.2 定量检测方法的性能评估

定量检测方法的性能评估是确保检测结果准确性和可靠性的重要手段。在食品中重金属污染物的定量检测中，常用的性能评估指标包括灵敏度、特异性、准确性、精密度和检测限等。灵敏度是指检测方法对目标重金属污染物的响应程度，即单位浓度变化所引起的检测信号变化量。特异性则是指检测方法对目标重金属污染物的选择性识别能力，即能否准确区分目标污染物与其他干扰物质。准确性是指检测结果与真实值之间的接近程度，是评价检测方法好坏的重要指标。精密度则是指多次重复检测结果的稳定性和一致性，反映了检测方法的稳定性和可靠性。检测限则是指检测方法能够检测到的最低浓度，是评价检测方法灵敏度的关键指标。在性能评估过程中，需要采用标准物质或已知浓度的样品进行验证，通过比较检测结果与真实值之间的差异，来评估检测方法的准确性和可靠性，还需要对检测方法的灵敏度和特异性进行验证，以确保检测方法能够准确识别目标重金属污染物并排除其他干扰物质的影响。还需要对检测方法的精密度和检测限进行验证，以确保检测方法在多次重复检测中能够保持稳定的检测结果，并能够检测到较低浓度的重金属污染物。

4.3 实际食品样品检测应用

将优化后的定量检测方法应用于实际食品样品的检测中,是验证其准确性和可靠性的最终手段。在实际检测过程中,需要注意几点:(1)是要根据样品的特性和检测需求选择合适的检测方法。不同的食品样品可能具有不同的基质和干扰物质,需要采用不同的检测方法进行处理和分析。(2)是要严格控制检测过程中的操作条件,如仪器参数、试剂用量等,以确保检测结果的稳定性和可靠性。还需要对检测仪器进行定期的维护和校准,以确保其准确性和灵敏度。(3)是要对检测结果进行充分的分析和解释。在实际检测中,可能会遇到一些异常情况或干扰因素,需要对检测结果进行仔细的分析和解释,以排除干扰因素的影响,并得出准确的结论。

5 食品中重金属污染物检验检测措施

5.1 优化检测技术方法,保障检测结果准确

在食品中重金属污染物的检验检测过程中,优化检测技术方法是确保检测结果准确性的关键。传统的检测方法可能存在灵敏度不足、操作繁琐、耗时较长等问题,难以适应现代食品安全监管的需求。因此需要不断探索和应用新的检测技术,如光谱分析、电化学分析、生物传感器等,以提高检测的准确性和灵敏度^[4]。针对不同种类的食品和不同形态的重金属污染物,需要选择合适的检测方法,如针对固体食品可以采用X射线荧光光谱法,而针对液体食品则可以选择电感耦合等离子体质谱法等。

5.2 搭建信息化平台,提高食品检验检测效率

为了提高食品中重金属污染物的检验检测效率,需要搭建信息化平台,实现检测数据的实时采集、存储、分析和共享。通过信息化平台,可以将检测过程中的各个环节进行数字化管理,从而提高检测工作的自动化程度和效率。信息化平台还可以实现检测数据的实时上传和共享,方便监管部门和消费者随时了解食品中重金属污染物的含量情况。还可以利用大数据和人工智能技

术,对检测数据进行深度挖掘和分析,发现潜在的食品安全问题和趋势,为食品安全监管提供科学依据。

5.3 提高食品检验师的职业素养

食品检验师是食品中重金属污染物检验检测工作的直接执行者,他们的职业素养和专业技能直接影响到检测结果的准确性和可靠性。首先,需要加强对食品检验师的专业技能培训,使他们熟练掌握各种检测方法和仪器的操作技巧,提高检测结果的准确性和灵敏度。其次,还需要加强对食品检验师的职业道德教育,培养他们的责任感和敬业精神,确保他们在检测过程中始终保持客观、公正、准确的态度。还可以通过举办培训班、研讨会等活动,促进食品检验师之间的交流和学习,提高他们的职业素养和综合能力。

结束语

食品中重金属污染物的多元分析和定量检测研究取得了显著进展。未来,随着技术的不断创新和方法的持续优化,将能够更精准地评估食品安全风险,更有效地监控和管理食品中的重金属污染物,为保障公众健康和维护食品安全贡献力量。

参考文献

- [1]万莉.食品中重金属污染物和常用的检验检测措施[J].现代食品.2023,29(10).DOI:10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2023.10.054.
- [2]董刘敏,薛庆海,胡娴凤,等.食品中重金属污染物的检测方法研究[J].现代食品.2023,29(20).DOI:10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2023.20.020.
- [3]沈佳.食品中常见的重金属污染及检测技术的研究[J].食品界.2022,(7).99-101.DOI:10.3969/j.issn.2095-638X.2022.07.031.
- [4]唐月,马亚飞.食品中重金属元素检测方法研究进展[J].食品安全导刊,2019(15):99+102.