

海鲜食品致病菌快速检测技术研究进展与应用评价

李 岩, 李无猜*, 詹丽颖

(斯坦德检测集团股份有限公司, 青岛 266100)

摘 要: 海鲜食品因易受致病菌污染成为食品安全监管的重点, 其主要污染源涉及捕捞、加工、流通及消费多个环节。本文系统梳理了海鲜食品致病菌污染的现状及多环节成因, 并聚焦快速检测技术在海鲜食品安全保障中的重要作用。针对分子生物学技术(如 PCR、LAMP)、免疫学检测技术(如 ELISA、胶体金免疫层析)及新兴技术(如质谱分析、微流控技术)的应用特点, 全面分析其适用性及局限性, 并结合实际场景评价快速检测技术在食品安全管理中的效率和影响。研究表明, 快速检测技术可显著提升海鲜食品安全监管效率, 但其在灵敏度、成本及标准化方面仍存改进空间。为进一步推动技术应用, 本文提出了优化技术研发、推广应用模式及完善监管政策的具体建议, 旨在为海鲜食品安全监管提供科学依据, 并推动高效食品质量监控体系的构建。

关键词: 海鲜食品安全; 快速检测技术; 致病菌污染

0 引 言

海鲜食品以其丰富的营养价值和独特的口感, 深受全球消费者青睐。然而, 海洋生态环境污染和复杂的供应链环节使海鲜食品易受致病菌污染, 成为食品安全问题的重灾区。近日, 北京市市场监管局发布的“关于 2020 年食品安全监督抽检信息的公告”显示, 北京蓝海钟鼎楼食府石景山店经营的皮皮虾被检出禁用兽药孔雀石绿^[1]。此情况并非孤例, 各地水产品中孔雀石绿等禁用药物屡有检出, 暴露出水产品养殖和流通环节的监管漏洞。这些问题不仅对消费者健康构成威胁, 而且对水产品产业链的可持续发展带来严峻挑战。

为应对海鲜食品致病菌污染和药物滥用问题, 快速检测技术以其高效、便捷的特点成为食品安全领域的重要工具。相比传统培养法, 这些技术包括分子生物学检测技术(如 PCR 和 LAMP 技术)、免疫学检测技术(如 ELISA 和胶体金免疫层析)及新兴技术(如纳米传感技术、微流控技术和质谱分析)。它们在提升检测效率、缩短检测时间和提高灵敏度方面发挥了重要作用。然而, 这些技术在灵敏度、成本和标准化方面仍存局限, 亟需技术优化与推广策略的协同支持。通过梳理相关技术的发展现状与应用效果, 并针对问题提出改进建议, 有助于提升食品安全保障能力, 推动构建高效食品质量监控体系。

1 海鲜食品中主要致病菌与污染现状分析

1.1 主要致病菌种类

海鲜食品中常见的致病菌包括弧菌属(*Vibrio* spp.)、单增李

斯特菌(*Listeria monocytogenes*)、沙门氏菌(*Salmonella* spp.)和大肠杆菌(*Escherichia coli*)。弧菌属中副溶血性弧菌和霍乱弧菌是主要污染生食海鲜的病原菌, 如生蚝、生鱼片等, 其中副溶血性弧菌是急性胃肠炎的主要致病菌, 而霍乱弧菌可能导致严重的霍乱疫情, 危害公共卫生^[2]。单增李斯特菌常见于冷藏加工海鲜食品, 如烟熏三文鱼和腌制水产品, 其耐低温能力强, 可在冷藏条件下生长, 对孕妇、老年人和免疫力低下人群构成重大威胁, 可能引发败血症和脑膜炎^[3]。沙门氏菌是全球食品安全领域的常见病原菌, 通过交叉污染进入海鲜食品链, 致病能力强, 尤其在加工不当或存储温度不达标的情况下, 更易导致大规模食源性疾病^[4]。大肠杆菌作为食品卫生的指标菌, 污染通常反映了海鲜食品在生产或加工过程中卫生条件的不足, 其中某些毒株如肠出血型大肠杆菌可直接引发严重疾病^[5]。

1.2 污染途径与成因分析

海鲜食品的致病菌污染主要源于捕捞、加工和消费等多个环节。在捕捞及养殖环节, 海洋环境污染是致病菌的主要来源, 包括工业废水、生活污水的排放及养殖用水的污染。同时, 密集化养殖中水质管理不到位易导致致病菌在水体中迅速扩散。在加工与储运环节, 不规范的冷链运输和加工设备清洁不足是致病菌污染的重要途径。加工过程中, 工作人员卫生意识薄弱、生产工具交叉使用易引发二次污染, 以及运输中冷链温控失效为致病菌的繁殖提供了有利条件^[6]。在消费环节, 消费者生熟食品混放、冷藏条件不当等行为可能导致交叉污染。此外, 部分消费者偏爱生食海鲜, 如刺身、生蚝等, 这些习惯进一步增加了致病菌传播的风险。

* 通信作者: 李无猜, 中级工程师, 研究方向为食品质量与安全。E-mail: mslwucai@163.com

2 快速检测技术的研究进展

2.1 技术分类与原理概述

快速检测技术在海鲜食品致病菌检测中具有重要意义, 不仅能有效应对捕捞、加工、流通及消费环节的致病菌污染风险, 还能适应复杂的海鲜食品基质及微生物多样性。常见技术可分为分子生物学技术、免疫学检测技术和新兴技术。分子生物学技术通过检测病原菌的遗传物质实现快速识别, 如聚合酶链式反应(PCR)及其衍生技术, 已成为海鲜食品中弧菌属和沙门氏菌检测的关键手段^[7]; 环介导等温扩增(LAMP)技术则因无需昂贵设备, 适合渔港、市场等现场检测场景^[8]。此外, 下一代测序(NGS)技术以高通量、覆盖广为优势, 能分析海鲜食品中多种病原体, 为复杂污染环境的全面评估提供支持。

免疫学检测技术利用抗原与抗体的特异性结合广泛应用于海鲜食品安全监测。酶联免疫吸附法(ELISA)适用于加工企业的大规模筛查, 能快速识别污染样本^[9]; 胶体金免疫层析技术因操作便捷常被用于现场初筛, 而免疫荧光技术则适合高精度检测场景, 如高风险食品的终端质控。新兴技术中, 纳米生物传感技术通过纳米材料的高效信号放大能力, 适合检测低浓度的致病菌目标物^[10]; 质谱分析技术利用蛋白质指纹图谱, 能高效识别病原体, 对出口水产品的精密检测尤其重要; 微流控技术通过集成化检测设备, 在捕捞、流通等环节中显著减少操作复杂性, 为现场监控提供了新的可能性。

2.2 现有技术优势与局限性分析

快速检测技术在海鲜食品致病菌检测中的应用, 展现了独特的技术特性及实际优势。分子生物学技术(如PCR和LAMP)因其高灵敏度和特异性, 可以快速检测弧菌属、沙门氏菌等主要致病菌, 但需克服复杂基质干扰及对设备依赖的问题^[11]。免疫学技术因操作简便、适用性强, 已成为检测冷链运输及零售环节样本的重要工具, 但检测的抗体特异性易受污染样品的复杂性影响, 可能导致假阳性或假阴性。新兴技术如质谱分析和微流控技术因其高精度、便携性及自动化特点, 在捕捞和现场检测中应用潜力巨大, 但高成本及样本前处理问题限制了其推广^[12]。

针对海鲜食品的特性, 快速检测技术需要在复杂食品基质中实现高精度检测, 并克服低温冷藏对致病菌活性的影响。未来技术发展应聚焦于提升多目标检测能力、降低样本前处理复杂性, 并加强设备的集成化和智能化, 以更好满足海鲜食品安全管理的特殊需求^[13]。

3 快速检测技术的应用评价

3.1 应用场景分析

快速检测技术在海鲜食品安全管理中贯穿了捕捞、流通和消费等多个环节。在捕捞与初加工阶段, 这项技术主要用于评估捕捞海域和原料海鲜的安全性。例如, 在捕捞船上或港口使用便携式检测设备, 对海域水质和捕捞产品进行初步筛查, 及时判断其

是否符合食品安全标准, 从而减少污染原料进入供应链的风险, 提高后续加工效率^[14]。在流通与销售环节, 冷链运输是否规范直接关系到食品安全。快速检测技术被广泛用于储运过程中的致病菌监控。商超和物流企业利用免疫层析卡等设备对运输途中或销售现场的产品进行抽样检测, 可以快速发现污染, 避免问题产品进入市场^[15]。在加工与终端消费环节, 快速检测技术能帮助企业保障生产环境的卫生状况。许多加工企业通过实时检测技术定期监控工具表面和成品中的致病菌含量。此外, 家庭便携式检测设备的逐步普及, 为消费者提供了简单检测生鲜食品污染的工具, 进一步增强了消费者的食品安全意识^[16]。

3.2 应用效果分析

快速检测技术在海鲜食品安全监管中的应用显著提升了各环节的安全保障能力。在捕捞与初加工环节, 聚合酶链式反应技术被广泛应用于检测海域水质和捕捞原料中可能存在的弧菌属和沙门氏菌污染, 将检测时间从数天缩短至数小时, 有效避免污染产品进入供应链, 提升加工效率^[17]。在流通和销售环节, 胶体金免疫层析技术凭借其便捷性和快速筛查能力, 用于商超和物流企业的现场抽样检测, 有助于及时发现问题产品, 降低污染扩散风险。在消费端, LAMP技术因操作简单、设备需求低, 逐渐成为零售市场和餐饮企业的检测工具, 为终端环节提供快速响应能力。

此外, 快速检测技术为出口企业增强市场竞争力提供了保障。然而, 在推广过程中, 基层市场和小型企业因检测设备成本高、使用条件受限等问题, 对技术的接受度相对较低。未来, 通过成本优化与设备简化, 快速检测技术将更广泛地应用于食品安全管理体系, 进一步推动全产业链的食品安全监管能力提升。

3.3 用户反馈与市场接受度

快速检测技术在企业和消费者中逐渐受到关注, 但仍存在一定的接受度差异。在加工和销售环节, 企业普遍认为快速检测技术提升了产品质量的稳定性, 并增强了应对突发食品安全问题的能力。然而, 部分企业尤其是中小企业反映, 高端快速检测设备的采购和维护成本较高, 对经济负担形成压力。同时, 不同检测设备标准不统一, 也导致检测结果难以对比^[18]。消费者方面, 便携式快速检测设备的接受度正在提高, 一些家庭已将其用于生鲜食品的初步筛查。然而, 设备价格偏高、操作复杂性及检测结果的可信度受到质疑, 这限制了其进一步普及。在市场推广中, 监管部门发现部分中小企业对技术引入的经济性和必要性存在顾虑, 而消费者对技术的认知不足和信任度不高, 也是限制其推广的重要因素。这些问题亟待解决以推动技术的广泛应用。

4 现存问题与改进建议

4.1 现存问题

快速检测技术在应用中主要面临以下问题。首先, 技术瓶颈限制了检测的可靠性。一些检测技术在灵敏度和特异性上不足,

尤其对复杂食品基质中低浓度致病菌的检测易出现假阴性或假阳性,影响准确性^[19]。样品前处理和复杂环境中的操作难度,也增加了检测结果偏差的风险。其次,成本与普及度问题制约了技术推广。高端设备价格昂贵,中小企业和经济欠发达地区难以承担设备采购、维护费用及专业操作需求,导致技术普及率偏低。最后,监管与标准化不足阻碍了技术的广泛应用。目前检测技术缺乏统一标准,不同设备的结果难以直接比较;同时,快速检测结果法律效力有限,在食品安全监管中的应用受到一定限制。

4.2 改进建议

4.2.1 提升检测灵敏度与降低设备成本

未来应进一步加强对高灵敏度、高特异性检测技术的研发,重点解决复杂样本中微量病原菌的精准检测问题。同时,通过优化工艺和创新材料,降低检测设备的生产和维护成本,使其更加适合中小企业使用^[20]。此外,鼓励多学科协作,将先进材料和信息技术应用于快速检测领域,以提升检测效率和结果的稳定性。

4.2.2 推广应用模式

推动产学研合作机制的建立,促进快速检测技术从实验室向实际应用的高效转化。通过政府主导与行业协会协作,推动检测技术的示范性应用,形成可复制的推广路径。在经济欠发达地区,可通过财政补贴或贷款优惠等方式,支持中小企业引入快速检测设备^[21]。同时,加大对检测技术的培训力度,提高基层从业者的操作能力和技术认知水平。

4.2.3 政策与监管保障

制定快速检测技术的统一标准,涵盖设备性能、检测流程和结果判定等方面,为企业和监管部门提供明确的技术指引。同时,推动快速检测结果在法律层面的认可,使其能够作为食品安全执法的参考依据。监管部门应加强对技术应用的指导和监督,确保检测流程规范化、结果真实可靠。

5 结束语

快速检测技术在海鲜食品安全保障中展现出重要作用,其高效性和便捷性为应对食品污染风险提供了技术支持。然而,技术应用过程中仍存在灵敏度不足、成本较高和标准化缺失等问题。未来,通过技术创新、推广支持和政策完善,快速检测技术将在提高检测效率、扩大普及范围和提升法律效力方面取得更大突破,为海鲜食品的安全监管提供强有力的保障。

参考文献

- [1] 中国食品安全网.多地水产均曾检出禁药孔雀石绿,对身体具有潜在的致癌、致畸风险,消费者如何肉眼识别?[EB/OL].[2020-04-29].https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_7197991[2024-12-01].
- [2] 王福红,李银塔,刘希凤.基于海鲜调味料的肉类灌肠制品中副溶血性弧菌检测分析[J].肉类工业,2022,(12):37-40.
- [3] 唐宇宏.市售三文鱼中单增李斯特菌分离鉴定及热失活数值模拟[D].福州:福建农林大学,2023.
- [4] 刘玥,刘夏,崔琳,等.食品沙门氏菌现行国内外标准中选择性增菌和分离的等效性评估[J].中国食品卫生杂志,2022,34(03):474-481.
- [5] 柏超凡,洪梦杰,赵小青,等.常见细菌性食源性疾病研究进展[J].食品安全导刊,2024,(01):148-150.
- [6] 陈镗.A企业生鲜产品冷链物流风险管理研究[D].石家庄:石家庄铁道大学,2023.
- [7] 刘楚云,马艳萍,段永翔,等.海鲜产品中空肠弯曲菌2种检测标准的比较[J].职业与健康,2023,39(18):2494-2498.
- [8] 胡学军,曹利勤.一种聚合酶突变体及其应用:CN202210495569.4[P].2022-08-05.
- [9] 白雪欣,胡宸艺,金志颖,等.副溶血弧菌耐热直接溶血素DAS-ELISA检测方法的建立[J].中国人兽共患病学报,2022,38(08):666-672.
- [10] 郑燚,刘蕊,余广利,等.环介导恒温扩增结合纳米横向流生物传感技术对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌快速检测方法的建立与应用[J].现代预防医学,2022,49(20):3782-3787,3811.
- [11] 岳明祥,王鸿蕉,耿文皓,等.基于vvhA基因的SYBR Green I实时荧光定量PCR检测创伤弧菌方法的建立及应用[J].职业与健康,2022,38(14):1902-1906.
- [12] 朱明,隆小华,王涛,等.一种智能化海鲜物流系统:CN201810365220.2[P].2023-05-05.
- [13] 王皓璐.基于RPA-CRISPR/Cas12a的异尖线虫快速等温检测方法的建立[D].长春:吉林大学,2024.
- [14] 万玉龙,柏小颖,顾峰.一种冷链物流车辆温湿度检测装置.CN202121877845.0[P].2022-12-27.
- [15] 柴兆良.基于微流控芯片和MALDI-TOF质谱技术的鱼类水产品细菌污染检测方法开发[D].上海:上海海洋大学,2022.
- [16] 谭波,黄坤宁.基于多重PCR检测食品中致泻大肠埃希氏菌[J].食品安全导刊,2023,(08):78-80.
- [17] 王欢,史梅梅,吴丰春,等.LAMP-微流控芯片技术在现场检测中的研究进展[J].中国口岸科学技术,2022,4(04):43-47.
- [18] 石方方.便携式食品快速检测设备在食品安全监管中的应用研究[J].食品安全导刊,2024,(15):169-171.
- [19] 陈翊平,王知龙,鲜于运雷,等.基于磁电生物传感的食品安全快速检测新技术[J].中国科技成果,2022,23(07):44.
- [20] 徐媛媛,于永翔,王印庚,等.5种主要海水养殖病原菌多重微流控荧光定量PCR快速检测技术的建立[J].渔业科学进展,2023,44(03):222-234.
- [21] 高歌.海岸带环境溶解态硫化物现场快速检测设备的研制与应用[D].烟台:中国科学院大学(中国科学院烟台海岸带研究所),2023.