

食品接触材料中有害物质迁移量的检测与风险评估

费少姝

南京海关动植物与食品检测中心

摘要: 本文主要针对食品接触材料中的迁移量进行检测与风险评估研究。首先对食品接触材料,食品接触材料常用食品接触材料类别、食品接触材料和食品接触材料要求进行介绍;其次对有害物质迁移过程分别对物理迁移过程和化学过程进行介绍;对检测方法,检测技术进行介绍以及如何对样品进行准备,检测技术选取方法与对比研究;对评估方法进行系统介绍,食品接触材料迁移风险评估基本原则,迁移物暴露量计算模型,健康风险描述模型,不确定性与敏感性分析,风险分级与预警,特殊人群风险评价策略等。

关键词: 食品接触材料;有害物质迁移;检测方法;风险评估

一、食品接触材料概述

1.1 常见的食品接触材料类型

主要包括塑料类、金属类、玻璃类、陶瓷类、橡胶类、纸类等,塑料具有质轻、耐用、价格便宜等特点,多用于食品中的包装,例如聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)等;金属具有化学稳定性好、耐酸碱等特点。多用于食品中的容器和炊具等,例如不锈钢、铝等;玻璃具有化学稳定性好、通透性强等特点,多用于瓶罐等;陶瓷具有美观、耐热等特点,多用于餐具、炊具等;橡胶具有密封防震等特点,例如瓶盖密封圈等;纸类多用于一次性食品的包装,例如纸杯、纸盒等。

1.2 食品接触材料的使用标准

食品接触材料的使用标准是全面的,包括材料要符合国家或地区颁布的相关法规和标准、物理化学稳定性强、避免有害物质在接触食品过程中产生迁移或变性等,对于一些特殊用途的食品接触材料(如婴幼儿使用的食品接触材料、用于高温加热的食品接触材料等)还有更为严格的使用标准。食品接触材料使用标准的制定是为了保障消费者的健康权利,引导食品接触材料行业向着健康的方向发展。

二、有害物质迁移的机理

2.1 物理迁移过程

物理迁移主要包括食品接触材料中危害物的扩散、溶解、渗透等进入食品的过程。物理迁移过程受到很多因素的影响,如温度、接触时间、材料性质以及食品组成等。高温环境下,分子的热运动会更加剧烈,这有利于危害物从材料中迁移到食品中。接触时间越长,物理迁移发生的可能性越大。此外,材料的表面特性、孔隙率和食品的 pH 值、脂肪含量等也会影响物理迁移的过程。

2.2 化学迁移过程

化学迁移是指食品接触材料中因氧化、还原、水解、酯交换等化学反应,而使有害物质迁移到食品中的行为,不仅与材料的化学组成有关,还与食品成分、pH、温度、接触时间等条件有关。例如,一些塑料添加剂中的增塑剂,可能由于高温、酸性等原因与食品中的物质发生反应,导致有害物质迁移出来。此外,食品接触材料中的添加剂、着色剂、涂料等也可能通过化学迁移的方式对人体健康造成潜在威胁。

三、检测方法与技术

3.1 样品前处理技术

样品前处理技术是食品接触材料中有害物质迁移量检测的关键,主要包括样品的采集、保存、制备、提取等步骤。样品采集要确保样品具有代表性,防止样品的污染和交叉污染。样品保存要考虑正确的样品保存方法和容器,防止样品的消失和有害物质的转化。样品制备要考虑依据样品性质和分析方法的要求,将样品进行适当的粉碎、混匀、均质化等操作,便于样品的提取和分析。样品提取技术是样品前处理的核心,主要有溶剂提取法、超声辅助提取法、微波辅助提取法等,要依据样品的性状、有害物质、检测方法等选择。

3.2 检测技术的比较与选择

使用检测技术要结合多方因素使用,确保检测数据的准确性。常见的检测技术有光谱法、色谱法、质谱法等。色谱法具有高效分离、灵敏度高优势,对复杂基质中的痕量有害物质的检测效果很好,也可实现对多组分的检测;质谱法具有选择性高、灵敏度高,通过对离子的质荷比进行测量,实现对有害物质的定性鉴别和定量分析;光谱法(红外光谱、紫外可见光谱等)检测速度快、无损样品,在筛检、现场检测等方面应用价值很高。检测过程中要结合检测目的、样品

情况、实验室状况等方面选用合理的检测技术,或者多种技术联用,确保检测效果。

不同的检测方法有着各自的优劣之处。色谱法分离效率高,但设备费用高,操作繁琐,样品要求苛刻。质谱法选择性和特异性都高,但设备费用高,保养费用也高,操作难度大,需要专业技术人员。光谱法操作简单、快捷,灵敏度过低,适合需要不高精度的初测筛选。对于检测方法的选择需要从实际需要出发,对于资源和条件允许的条件可以选择多种方法联用,取长补短,保证检测的全面和准确。

另外,随着科学技术的进步,一些新的检测技术不断涌现,如:有些新兴的纳米技术、生物传感器技术为食品接触材料中危害物的检测提供了新思路。这些新兴技术具有更高的检测灵敏度、更快的检测速度、更低的检测限等特点,具有广阔的应用前景。然而,新兴技术也存在着技术不够成熟、标准不够完善、成本较高等问题。因此在选择新兴检测技术时,要进行综合的评估(技术原理、性能指标、应用前景等),并结合实际情况进行选择。同时也要注意检测技术的标准化、规范化,确保检测结果的准确可比性。

四、风险评估方法

4.1 风险评估的基本原则

风险评估应遵循科学性、系统性、透明性、一致性原则。科学性原则是指在风险评估时,要使用科学的数据和模型,确保评估结果科学可靠。系统性原则是指在风险评估时,要综合评估食品接触材料中有害物质迁移的全生命过程,从原辅料到最终产品。透明性原则是指在风险评估时,要确保风险评估的过程和结果透明清晰,便于各方理解和监督。一致性原则是指在风险评估时,要确保风险评估的方法和标准前后一致,便于进行比较分析。

科学性原则就是数据来源有保障、理论模型经得起检验、能够客观反应有害物质迁移实际。系统性原则就是对于食品接触材料生产、加工、贮存、运输和使用过程中都可能出现的有害物质迁移都要进行评估,不漏掉任何重要的环节。透明性原则就是通过撰写评估报告并公开发布来实现,评估报告中应当包括评估方法、数据来源、假设前提、评估结论等。一致性原则就是评估机关在制定评估方案中使用的评估方法和标准参照国际或国内统一的标准,这样评估结果才能够可比和互认。

4.2 迁移物暴露量评估模型

构建迁移物暴露量评价模型是风险评估的要点,评价模

型应考虑多因素,根据有害物的迁移行为、食品接触材料本身的特征、消费者消费习惯等通过数学模型的设置来计算有害物迁移暴露量的结果,给出模型的适于条件、假设结果、局限性等,做到评价模型构建的要求符合评价模型的定义,适用性良好并能对评价模型更新、扩展评价模型具有很好的操作性。

迁移物暴露量模型构建应力求符合实际需求,如根据不同食品种类(酸、碱、油等)来设置迁移参数;考虑不同温度、接触时间等对迁移速率的影响。同时,结合迁移物模型应用实际,通过模拟实验室、实际应用数据对比检验模型的有效性,并且应确保迁移模型计算值与实际监测值之间的差异处于合理的范围之内。此外,模型中应包含相应的暴露量不确定性分析方法,通过蒙特卡洛等方法分析输入参数的不确定性对最终模型结果造成的影响,为决策提供科学的理论依据。

在特殊情况下,针对迁移物暴露量评估模型,还要考虑食品相关消费容器的生命周期以及与接触材料相关的因素。比如一个容器经过多次重复使用,需要考虑迁移物的多次累积;再比如一个容器是一次性的,需要在出厂前考虑储藏和运输过程中其他因素(如可见光,高湿度)引起的迁移增加量,另外,模型参数还需要进行本地化,比如食品的消费方式也需要因地制宜,以免出现文化背景差异带来的问题。而且,各种新的包装材料也会陆续出现,因此模型还需要吸收新的研究进展,不断补充关于新材料的毒理数据,以保证对各种新污染物的新认识。

4.3 健康风险表征方法

表征健康风险是将迁移物暴露量评价结果用健康风险指标表征出来,并为风险决策提供依据。一般采用定量和定性风险表征法。定量风险表征法是结合定量风险评估得到的暴露量数据以及相关的毒理数据建立风险评价模型,计算有害物质对人体健康产生的风险(包括致癌风险、非致癌风险指数等)。定性风险表征法是根据有害物质毒性、暴露频率、人群敏感度等指标对健康风险进行定性描述。在实际工作中应根据评价需要和所掌握的数据、风险评价模型等选择风险表征方法。

定量风险评估的风险值确切,有利于确定风险的大小及顺序,为有针对性地采取风险控制措施提供了定量的数据支持,存在所需资料较多、模型复杂以及对毒理资料依赖性大等缺点;定性风险评估比较容易,对风险进行简单的、初步

的判断, 对该评估方法的数据和时间没有太高要求, 但该方法结果比较粗糙, 又不能确定风险大小, 故在综合评估中往往还要求将定性与定量结合进行综合分析评估, 取长补短, 较客观反映健康风险。

不仅如此, 新的表征手段将会随着科技进步不断涌现, 比如大数据及人工智能科学技术手段, 通过对海量数据的挖掘, 发现潜在风险, 可以为风险表征提供更加丰富、深入的信息, 可以及时根据情况修正更新, 时效性更强。当然, 这些新的方法也存在数据质量问题、模型校准技术问题等, 需要在不断完善中运用。

4.4 不确定性分析与敏感性测试

不确定性分析就是通过找出风险评估中不准确和不适当的部分, 如数据不完整或不准确、模型假设不合理、参数取值不当等问题, 判断这些不确定的信息对风险评估结果的影响大小, 估计各种因素对风险结果的影响程度, 从而为决策者提供较为全面的信息。敏感性测试是在不确定性分析的基础上, 分析模型输出结果对输入参数变化的敏感程度, 找出哪些输入参数对风险结果影响最大, 从而找到风险过程的控制点, 进一步完善风险评估模型, 提高风险评估结果的准确性和可靠性。

具体而言, 不确定性分析可通过概率分布的描述与分析、蒙特卡洛模拟法等方法, 将数据的不确定性量化, 得出风险评估结果的不确定性区间。敏感性分析可通过假设不同的参数取值、观察模型结果的变化情况、绘制敏感性曲线或者采用敏感性指标, 得出不同参数值对风险评估结果的影响程度。实际工作中不确定性分析和敏感性测试应结合起来, 为风险评估提供支撑。

4.5 风险分级与预警机制

风险分层是指根据风险评估的结果将食品接触材料中致病性微生物等危害的迁移风险进行分层分类, 如划分为低风险、中风险、高风险等, 有利于监管部门、生产商、消费者等尽快界定风险程度, 采取相应措施。预警体系是指在风险分层的基础上建立及时发现并报告风险问题的预警机制, 通过划定阈值及监测频率, 当危害物迁移量超过可接受水平或出现异常波动时, 自动触发预警体系, 提醒采取应对措施, 防止蔓延和扩大。

在风险分级过程中, 需要了解的因素比较多, 如有害物质的种类、迁移量、毒性、暴露途径等参数, 通过科学的计算模型, 可以计算出每一种食品接触材料的危害等级, 为后

续的监督管理工作奠定基础。预警制度的建立, 需要依托先进的信息系统、检测技术, 进而确保数据的准确性和实时性。同时, 要加强各方的培训宣传工作, 使得各方了解风险分级、预警制度的重要性, 共同为食品安全工作做出贡献。

4.6 特殊人群风险评估策略

针对特殊人群, 如儿童、孕妇、老年人、病患人群等人群制定更精细化、个性化的风险评估策略。原因是特殊人群在生理因素、代谢特点、对有害物质的敏感性等与一般人群存在差异。评估策略包括: 首先, 采集特殊人群的生理、膳食、健康等信息, 作为风险评估参数; 其次, 有针对性地调整迁移物暴露量评估模型, 使其更加符合特殊人群迁移物暴露量水平; 最后, 结合健康风险表征结论, 分析有害物质对特殊人群的健康风险, 给出针对性的风险管控措施。

结语

在食品接触物安全检测方面, 有害物质迁移量检测与风险评估, 是保证公众健康的必然要求。现在科学技术日益发展, 我们可以有更准确与科学的检测方法对其食品接触物中存在的风险物质进行更精准的检测; 对风险评估方法进行不断更新, 使其对食物接触物对人体健康危害的评估更加科学。但是我们也要认识到食品安全问题是一个长期、持续的过程, 我们要时刻关注新科技、新材料的发展, 及时更新相关检测标准和风险评估模型。未来我们应加强各学科间合作, 不断开发新的检测方法, 更新风险评估的方法。

参考文献

- [1] 林海霞; 董清木; 曾琪; 赖莺; 林伟靖; 陈艳红; 丁华军; 沈露虹; 涂星朋; 杨子禾; 林睿. 高效液相色谱法测定塑料类食品接触材料及制品中双氯酚的迁移量[J]. 包装工程, 2024(15): 138-143.
- [2] 曹瑜; 钟泽辉; 唐聪. 食品接触材料中有害物质迁移的研究进展[J]. 包装工程, 2023(15): 112-121.
- [3] 李洁君; 沈霞; 吴长青. 食品接触材料中单体迁移机制研究[J]. 上海包装, 2024(04): 10-12.
- [4] 陈伟; 于江雪; 赵光宇; 董清木. 食品接触材料中重金属迁移的检测与控制策略[J]. 质量与市场, 2024(08): 43-45.
- [5] 余婧; 徐文洪. 食品接触材料中污染物迁移量检测方法标准进展研究[J]. 食品安全导刊, 2023(21): 182-185.