

食品中微塑料污染的检测与分析

王亦菲 于舒雯 李莹欣 王卓 魏东*
临沂大学生命科学学院 山东 临沂 276000

摘要: 随着塑料制品的广泛使用和不当处理,微塑料污染已成为全球性的环境问题。微塑料,指直径小于5毫米的塑料颗粒,因其在环境中的积累和对生态系统及人类健康的潜在威胁而备受关注。本文综述了食品中微塑料污染的现状、来源、分布以及检测技术,分析了微塑料对食品安全和人类健康的潜在影响,并探讨了可能的管理和控制策略。研究表明,微塑料通过食物链进入人体,可能影响消化、神经、呼吸、生殖和心血管系统,长期暴露还可能增加慢性疾病风险。鉴于微塑料污染的全球性质,国际合作对于有效管理至关重要。本文旨在为未来的研究方向提供指导,并强调解决这一全球性问题的重要性。

关键词: 微塑料污染; 食品安全; 检测技术; 环境影响; 风险评估

1 引言

塑料自20世纪问世以来,以其卓越的耐用性、轻便性及经济性,在众多领域内得到了广泛应用,被誉为该世纪最伟大的发明之一。然而,随着塑料制品的广泛使用及其废弃后不当处理,塑料污染已演变成一个全球性的环境危机。在众多塑料污染问题中,微塑料(Microplastics),即直径小于5毫米的塑料颗粒,因其微小的尺寸、广泛的分布以及难以降解的特性,在环境中积累,并通过食物链对生态系统及人类健康构成潜在威胁^[1]。

微塑料的来源广泛,包括但不限于大型塑料垃圾的分解、合成纤维的脱落、含有微珠的化妆品以及工业生产过程中的塑料颗粒^[2]。这些微塑料通过风力、水流等自然媒介进入水体和土壤,最终通过食物链进入人体,成为全球性的新兴污染物^[3]。在食品供应链中,微塑料可能通过包装、加工、农业灌溉和水产养殖等多个环节进入食品,对消费者的健康造成影响^[4]。

尽管食品中微塑料污染的研究日益受到重视,但其检测和分析仍面临重大挑战。微塑料的尺寸小、形态多样、化学性质复杂,这些特性使得在食品样品中对其进行检测和定量变得异常困难^[5]。此外,微塑料对人体健康的影响尚未完全明确,需要更多的研究来评估其潜在风险^[3]。

鉴于此,本综述旨在提供关于食品中微塑料污染的全面概述。我们将探讨微塑料的定义、来源、分布,以及当前的检测技术和方法。同时,我们将分析微塑料污染对食品安全和人类健康的潜在影响,并讨论可能的管理和控制策略。通过对现有研究的总结和分析,我们旨在为未来的研究方向提供指导,并强调解决这一全球性问题的重要性。

2 微塑料污染的检测技术

在食品科学和环境监测领域,微塑料的准确检测对于评估污染水平和理解其生态影响至关重要。以下是几种在食品中微塑料检测中应用较为广泛的技术:

2.1 目检法

目检法是一种基于肉眼或光学显微镜观察的初步筛选方法,主要依据微塑料的透明性、颜色、形状和硬度等物理特征进行鉴别。该方法操作简便、成本低廉,适合于快速评估微塑料的总体含量,尤其适用于粒径较大的微塑料(0.3~5mm)的初步筛选。荧光染色法可作为目检法的补充,通过使用尼罗红等脂溶性荧光染料对微塑料进行染色标记,增强其在荧光显微镜下的可视性,便于观察和计数^[6]。

2.2 傅里叶变换红外光谱法(FTIR)

FTIR技术通过分析样品分子在宽光谱范围内不同红外频率下的振动模式来获取化学信息。FTIR具备非破坏性采样、前处理简单、能够准确定性聚合物等优点,被广泛用于微塑料的检测。FTIR技术包括反射、透射和衰减全反射(ATR)三种模式,根据不同样品的特性选择合适的检测模式^[7]。

2.3 拉曼光谱法

拉曼光谱是一种基于光的非弹性散射的振动光谱技术,通过分析物质与聚焦在样品上的单色光源的光之间的相互作用。拉曼光谱通常用于检测大于10 μ m的微塑料,其与FTIR技术在微塑料检测中可以相互补充,在同一样品上识别微塑料的粒径分布和聚合物组成^[8]。

2.4 扫描电子显微镜法(SEM)

SEM是一种高分辨率的显微镜技术,能够提供微塑料的形态和结构信息。SEM通常与能量色散X射线光谱

(EDS)联合使用,以提供微塑料的化学组成分析,适用于微塑料的精确识别和定量^[6,9]。

2.5 热裂解/气相色谱-质谱联用法(Py-GC-MS)

Py-GC-MS是一种分析聚合物成分的常用技术,通过在惰性环境中分解聚合材料,将生成的聚合物片段进行色谱分离,并在气相色谱柱出口串联质谱检测器进行分析。这种方法适用于鉴定聚合物及其降解产物,也有利于微塑料与添加剂的分离,从而进一步识别微塑料的添加剂成分以及吸附物^[6]。

3 食品中微塑料污染的现状与影响

3.1 食品中微塑料污染的现状

微塑料污染已成为全球性的环境问题,其在食品中的分布和影响引起了广泛关注。据研究,微塑料及其附着的有害物质可在生物体内累积,并通过食物链富集于人体,对食品安全和人类健康构成潜在威胁。目前,已在多种食品中检出微塑料,包括海产品、农产品等。乳制品中的微塑料污染可能发生在其生产过程中的不同阶段,包括消化、神经、呼吸、生殖和心血管系统。此外,据估算,我国居民通过食物摄入的微塑料量约为512~898个/天,这进一步凸显了食品中微塑料污染问题的严重性^[10]。

3.2 微塑料对食品安全的影响

微塑料的污染不仅影响食品的感官品质,还可能通过食物链传递对人体健康产生影响。微塑料的细胞毒性与颗粒粒径成反比,与微塑料浓度、接触时间成正比^[11]。在动物实验模型研究中,微塑料的毒性作用主要发生在消化、神经、呼吸、生殖和心血管系统^[11]。此外,微塑料作为其他环境毒害污染物(如重金属、多氯联苯等)的载体,将对生物产生远超微塑料本身危害效应的毒害作用。

3.3 微塑料对人类健康的潜在影响

微塑料在人体器官中的积累现象,近年来成为医学和环境科学研究的热点。这些微小的塑料颗粒通过各种途径进入人体,可能在不同器官中积累,从而对人体健康造成影响^[11]。微塑料可能在肺部、肝脏、肾脏以及心血管系统中积累,影响这些器官的正常功能。长期暴露于微塑料可能导致慢性炎症反应,增加患有某些慢性病的风险,如心血管疾病、糖尿病和某些癌症类型^[11]。此外,微塑料可能干扰人体免疫系统的正常功能,导致免疫反应异常或降低免疫效能^[11]。

3.4 微塑料污染的长期生态影响

微塑料在环境中的持久性意味着它们将长期存在于生态系统中,其长期生态效应还有待进一步研究。微塑

料对生物多样性构成了严重威胁,它们不仅会直接影响水生和陆生动物的生长和繁殖,还可能间接通过改变生态系统的物理和化学性质,影响生物群落的结构和功能^[12]。

4 结论与未来展望

食品中微塑料污染的问题已经引起了全球范围内的关注。这些微小的塑料颗粒不仅广泛存在于各种食品中,而且可能对人类健康和环境安全构成严重威胁。尽管目前在微塑料的检测技术方面取得了一定的进展,但仍然存在着许多挑战,尤其是在检测的精确度、效率和成本效益方面。因此,为了确保食品安全和公共健康,我们必须采取综合性的方法来应对微塑料污染的研究和管理。

未来的研究方向和政策制定需要从多个维度进行考虑。首先,研究应致力于开发更为精确和高效的微塑料检测技术,这可能涉及到新型光谱技术、高分辨率成像技术,以及基于人工智能的自动识别系统。这些技术的发展将极大地提高我们对微塑料污染的认识,并为污染控制提供科学依据。同时,跨学科的研究方法,如结合化学、生物学、环境科学和材料科学,将有助于更全面地理解微塑料的环境行为和生物效应。

在此基础上,深入研究微塑料的暴露途径、剂量-反应关系以及长期健康影响对于风险评估至关重要。这将为制定更有效的管理策略提供科学依据。同时,评估现有和新兴的塑料替代材料的环境影响,以确保它们不会带来新的环境问题,也是未来研究的重要方向。此外,研究微塑料在不同环境条件下的降解过程和机制,对于理解和预测其环境影响也至关重要。

提高公众对微塑料污染的认识和理解是减少污染的关键。教育和宣传活动可以帮助公众了解微塑料的来源、影响和减少使用一次性塑料的重要性。通过教育和激励措施,我们可以促进公众行为的改变,从而减少微塑料的排放。此外,鼓励消费者选择可持续的产品和包装,可以推动市场向更环保的解决方案转变。

鉴于微塑料污染的全球性质,国际合作对于有效管理至关重要。加强国际间的政策协调、信息共享和技术合作,以共同应对微塑料污染挑战,是未来工作的重要组成部分。这包括建立国际监测网络、共享最佳实践、协调研究努力,并共同制定减少微塑料排放的国际标准和协议。

推动循环经济和绿色创新是减少微塑料污染的长期解决方案。这包括开发可降解材料、提高塑料回收率、优化产品设计以减少塑料使用,以及促进绿色消费模式。通过这些措施,我们可以减少塑料废物的产生,从而减少微塑

料的排放。同时,鼓励创新和投资于绿色技术,可以促进可持续经济的发展,并减少对环境的影响。

总之,微塑料污染问题需要全球性的合作和创新解决方案。通过科学研究、技术开发、政策制定和公众参与等多个层面的努力,我们可以朝着更清洁、更安全的食品供应链迈进,并最终实现对微塑料污染的有效管理和控制。

参考文献

[1] Barnes, D.K., et al., Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2009. 364(1526): p. 1985-98.

[2] 孙梦瑶等,微塑料来源、分布及其对植物、动物和人体危害研究进展. *应用生态学报*, 2024. 35(8): 第2301-2312页.

[3] Wright, S.L. and F.J. Kelly, Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science & Technology*, 2017. 51(12): p. 6634-6647.

[4] Cox, K.D., et al., Human Consumption of Microplastics. *Environmental Science & Technology*, 2019. 53(12): p. 7068-7074.

[5] Schwabl, P., et al., Detection of Various Microplastics

in Human Stool: A Prospective Case Series. *Ann Intern Med*, 2019. 171(7): p. 453-457.

[6] 胡佳玲等,微塑料在食品中的来源及其检测技术研究进展. *分析测试学报*, 2021. 40(11): 第1672-1680页.

[7] Guo, X., et al., Recent Advances in Spectroscopic Techniques for the Analysis of Microplastics in Food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2022. 70(5): p. 1410-1422.

[8] Veerasingam, S., et al., Contributions of Fourier transform infrared spectroscopy in microplastic pollution research: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2021. 51(22): p. 2681-2743.

[9] 孙嘉鸣等,食品接触材料中微塑料检测技术研究进展. *中国口岸科学技术*, 2023. 5(6): 第30-33页.

[10] 曹霞飞,雷燕与肖剑,食品中微塑料的污染现状与健康风险. *现代食品*, 2022. 28(23): 第20-25页.

[11] 包亚博等,微塑料的人体富集及毒性机制研究进展. *环境科学*, 2024. 45(2): 第1173-1184页.

[12] 朱莹等,微塑料的环境影响行为及其在我国的分布状况. *环境科学研究*, 2019. 32(9): 第1437-1447页.