

食品科学与工程中的食品安全风险评估方法

王钰瑞

河北立诚检测科技有限公司 河北 石家庄 050035

摘要: 本文聚焦食品安全风险评估, 阐述其核心框架遵循“识别-分析-估算-表征”逻辑, 由四个核心环节构成。介绍危害识别、特征描述、暴露评估的实施方法与要点, 以及定性、定量、半定量评估方法的适用场景与优势。强调评估中质量控制贯穿全程, 涉及数据、流程和人员方面; 指出不确定性源于数据、模型和科学认知, 需用敏感性与量化分析; 说明评估结果验证通过数据、模型和结果对比实现, 旨在为食品安全管控提供可靠依据, 保障公众健康。

关键词: 食品科学与工程; 食品安全; 风险评估; 危害识别; 评估方法

引言: 在食品安全备受关注的当下, 科学准确的风险评估是保障公众健康的关键防线。食品安全风险评估作为系统性科学过程, 有着严谨的核心框架, 涵盖危害识别、特征描述、暴露评估等核心环节。同时, 为确保评估质量, 还运用定性、定量、半定量等多种技术方法, 并实施全面的质量控制、不确定性分析以及结果验证。深入探究这些内容, 有助于完善食品安全风险评估体系, 为食品安全管控筑牢坚实基础。

1 食品安全风险评估的核心框架

食品安全风险评估是一个系统、连贯的科学过程, 其核心框架遵循“识别-分析-估算-表征”的逻辑脉络, 主要由四个核心环节构成, 各环节相互关联、层层递进, 共同构成完整的风险评估体系。该框架以科学数据为基础, 以多学科技术为支撑, 确保评估结果的客观性与准确性, 其核心逻辑是先明确食品中存在的危害因素, 再分析危害的特性与暴露水平, 最终综合判断风险程度, 为后续风险管控提供依据。四个核心环节紧密衔接, 前一环节的结果直接影响后一环节的实施, 任何环节的疏漏都可能导致评估结果出现偏差, 因此需严格遵循科学、规范的实施流程^[1]。

2 食品安全风险评估的基础环节与实施方法

2.1 危害识别

危害识别是食品安全风险评估的首要环节, 旨在全面排查食品生产、加工、储存等全链条中, 可能对人体健康产生不良影响的生物性、化学性和物理性危害因素, 明确其来源与存在形式, 核心是“全面排查、精准识别”。要结合食品原料特性与加工工艺特点, 系统梳理引入危害的关键节点。(1) 主要识别方法有三种: 文献研究法, 梳理国内外相关成果及毒理学数据, 明确常见危害因素及其特性, 为现场排查提供理论支撑; 现场调研法, 聚焦食品生产全流程, 排查原料采购、加工操作等环节可

能引入的危害, 明确产生原因与存在场景; 实验室筛查法, 对食品样品针对性检测, 快速识别潜在危害因素, 验证前两者结果。(2) 实施时, 要明确危害分类界定, 生物性危害涵盖细菌、病毒等; 化学性危害包括农药残留、重金属污染等; 物理性危害有食品中的异物、放射性物质等。同时, 排除与食品本身无关的危害因素, 保证识别结果具有针对性与准确性, 为后续评估环节提供可靠依据^[2]。

2.2 危害特征描述

危害特征描述是风险评估的核心分析环节, 旨在定性或定量描述已识别危害因素的固有特性, 明确其对人体健康不良影响类型、程度及剂量-反应关系, 为暴露评估与风险表征提供数据支撑。此环节聚焦危害因素的毒理学特性, 仅分析危害本身固有属性, 不考虑实际暴露水平。(1) 主要方法有定性和定量描述法。定性描述法适用于无法获取量化数据的情况, 以文字阐述危害因素的毒性特征、作用方式及潜在健康影响, 如描述细菌毒素的中毒症状与作用机制。定量描述法通过毒理学实验获取数据, 量化危害因素毒性强度, 常用指标有每日允许摄入量(ADI)、急性参考剂量(ARfD)、基准剂量(BMD)及基准剂量下限(BMDL)等。(2) 实施时, 需依危害因素类型选合适方法: 生物性危害重点描述致病性、感染剂量等; 化学性危害重点分析毒性作用, 通过实验确定安全摄入水平; 物理性危害重点描述机械性损伤或放射性危害程度。同时, 要充分考虑危害因素的协同作用, 多种危害因素并存时, 分析其联合毒性效应, 保证描述结果全面、准确。

2.3 暴露评估

暴露评估是风险评估的关键量化环节, 旨在估算不同人群经食品摄入某种危害因素的水平, 明确暴露途径、暴露量及暴露人群分布特征, 为风险表征提供核心数据。

(1) 该环节需结合食品中危害因素含量、人群食品消费量等数据,用科学方法量化人体实际暴露水平。主要方法有确定性和概率性评估法。确定性评估法选取固定参数,如危害因素平均含量、人群平均消费量,用简单数学公式估算暴露量,操作简便、计算快捷,适用于数据有限且对精度要求不高的场景;概率性评估法构建概率分布模型,考虑参数变异性与不确定性,用统计模拟方法估算暴露量分布范围,结果更精准全面,但操作复杂,对数据量和技术要求高。(2) 其核心步骤为:确定暴露人群,明确暴露途径,收集相关数据,选择估算模型,计算暴露量。实施时,要保证数据可靠、有代表性,数据缺失时可用合理假设或替代数据,同时明确暴露量估算范围与不确定性,为后续风险表征提供参考。

3 食品安全风险评估的常用技术方法

3.1 定性评估方法

定性评估方法适用于数据有限、难以量化分析的场景,通过逻辑分析、专家判断等对食品安全风险进行定性描述,常用风险等级为高、中、低。其操作简便,无需复杂数据分析,能快速给出风险判断,常用于风险初步筛查或评估条件受限时。(1) 常用定性评估方法有风险矩阵法、专家判断法和检查表法。风险矩阵法从危害发生可能性和后果严重程度两个维度构建矩阵,划分风险等级,明确优先级;专家判断法借助相关领域专家的专业知识与经验,通过专家会诊、德尔菲法等形式整合意见,判断危害风险水平;检查表法制定详细检查清单,梳理食品生产全链条风险点并逐一排查,依据排查结果判断风险水平。(2) 定性评估方法优势在于高效便捷,能快速识别高风险环节。不过,它存在一定主观性,评估结果准确性依赖专家经验或检查清单完整性,适用于初步风险筛查,为后续定量评估指明方向^[1]。

3.2 定量评估方法

定量评估方法是食品安全风险评估中精度最高的手段,其核心是借助量化数据与数学模型,对风险水平展开精准量化分析,以具体数值呈现风险大小,更直观、准确地反映危害因素对人体健康的潜在影响。此方法依赖大量实验数据和统计分析技术,适用于对风险精度要求高且数据充足的场景。(1) 常用的定量评估方法有剂量-反应模型法、暴露量估算模型法和概率风险评估模型法。剂量-反应模型法依据毒理学实验数据,构建危害因素剂量与人体健康效应的数学模型,量化不同剂量下的风险水平;暴露量估算模型法整合食品中危害因素含量、人群消费量等数据,构建估算模型,精准计算人体实际暴露量;概率风险评估模型法结合概率分布理论,考虑

参数不确定性,运用蒙特卡洛模拟等方法,估算风险概率分布,明确风险发生可能性和严重程度。(2) 定量评估方法优势在于精准、客观,能为风险管控提供具体量化依据,但操作复杂,对数据量和技术要求高,需专业实验设备与数据分析工具,且要充分考虑数据不确定性,以保障评估结果可靠。

3.3 半定量评估方法

半定量评估方法是介于定性评估与定量评估之间的一种方法,核心是通过对风险相关参数进行分级量化,将定性描述转化为半定量的数值,兼顾评估的便捷性与精准性,适用于数据不够充足、但需要一定量化依据的场景。该方法既避免了定性评估的主观性,又降低了定量评估的技术门槛,在食品安全风险评估中应用广泛。(1) 常用的半定量评估方法包括风险指数法、评分法。风险指数法通过对危害发生的可能性、危害后果的严重程度进行分级评分,将评分结果转化为风险指数,根据风险指数的大小划分风险等级;评分法通过制定详细的评分标准,对食品生产全链条中的各风险点进行评分,汇总评分结果,判断整体风险水平。(2) 半定量评估方法的核心优势是兼顾便捷性与精准性,操作难度适中,无需大量的实验数据与复杂的模型计算,同时能够提供一定的量化依据,适用于中小型食品生产企业的风险评估或大规模的风险筛查,是定性评估与定量评估的重要补充。

4 食品安全风险评估的质量控制与不确定性分析

4.1 评估过程的质量控制方法

食品安全风险评估的质量控制贯穿危害识别、危害特征描述、暴露评估和风险表征全流程,核心目标是规范流程、保证数据可靠、减少评估偏差,主要方法有数据、流程和人员质量控制。(1) 数据质量控制是核心,要保证评估数据真实、有代表性和完整。收集数据时,优先选用实验室检测、权威研究等可靠来源的数据,避免不可靠二手数据;处理数据时,筛选、验证并校正数据,剔除异常值,合理补充缺失数据;应用数据时,依评估方法要求选参数,防止误用。(2) 流程质量控制通过制定标准化流程,明确各环节操作规范、技术要点和时间节点,保证评估规范连贯。实施前制定详细方案,明确目标、范围、方法和步骤;实施中严格按方案执行并做好记录,确保可追溯;结束后复盘流程,排查疏漏,保证科学性。(3) 人员质量控制针对评估人员,确保其具备专业能力和职业素养。评估人员要掌握多学科知识,熟悉评估方法流程,保持客观公正,避免主观影响结果,还需定期培训提升技术水平和业务能力^[4]。

4.2 评估结果的不确定性分析

任何食品安全风险评估均存在不确定性,它源于数据、模型、情形假设及现阶段科学认知程度等,影响评估结果的准确性与可靠性,故需在评估中充分识别、分析并描述。(1)不确定性主要来源有三:一是数据不确定性,由数据缺失、误差、代表性不足等导致,像食品危害因素含量数据波动、人群消费量个体差异等;二是模型不确定性,源于评估模型假设条件与实际情况偏差,如剂量-反应模型假设和人体实际反应差异、暴露量估算模型简化处理等;三是科学认知不确定性,因现阶段对危害因素毒理学特性、作用机制等认知不足,使评估存在局限。(2)不确定性分析方法主要有两种:敏感性分析通过改变评估参数取值,分析其对评估结果影响程度,识别关键参数,为数据补充和模型优化提供方向;不确定性量化分析构建概率分布模型,量化不确定性对评估结果影响范围,明确置信区间,为风险判断提供更全面依据。分析时,要明确不确定性来源与影响程度,并在评估报告中详细描述,确保结果客观合理。

4.3 评估结果的验证方法

评估结果的验证是确保评估准确性的重要环节,核心目标是通过科学方法验证评估结果的合理性与可靠性,及时发现评估过程中的偏差,对评估结果进行修正与完善。验证方法主要包括数据验证、模型验证与结果对比验证。(1)数据验证通过重新检测食品样品、补充相关数据,验证评估过程中所用数据的准确性与代表性,若发现数据存在偏差,需及时修正数据并重新进行评估;模型验证通过将评估模型的计算结果与实际检测结果、权威研究结果进行对比,验证模型的合理性与适用性,若模型存在偏差,需优化模型参数、调整模型结构;结果对比验证通过将本次评估结果与同类食品、同类危害的评估结果

进行对比,分析差异原因,验证评估结果的合理性,确保评估结果符合实际情况。(2)验证过程中,需建立完善的验证机制,明确验证标准、验证流程与验证方法,对验证过程进行详细记录,根据验证结果及时修正评估结果,确保评估结果能够为食品安全管控提供可靠的科学依据^[5]。

结束语

食品安全风险评估是一项复杂且严谨的系统工程,其核心框架、技术方法、质量控制以及不确定性分析和结果验证等环节紧密相连、相辅相成。从全面识别危害因素,到精准描述其特征,再到量化评估暴露水平,每一步都为科学表征风险奠定基础。严格的质量控制确保评估过程规范、数据可靠,有效减少偏差;深入的不确定性分析让我们清晰认识评估结果的局限;而全面的结果验证则进一步保障了评估的准确性与可靠性。未来,随着科学技术的不断进步和多学科知识的深度融合,食品安全风险评估将更加精准、高效,为保障公众“舌尖上的安全”发挥更为关键的作用。

参考文献

- [1]向纪亚.食品供应链质量管理风险因素和对策[J].现代食品,2022,28(12):82-84.
- [2]孟庆俭.食品安全标准在食品安全管理实践中的应用探讨[J].食品安全导刊,2024,(10):35-37.
- [3]苏敏.食品安全标准在食品安全管理中的应用[J].食品安全导刊,2024,(09):6-8+13.
- [4]周光宏,宋华明.食品科学学科:亦工亦农与独立学科门类[J].学位与研究生教育,2022(09):58-63.
- [5]杨新泉,江正强,杜生明等.我国食品科学学科的历史、现状和发展方向[J].中国食品学报,2020,10(05):5-13.