

食品接触材料迁移量检测的 GC-MS 方法验证与不确定度评定

宋 翠

西部第三方检测集团（陕西）有限公司 陕西西安

【摘要】食品接触材料的迁移量检测是保障食品安全的重要手段。本文研究了基于气相色谱-质谱联用（GC-MS）技术的迁移量检测方法，并对该方法进行了验证与不确定度评定。通过对不同类型食品接触材料的迁移物质进行提取与分析，验证了 GC-MS 在定性、定量分析中的准确性与稳定性。采用不确定度评定方法分析了测试过程中的各类误差来源，为食品接触材料迁移量检测提供了可靠的技术支持和理论依据。研究结果表明，GC-MS 方法不仅能够高效检测迁移物质，还能提供精确的定量数据。

【关键词】食品接触材料；迁移量检测；GC-MS；方法验证；不确定度评定

【收稿日期】2025 年 8 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 9 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.sdr.20250221

Validation and uncertainty assessment of GC-MS method for migration of food contact materials

Cui Song

Western third party testing group (Shaanxi) Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi

【Abstract】 Migration quantification of food contact materials serves as a critical measure for ensuring food safety. This study investigates a migration detection method utilizing gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), with comprehensive validation and uncertainty assessment conducted. Through extraction and analysis of migrating substances from various food contact materials, the method's accuracy and stability in both qualitative and quantitative analysis were validated. The uncertainty evaluation methodology was applied to identify error sources during testing, providing reliable technical support and theoretical foundation for migration quantification. Results demonstrate that GC-MS not only enables efficient detection of migrating substances but also delivers precise quantitative data.

【Keywords】 Food contact materials; Migration quantification; GC-MS; Method validation; Uncertainty assessment

引言

食品接触材料的安全性直接关系到消费者的健康，迁移物质的检测是食品安全监控的重要组成部分。气相色谱-质谱联用（GC-MS）因其高灵敏度、良好的分辨率及复杂样品的分析能力，在迁移量检测中得到了广泛应用。检测结果的准确性与可靠性受多种因素影响，如仪器精度、操作条件及样品处理等。对 GC-MS 方法的验证与不确定度评定，能够有效揭示分析过程中潜在的误差来源，从而提高测试结果的可信度和一致性。

1 食品接触材料迁移量检测中的主要问题与挑战

食品接触材料在使用过程中，可能会将其中的有害物质迁移到食品中，影响消费者的健康。准确

检测食品接触材料的迁移量成为保障食品安全的重要环节。当前在迁移量检测过程中，仍然面临多种问题与挑战。首先，食品接触材料的种类繁多，不同类型的材料（如塑料、金属、纸类材料等）可能会释放不同种类的化学物质，其迁移特性也各不相同，这使得迁移量检测的方法需要具备高度的通用性和灵活性^[1]。对不同材料的迁移特性进行统一检测，尤其是在复杂食品环境中，如何准确模拟迁移过程，以保证实验结果的可靠性和一致性，成为了一个亟待解决的难题。

另外，迁移量检测方法的选择也面临一定挑战。传统的迁移物质检测方法通常需要较长的分析周期和较高的操作复杂度。在此背景下，气相色谱-质谱

联用 (GC-MS) 作为一种高灵敏度的分析技术, 逐渐被应用于食品接触材料的迁移量检测中。然而, GC-MS 方法在实际应用中依然面临着一些技术问题, 例如样品前处理的复杂性和迁移物质提取的效率。由于食品接触材料的复杂性, 特别是在多成分迁移物质的检测中, 样品的提取和分离往往是关键环节, 操作不当可能导致分析结果不准确。此外, 由于不同材料的迁移物质具有不同的挥发性, GC-MS 的分析精度和灵敏度可能受到影响, 导致部分迁移物质无法被完全检测到。

在实际检测过程中, 还需要考虑测量的不确定度问题。迁移量检测过程中涉及到多个环节, 包括样品准备、迁移实验、仪器分析等, 每个环节都有可能引入误差。如何准确评估这些误差, 并对检测结果进行合理的校准和修正, 是确保检测结果准确性和可靠性的另一个重要挑战。特别是在进行不确定度评定时, 需要综合考虑仪器误差、操作误差、样品处理误差等多个因素, 这对于提高迁移量检测的精确度至关重要^[2]。因此, 在实际操作中, 如何降低这些误差源, 优化检测流程, 使 GC-MS 技术在食品接触材料的迁移量检测中更为高效和精确, 是亟待解决的关键问题。

2 基于 GC-MS 技术的迁移量检测方法设计与验证过程

基于 GC-MS 技术的迁移量检测方法设计, 首先要考虑如何有效地提取食品接触材料中的迁移物质。食品接触材料中的化学成分种类繁多, 迁移物质可能涵盖了增塑剂、稳定剂、抗氧化剂等多种添加剂, 而这些物质的极性、挥发性和化学结构各异, 因此在选择提取溶剂和提取方式时需进行细致的优化^[3]。常见的提取方法如超声波辅助提取和固相微萃取等, 都需要根据材料特性与迁移物质的特性进行调整。提取方法的选择直接影响到迁移物质的回收率和分析灵敏度。因此, 设计 GC-MS 检测方法时, 确保提取步骤的高效性和高选择性是关键。

在 GC-MS 检测过程中, 气相色谱部分用于分离复杂样品中的各类化合物, 而质谱部分则用于对分离后的物质进行定性和定量分析。为了提高检测的精确度, 需要对仪器的条件进行严格优化, 包括色谱柱的选择、载气流量、升温程序等。迁移物质的挥发性和极性差异, 使得不同的分析物质在色谱柱上

的行为有所不同, 因此对于迁移物质的分离效果至关重要。同时, 质谱分析需要依据标准物质或已知迁移物质的质谱库进行匹配, 从而确保定性分析的准确性。定量分析则依赖于建立可靠的标准曲线, 在检测样品中的迁移物质浓度时, 确保方法的线性范围和检测下限满足要求。

为了验证 GC-MS 方法的可靠性, 需要进行一系列的验证工作, 包括准确度、精密度、回收率等方面的评估。准确度验证主要通过与已知标准物质的对比, 确保方法可以准确测定迁移物质的种类和浓度。精密度评估则通过重复实验来检测方法的稳定性和一致性, 确保不同批次的样品测定结果具有较高的可重复性。回收率试验用于验证样品处理过程中的损失情况, 以确保提取和分析过程中不会出现明显的误差^[4]。对于 GC-MS 方法的不确定度评定同样至关重要, 通过对各个环节的误差进行定量评估, 确保检测结果的可信度和可比性。这一系列的验证过程确保了 GC-MS 方法在食品接触材料迁移量检测中的可行性和精确性, 为后续的实际应用提供了强有力的技术支持。

3 不确定度评定在迁移量检测中的应用与影响分析

在食品接触材料迁移量检测过程中, 不确定度评定作为一种关键的质量控制手段, 能有效评估分析结果的可靠性和准确性。迁移量检测包含多个环节, 从样品前处理到迁移实验, 再到 GC-MS 分析, 每个环节都有可能引入误差。对这些误差进行全面评估和量化, 能够帮助分析人员识别潜在的风险, 并优化检测流程。通过不确定度评定, 可以深入了解不同因素对最终检测结果的影响程度, 确保分析结果具备较高的可信度^[5]。对于 GC-MS 方法而言, 影响不确定度的因素包括样品的提取过程、仪器校准、检测灵敏度及操作人员的技术水平等。

不确定度评定的关键在于全面分析各个环节中的误差来源。对于食品接触材料的迁移量检测, 样品的准备和前处理是影响结果精度的重要因素之一。不同材料的迁移物质可能存在较大差异, 提取溶剂的选择、提取时间和温度等操作条件, 都会直接影响迁移物质的回收率与定量结果。在进行迁移实验时, 模拟环境的设定以及迁移物质的释放速度也会影响最终检测结果的稳定性。GC-MS 分析过程中,

色谱条件的优化、质谱库的准确性、仪器的稳定性等因素,都会对不确定度评定产生重要影响。全面评估这些环节的误差,对于准确界定检测结果的不确定度范围至关重要。

对不确定度的量化通常采用加权平均法,将各个误差来源按其对总结果的贡献度进行综合分析。这一过程中,实验数据的标准偏差、重复性、操作误差等都会作为关键参数进行计算。重复性较差可能表明样品处理过程中存在系统性误差,或 GC-MS 分析过程中的温度波动、流量变化等影响了分析的稳定性。通过统计分析这些因素,可以得出一个综合的不确定度范围,从而为迁移量检测的准确性提供一个量化的评估标准^[6]。这一过程不仅提高了实验室的检测能力,也为食品安全监管部门提供了更为精准的技术依据,确保食品接触材料的安全性得到有效保障。

4 GC-MS 方法在食品接触材料迁移量检测中的实际应用效果

GC-MS 方法在食品接触材料迁移量检测中展现了显著的应用效果,尤其是在处理复杂样品和高灵敏度要求方面。由于食品接触材料的种类繁多,其中可能包含的迁移物质成分复杂且多样,GC-MS 技术凭借其高分辨率、高灵敏度的特点,可以有效地分离和识别出样品中微量的有害物质。通过气相色谱与质谱的联用,GC-MS 能够提供精确的定性分析和定量测定,使得食品接触材料中的潜在迁移物质得以高效、全面地检测^[7]。例如,对于塑料和金属材料中常见的增塑剂、稳定剂等有害物质,GC-MS 能够在较低的检测限下进行准确测量,确保食品接触材料的安全性符合标准要求。

在实际应用中,GC-MS 方法能够提供较强的灵活性,适应不同类型食品接触材料的检测需求。对于不同的迁移物质,GC-MS 不仅能够进行有效的分离分析,还能对物质的质量进行精准鉴定,避免了其他传统检测方法可能出现的交叉干扰问题。对于一些挥发性较强的物质,如某些有机溶剂、增塑剂等,GC-MS 表现出了独特的优势。通过对色谱条件的优化,结合质谱分析中的质谱库匹配,GC-MS 能够实现高效的定性定量分析,从而确保迁移物质的准确检测。GC-MS 还能够检测到其他方法难以识别的低浓度物质,对于确保食品接触材料的长期安全

性具有重要意义。

尽管 GC-MS 在食品接触材料迁移量检测中取得了显著成效,但在实际应用中仍面临一些挑战。操作复杂性是其中之一,GC-MS 的应用要求较高的技术操作水平,尤其是在样品前处理、仪器校准和数据分析等方面,需要较为专业的人员进行操作。此外,GC-MS 的设备成本较高,对实验室的设备要求较为严格,可能不适用于所有规模的检测机构^[8]。在实际应用中,检测实验室需要不断优化操作流程,提高仪器的稳定性和灵敏度,以便更好地应对食品接触材料中迁移量检测的需求。尽管如此,GC-MS 技术的高效性和可靠性使其在食品安全领域的应用前景仍然非常广阔。

5 结语

GC-MS 技术在食品接触材料迁移量检测中的应用已展示出显著的优势。其高灵敏度和高分辨率能够精确检测出复杂样品中的低浓度迁移物质,确保食品安全的同时,避免了其他方法可能出现的误差与干扰。尽管该技术在操作过程中要求较高的技术水平,并且设备成本较高,但其在食品安全领域的重要性不言而喻。随着技术的不断优化和检测流程的完善,GC-MS 方法在迁移量检测中的应用将更加广泛。未来,随着检测需求的不断增长和技术的进一步发展,GC-MS 将在确保食品接触材料安全方面发挥更加关键的作用,为消费者提供更为安全、可靠的食物环境。

参考文献

- [1] 郑征,夏春梅,梅其良,等. 基于栅元嵌套网络的停堆剂量率方法初步验证及应用[J/OL].强激光与粒子束,1-7.
- [2] 陈娇. 移动性技能学练方法的设计路径与实践验证[J].田径,2025,(09):55-57.
- [3] 林丽华. 气相色谱法测定硬脂酸含量的方法学验证[J].煤炭与化工,2025,48(08):155-160.
- [4] 李丹,刘艇飞. “食品接触材料安全与检测”专题序言[J].包装工程,2025,46(15):13.
- [5] 任照芳,谭慷蔚,丘尽花,等. 植物纤维在食品接触用塑料材料中的应用及合规管理[J].包装工程,2025,46(15): 100-109.
- [6] 张灿阳,胡颖,谢文佳,等. 我国食品接触材料微生物检验

标准现状分析[J].食品安全质量检测学报,2025,16(17):266-272.

- [7] 赵梓怡,陈瑞康. 三聚氰胺在涉水产品中浸泡法迁移量的检测方法[J].山西化工,2025,45(06):55-57+99.
- [8] 黄鑫,张程程,王颖,等. 食品接触材料中微塑料释放影响因素研究进展[J].现代食品,2025,(12):217-219.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS