

# 食源性致病微生物研究新动态

董庆利

(上海理工大学医疗器械与食品学院, 上海 200093)

## Update on foodborne pathogen studies

DONG Qing-Li

(School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

新冠肺炎疫情全球蔓延以来, 生物安全问题已经成为全世界、全人类面临的重大生存和发展威胁之一, 我国也已将生物安全作为国家总体安全的重要组成部分。重大传染病和生物安全风险是事关国家安全和稳定、事关社会大局稳定的重大风险挑战。践行总体国家安全观, 紧紧抓住“后疫情时代”生物安全领域科技发展的重大机遇, 需要主动化危为机、把握时机、抢占先机, 推动科学研究、人才培养和引进的优化升级。

同时, 食品安全关系人民群众身体健康和生命安全, 关系中华民族未来。党的十九大报告明确提出实施食品安全战略, 让人民吃得放心。其中食品微生物安全问题是食品安全的核心和突出体现, 每年导致我国数以千计的食源性疾病爆发病例。构建持续的综合食品安全系统应以风险评估为科学基础, 是世卫组织(WHO)2002 年全球食品安全战略的核心, 也是食品法典委员会(CAC)1999 年、2003 年、2019 年历次修订风险评估原则和指导方针的出发点, 特别是建立食品安全风险监测和评估机制, 已于 2019 年 12 月 1 日修订后实施的《食品安全法实施条例》中的能力建设里体现; 健全风险监测评估和检验检测体系, 已在 2020 年中央一号文件中实施食品安全战略里论及, 也是面向 2035 年的国家中长期科技规划里食品质量安全子专题中实现“食品安全主动监控”目标的重要任务之一。

《食品安全质量检测学报》组织本期“食源性致病微生物”为专题的专刊, 主要围绕食源性致病微生物新型快速检测技术、食源性致病微生物的分离与检测、食源性致病微生物的毒力与耐药性、食源性致病微生物风险评估、食源性致病微生物的监测与风险防控等展开最新研究征稿。根据投稿情况, 主要体现以下食源性致病微生物研究的新动态。

### 1 检测监测技术优化

食源性致病微生物的检测方法很多, 除了传统的生化培养法, 以聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)为基础的分子生物学方法进展较多, 本期有研究分别对乳中的单增李斯特菌; 动物源弯曲菌; 沙门氏菌和克罗诺杆菌属(阪

崎肠杆菌)以及糟辣椒中的大肠菌群、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌和蜡样芽胞杆菌的食品安全国家标准检验方法进行了优化研究, 特别是有研究对分离的 66 株蜡样芽胞杆菌的 10 个毒力基因进行了 PCR 检测, 可靠的 PCR 结果为相关实验室的检测能力的提高提供参考。同时, 本期有研究对多重荧光定量 PCR 技术快速检测食源性致病菌进行综述, 可实现在同一个反应体系中对多个目标序列同时进行检测, 通过荧光信号积累实时监测整个 PCR 过程, 拓宽了实时荧光 PCR 的应用范围。也有研究对第三代的 PCR 技术即微滴式数字聚合酶链式反应(ddPCR)进行综述, 可对 DNA 或 RNA 分子采用绝对定量的方式进行分析, 其结果具有更高的精准度、准确性和灵敏度, 大大提升了数字 PCR 技术的可扩展性与实用性, 促进了现代分子生物学在食源性致病微生物等领域精准定量检测方面的发展和应用。

除了分子生物学方法, 以酶联免疫吸附(enzyme-linked immunosorbent, ELISA)等为代表的免疫学方法在食源性致病微生物的检测上也有较多应用。本期有综述以克罗诺杆菌为例, 基于抗原-抗体之间的相互作用关系, 对抗体和抗原进行鉴定, 目前已经制备了有兔多克隆抗体、鼠单克隆抗体、单链抗体等, 抗克罗诺杆菌抗体在检测方面具有 ELISA、免疫磁珠、胶体金试纸条、免疫传感器等多种应用方式。

上述分子生物学和免疫学方法可以看做检测监测的两大技术体系, 也是国家标准方法的重要组成或补充。对国家标准方法进行再思考、再优化的探索较多: 本期有研究对国家标准中克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)检验方法进一步通过 BIOLOG 鉴定系统对可疑菌落进行鉴定, 更好的完善验证实验室的检测能力; 也有研究对国家标准中饮用天然矿泉水检验粪链球菌的检测方法, 通过 VITEK 2 COMPACT 全自动微生物鉴定系统对疑似菌进行鉴定, 表明采用多种鉴定方法有助于提高检测结果的准确性; 另有研究对国家标准中金黄色葡萄球菌定性定量检测中显色培养基的效果进行评价, 并通

过了 BD 全自动微生物鉴定系统的确证分析;再有研究对商业无菌的国家标准予以深入思考,从灭菌乳中嗜热脂肪芽孢杆菌商业无菌的最低可视浓度测定的角度,防止在检验过程中对灭菌乳品质有影响的芽孢杆菌出现漏检,检验灭菌乳在商业无菌检测中是否对芽孢杆菌有漏检现象。

对食源性致病微生物开展分子分型的研究日益广泛也深入,传统上脉冲场凝胶电泳(pulsed field gel electrophoresis, PFGE)分子分型技术被称为细菌分子流行病学和溯源研究的“金标准”方法,本期有研究基于 PFGE 技术对区域性的腹泻患儿粪便中沙门菌的血清型、药敏分析及分子分型研究,结果具有重复性好、分辨率高、结果稳定可靠和易于标准化的特点;也有研究应用 PFGE 对一起肠聚集性大肠埃希氏菌引起的食源性疾病暴发进行调查分析,为阳性菌的确证和溯源提供了可靠依据;另有研究对伤寒、副伤寒沙门菌分子分型应用 PFGE 开展研究,明确了耐药率和多重耐药性;再有研究利用 PFGE 以及多位点序列分析(MLST)对 56 株食源性单增李斯特菌的分子特征和耐药性进行重点分析,结合其他研究建议利用分子分型技术调查耐药菌株的优势型别,为耐药菌株的有效追踪溯源和风险评估提供依据。

对食源性致病微生物应用全基因组序列(WGS)成为发展趋势之一,比如本期有研究应用 WGS 对区域性的沙门氏菌耐药情况及其耐药相关基因分布状况进行调研,为预防耐药发生措施的制定提供科学依据。另外,还有基于成簇的规律间隔的短回文重复序列(CRISPR)序列和单核苷酸多态性(SNP)序列的分型技术也得到了快速应用,有综述对食源性致病菌 CRISPR-Cas 系统与耐药性的研究进行了较有深度的探讨。

## 2 风险监测与防控完善

风险评估以检测监测为基础,对致病微生物等有害物开展科学评估,以危害识别、危害特征描述、暴露评估和风险特征描述为基本流程,为制定风险管控措施提供重要科学理论支撑。危害识别常以风险监测结果为基础,比如本期有研究对 9 类共 1066 份食品样品中霍乱弧菌、副溶血性弧菌、创伤弧菌、溶藻弧菌、河弧菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、克罗诺杆菌、蜡样芽孢杆菌、单增李斯特菌、小肠结肠炎耶尔森菌等进行的监测分析;又如对 3967 份米面制品食品样本中蜡样芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、

单增李斯特菌进行的监测分析;又如如有研究对 830 件网购食品中蜡样芽孢杆菌的定量检测;再如对 2824 件食源性金黄色葡萄球菌监测数据分析;以及对 16 类共 13507 份食品样品中沙门氏菌进行的监测分析。以上这些区域性的监测进一步可以确定高检出率的食物和致病菌组合,进一步开展定性或定量的风险评估。

有害微生物的定量暴露评估需要以预测微生物学为重要支撑,作为快速发展的微生物建模技术,比如本期有金枪鱼生鱼片中优势菌群数学建模研究,又如厨房食品接触面上猪肉糜中沙门氏菌转移能力评估研究,交叉污染建模研究已成为风险评估的重要补充,这些都为定量暴露评估提供了重要的模型参数基础。

风险防控和管控的措施很多,新技术、新思路、新方案也不断涌现。本期有研究综述嗜热脂肪芽孢杆菌芽孢“冷杀菌”技术如超高静压、高压 CO<sub>2</sub> 以及欧姆加热技术等;本期有研究概述海洋生态系统中弧菌的分部和生存特点,分析噬菌体在防控水产品中致病性弧菌的应用研究现状、治疗优缺点;有研究从肠道微生物角度,综述膳食纤维与肠道微生物对肥胖、炎症、结肠直肠癌、妊娠合并症及心脑血管疾病等的直接影响;也有综述母乳喂养、配方奶粉喂养、混合喂养等不同喂养方式对婴幼儿肠道菌群多样性的影响,对深入探讨婴幼儿肠道菌群与众多机体的病理相关性提供了借鉴。以上这些都为食源性致病微生物的预防和治疗提供新的思路或工具,在充分调研技术安全性与法律法规实施后有望推广应用。

## 3 小结

近年来,由食源性致病微生物污染食物导致中毒或死亡事件在全球频发,食源性致病微生物引起的疾病已成为危害人类健康的头号杀手。食源性疾病的发病率居各类疾病发病率的前列,是当前世界上最突出的公共健康问题。综合本期“食源性致病微生物”专刊,基本囊括了食源性致病菌的所有类型:单增李斯特菌、沙门氏菌、克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)、粪链球菌、金黄色葡萄球菌、蜡样芽孢杆菌、致泻大肠埃希氏菌、弧菌属、弯曲菌、嗜热脂肪芽孢杆菌等。在过去几十年中,对病原体的识别、检测、监测、建模、风险评估等方面已取得较多的进展,实际上对食源性致病微生物的检测监测,到评估预警,再到风险管控是一以贯之的,未来在食源性致病微生物的科学研究将更加快速化、精准化、智能化。



董庆利,食品科学专业博士,上海理工大学教授、博士生导师。世界粮农组织/世界卫生组织微生物风险评估专家联席会议(FAO/WHO JEMRA);即食食品中单增李斯特菌专家、国家食品安全风险评估专家委员会委员、国家药品监督管理局药品微生物检测技术重点实验室学术委员会委员、中国微生物学会分析微生物专业委员会食品组专家委员、中国畜产品加工研究会理事等,《食品安全质量检测学报》等期刊编委。长期从事食品预测微生物学与风险评估相关研究。上述研究领域内先后主持和参与国家科技部“十二五”国家科技支撑计划课题 1 项、“十三五”国家重点研发计划“食品安全关键技术研发”重点专项子课题 2 项、国家自然科学基金课题 4 项、国家食品安全风险评估中心课题 8 项、上海市自然科学基金 1 项、上海市科委、教委、食药监局、疾控中心等多项科研课题,发表学术论文 200 余篇、会议论文 50 余篇、专利 7 项、软件著作权 8 项,副主编专著 2 部,参编专著 3 部,在国内外重要学术会议上做主题或专题讲座 60 余次,为国内外 50 余种学术期刊审稿 1000 余篇。