人工智能在食品安全检测中的应用专题

付海燕

(中南民族大学药学院, 武汉 430074)

Special topic on the application of artificial intelligence in food safety detection

FU Hai-Yan

(*School of Pharmaceutical Sciences*, *South-central Minzu University*, *Wuhan* 430074, *China*)

食品安全是关系国民健康与社会稳定的重大战略问题。随着全球食品供应链的日益复杂化、食品欺诈手段的不断演变以及消费者对高品质食品需求的持续增长, 传统检测技术面临着检测通量有限、前处理复杂、实时性不足以及难以应对未知风险等严峻挑战。在这一背景下, 以人工智能为核心驱动力的智能检测技术正以前所未有的深度与广度, 重塑食品安全保障的技术范式。人工智能通过赋能食品安全检测全链条, 从样品前处理、信号采集、数据分析到风险预警与决策, 不仅极大地提升了检测效率与精度, 更推动了食品安全监管从“被动响应”向“主动预防”、从“经验判断”向“数据驱动”的深刻变革。本专题聚焦于人工智能在食品安全检测领域的前沿应用与创新突破, 旨在系统展现该交叉领域的最新研究动态与技术趋势。

当前, 人工智能与食品安全检测的深度融合已呈现出多模态、跨尺度、强解释性的鲜明特征。在检测技术智能化升级方面, 人工智能正深度赋能传统及新兴检测手段。例如, 在光谱与成像检测领域, 深度学习算法与可见-近红外光谱、拉曼光谱、高光谱成像等技术的结合, 已成功实现对农产品、肉制品、食用油等复杂基质中多种污染物及品质指标的高精度、无损、快速预测。专题中, 陈若欣等的研究利用网络与可解释人工智能解析可见-近红外光谱, 实现了牛肉中硫代巴比妥酸反应物的精准、可解释检测; 孙晓燕等的综述系统梳理了光谱与智能传感技术在植物油掺伪鉴别中的进展, 凸显了多技术融合与算法优化的价值。在免疫分析与生物等传感领域, 人工智能正推动检测系统向自动化、数字化与高通量演进。王增林等的工作将自动化成像设备、深度学习目标检测算法与图像增强技术相结合, 构建了恩诺沙星残留的数字化免疫分析系统, 显著提升了检测的自动化程度与准确性。这代表了将生物识别事件转化为可自动化处理的图像信息, 进而实现智能定量分析的重要方向。在溯源与风险预警层面, 区块链与人工智能的协同为构建透明、可信、高效的食品全链条追溯体系提供了全新方案。王青瑜等的研究构建了基于智能区块链的食品溯源模型, 通过智能合约实现数据自动化、防篡改流转, 并结合物联网技术, 在乳制品案例中验证了其在提升追溯效率与数据安全性方面的巨大优势。这为实现从“田间到餐桌”的全程智控奠定了技术基础。除了对具体污染物与品质指标的检测, 人工智能还在食品真实性鉴别与整体品质评估中发挥关键作用。陆倩楠等的综述则从中外比较视角, 系统分析了人工智能赋能下胶体金免疫层析、手持式拉曼、纳米传感器等快检技术的发展路径与融合模式, 为理解智能化快检技术的全球演进与本土化应用提供了宏观视野。

展望未来, 人工智能在食品安全检测中的应用将朝着更深度的融合、更广泛的场景与更强的可信赖性方向发展。首先, 多模态数据融合与跨平台集成将成为趋势。融合光谱、图像、电化学、气味等多源信息, 并结合云端计算与边缘计算, 构建能适应复杂现场环境的便携式、一体化智能检测终端。其次, 算法的可解释性与鲁棒性将日益受到重视。如同本专题部分工作所尝试的, 利用 SHAP 等方法揭示模型决策依据, 不仅能增强结果的可信度, 还有助于

发现新的标志物与作用机制，推动检测原理的创新发展。再者，从检测到预警的闭环智能系统将是重要目标。结合区块链、物联网与大数据分析，人工智能将不仅用于事后检测，更能实现生产、流通、销售全链条数据的实时监测、风险主动预测与智能决策支持，最终构建起“智能感知-精准诊断-全程追溯-主动防控”的食品安全智慧治理新生态。

本期《人工智能在食品安全检测中的应用》专题汇集了上述多个维度的创新研究成果，涵盖了从基础传感机制、智能算法设计到系统集成与应用验证的完整链条。我们希望通过本专题的交流，能够进一步促进食品科学、分析化学、计算机科学、电子信息工程等多学科的交叉碰撞，激发更多原创性思想与技术突破。期待这些工作能为推动我国食品安全检测技术的智能化转型升级、构建更高水平的食品安全保障体系提供坚实的科技支撑与创新动力。

特邀专题主编介绍



付海燕，女，博士，中南民族大学药学院院长，二级教授，长江学者特聘教授，国家优秀青年科学基金获得者，国务院政府特殊津贴专家。长期致力于人工智能赋能食品安全品质分析与真实性溯源的新方法新技术研究，重点围绕食品风险因子检控和真实性溯源问题，(1)揭示了复杂食品基质中真实性标志物的色质谱高通量精准筛查机制，发现了真实性主要标志物非靶标筛查新途径；(2)探索了食品风险因子特征化学结构和真实性差异信息的精准识别及增效机制，提出了纳米效应融合光谱检测新思路；(3)阐明了风险因子和真实性检测可视化信号的增强及快速响应机制，建立了可视化传感快检新方法。形成了独具特色的“精准筛查—特异识别—可视快检”食品安全快速新范式。

基于上述科研工作，连续入围 2024、2025 年全球前 2%顶尖科学家榜单和 2022 年全球顶尖前 10 万科学家排名单；入选中国青年化学家元素周期表 Cd 元素代言人、国家民委中青年英才、浙江省绍兴市海内外英才创业类人才等。主持包括 3 项国家重点研发计划“中医药现代化”重点专项课题和子课题、8 项国家自然科学基金项目(优青 1 项、专项 1 项、面上 4 项、青年 1 项、合作单位重点项目 1 项)等近 30 项；在包括 *Angew. Chem. Int. Edit.*、*Anal. Chem.*等 SCI 期刊上发表 JCR1 区论文 100 余篇；获授权美国、澳大利亚、中国等国内外发明专利 64 件，并完成专利转化 5 项；获软件著作权 12 部；主编及副主编专著 3 部，参编著作 3 部；参与制定 ISO 国际标准 1 部；牵头制定团体标准 1 部；获湖北省教学成果奖特等奖 1 项，湖北省科学技术进步奖二等奖等 3 项省部级科技奖。受邀在 *J. Sci. Food Agr., Food Frontiers, J. Food Compos. Anal.*,等九个 SCI 期刊在内的十余种国内外学术期刊担任副主编、编委等；兼任多个学会协会的副会长、常务委员、常务理事等学术兼职。