

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241218007

引用格式: 王文枝, 范超, 张越, 等. 国内外食品欺诈研究进展及启示[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(12): 25–33.

WANG WZ, FAN C, ZHANG Y, *et al.* Research progress and enlightenments on food fraud at home and abroad [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(12): 25–33. (in Chinese with English abstract).

国内外食品欺诈研究进展及启示

王文枝^{1,2}, 范超^{1,2}, 张越^{1,2}, 沈雪梅^{1,2}, 蒋萍萍^{1,2*}

[1. 中国质量检验检测科学研究院, 北京 100176; 2. 国家市场监督管理总局重点实验室(食品质量与安全), 北京 100176]

摘 要: 随着全球食品供应链的不断延伸和日益复杂化, 加之新业态、新食品和新商业模式的快速涌现, 食品欺诈现象日益引发关注, 已成为一个全球性话题。近年来, 食品欺诈对食品安全、公众健康以及消费者信心所带来的风险已被广泛报道。本文对当前国际上关于食品欺诈的不同定义和分类进行了系统梳理, 重点分析了国际上主要的食品欺诈数据库的功能及其应用情况, 并对食品欺诈的缓解措施、脆弱性评估的指南和规范以及相关评估工具进行了总结分析。此外, 本文还详细阐述了食品欺诈检测技术的研究进展, 指出了传统检测技术的应用及其局限性, 探讨了新兴技术的应用前景, 特别强调了结合多种检测技术、大数据、人工智能在提高检测效率和准确性方面的重要性。最后, 本文提出了相关建议, 以期为我国解决食品欺诈问题提供参考和借鉴。

关键词: 食品欺诈; 食品掺假; 脆弱性评估

Research progress and enlightenments on food fraud at home and abroad

WANG Wen-Zhi^{1,2}, FAN Chao^{1,2}, ZHANG Yue^{1,2}, SHEN Xue-Mei^{1,2}, JIANG Ping-Ping^{1,2*}

(1. Chinese Academy of Quality and Inspection & Testing, Beijing 100176, China;

2. Key Laboratory of Food Quality and Safety, State Administration for Market Regulation, Beijing 100176, China)

ABSTRACT: With the continuous extension and increasing complexity of the global food supply chain, coupled with the rapid emergence of new business models, novel foods and innovative commercial practices, food fraud has become a growing concern and a global issue. In recent years, the risks posed by food fraud to food safety, public health and consumer confidence have been widely reported. This paper systematically reviewed the various definitions and classifications of food fraud currently recognized internationally, with a particular focus on analyzing the functionalities and applications of major global food fraud databases. It also summarized and analyzed mitigation measures for food fraud, guidelines and standards for vulnerability assessments, and related evaluation tools. Furthermore, the paper elaborated on the research progress in food fraud detection technologies, highlighting the applications and limitations of traditional detection methods, and explores the prospects of emerging technologies. Special emphasis was placed on the importance of integrating multiple detection technologies, big data, and artificial intelligence in enhancing detection efficiency and accuracy. Finally, the paper provided relevant recommendations, aiming to offer insights and references for addressing food fraud issues in China.

KEY WORDS: food fraud; food adulteration; vulnerability assessment

收稿日期: 2024-12-18

基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFF1104700)

第一作者: 王文枝(1980—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全质量控制技术。E-mail: wzwang666@163.com

*通信作者: 蒋萍萍(1985—), 女, 副研究员, 主要研究方向为食品安全追溯认证技术研究。E-mail: 15011212787@126.com

0 引言

随着全球食品供应链的不断延伸和日益复杂化,加之新业态、新食品和新商业模式的快速涌现,食品欺诈现象日益引发关注,已成为一个全球性话题^[1-4]。近年来,食品欺诈对食品安全、公众健康以及消费者信心所带来的风险已被广泛报道^[5-8]。例如,2008 年发生的三聚氰胺事件导致 30 万婴幼儿患病,至少 6 名婴儿因摄入受三聚氰胺污染的奶粉而死亡^[8]。2013 年席卷欧洲多国的“马肉事件”给欧洲肉类加工行业带来了巨大的经济损失,引发了大规模产品召回,严重损害了品牌声誉,并显著降低了消费者的信任度^[9-10]。此外,近年来国际社会普遍存在的橄榄油、蜂蜜、牛奶和酒类等食品的掺假问题^[11-14],也进一步凸显了食品欺诈的严重性和广泛性。

据美国食品饮料和消费品制造商协会(Grocery Manufacturers Association, GMA)估计,全球食品欺诈每年造成的经济损失高达 100 亿至 150 亿美元,约占全球食品销售总额的 10%^[10]。食品欺诈事件不仅对消费者的身体健康构成直接威胁,还扰乱了全球食品行业的正常经济运行和贸易秩序,削弱了消费者对政府和企业的信任,甚至可能对社会稳定产生负面影响。

为应对食品欺诈,各国已开展了一系列研究,监管机构和行业组织也相继制定了相应的预防措施和要求^[15]。然而,食品欺诈仍然是一个复杂而棘手的问题,主要源于全球食品供应链的复杂性、掺假检验的覆盖面有限,以及与欺诈相关的掺假物质的隐蔽性、潜伏性以及不可预测性等因素^[16]。

本文旨在梳理国内外关于食品欺诈的定义和分类、食品欺诈数据库、食品欺诈缓解和脆弱性评估以及食品欺诈检测技术,以期为我国在食品欺诈监管研究和相关政策的制定提供参考。

1 食品欺诈的定义和分类

1.1 食品欺诈的定义

食品掺假、假冒伪劣等行为都属于食品欺诈,这种行为为全球广泛存在^[2,17]。目前,国际上对于食品欺诈和掺假尚未形成统一的定义。

食品法典委员会(Codex Alimentarius Commission, CAC)在 CX/FICS 18/24/7 文件中关于食品欺诈的定义是指企业或个人在食品完整性方面故意欺骗他人以获得不正当利益的任何行为^[18]。

美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)将经济利益驱动型掺假(economically motivated adulteration, EMA)定义为“为了增加产品的表观价值或降低生产成本,在产品中欺诈性、有意地替代或添加某种物质,包括对产品中已有成分的稀释,这种稀释可能会对消

费者造成已知或潜在的健康风险,以及为了掩盖这种稀释而进行的添加或替换”^[19-20]。SPINK 等^[7]将食品欺诈定义为“为了经济利益故意替代、添加、篡改或歪曲食品、食品成分或食品包装,对产品做出虚假或误导性陈述”。美国明尼苏达大学食品保护与防御中心(National Center for Food Protection and Defense, NCFPD)将经济利益驱动型食品掺假定义为“为了获得经济利益,在食品中故意掺杂的行为,包括任何将未达到标准的食品故意销售给食品企业或消费者的情况”^[21-22]。GMA 将经济利益驱动型食品欺诈定义为“为了实现经济利益,蓄意对终产品或产品成分进行欺诈性更改,欺诈性地蓄意在产品中使用替代性物质或增加某物质,从而实现增加产品表面价值或降低成本的目的”^[21]。

目前,欧盟法律中未制定关于食品欺诈的明确定义,欧洲标准化委员会(European Committee for Standardization, CEN)关于食品欺诈的定义是指故意导致食品声明与食品特性不匹配^[18]。英国食品标准局(Food Standards Agency, FSA)将食品欺诈定义为“为了经济利益,故意将食品投放市场,意图欺骗消费者”^[2,8,23]。

我国原国家食品药品监督管理总局(China Food and Drug Administration, CFDA)于 2017 年 2 月发布《食品安全欺诈行为查处办法》(征求意见稿),对食品安全欺诈的概念和行为进行了界定。其中第三条指出食品安全欺诈是指行为人在食品生产、贮存、运输、销售、餐饮服务等活动中故意提供虚假情况,或者故意隐瞒真实情况的行为;第二章对食品欺诈行为进行了规定,指出包括产品欺诈、食品生产经营行为欺诈、标签说明书欺诈、食品宣传欺诈、信息欺诈、食品检验、认证欺诈、许可申请欺诈、备案信息欺诈、报告信息欺诈以及提交虚假监管信息等在内的 10 种行为属于食品安全欺诈行为^[24]。

全球食品安全倡议(global food safety initiative, GFSI)将食品欺诈定义为“一个统称,包括为了获取可能影响消费者健康的经济利益而故意替代、添加、篡改或歪曲食品、食品成分或食品包装、标签、产品信息或对产品做出虚假或误导性陈述”^[8]。

JAN 等^[25]将食品掺假定义为“当食品或饮料在加工和包装过程中被故意修改(例如替代、稀释、人为增强、虚假陈述),或在分销过程中发生欺诈活动(如盗窃、伪造文件)以获取经济利益时。”

1.2 食品欺诈的分类

正如国际上对食品欺诈的定义尚未达成共识一样,学术界和非学术界对食品欺诈的分类也存在诸多不同观点,本文将对食品欺诈的主要分类进行汇总和分析。

SPINK 等^[7]将食品欺诈分为以下 7 种类型:掺假、篡改、超量、盗窃、转移、替代以及假冒。GFSI 也将食品欺诈细分为 7 种类型,包括稀释、隐藏、替代、标签错误、

假冒、灰色市场/盗窃/转移以及未经批准的增强^[8]。欧盟食品欺诈和质量知识中心(Knowledge Centre for Food Fraud and Quality, KC-FFQ)提供的分类中, 食品欺诈同样被划分为 7 种类型, 具体包括稀释、替代、隐瞒、标签错误、假冒以及灰色市场生产/盗窃/转移等^[26]。表 1 列举了国际普遍认可的食品欺诈主要类型、相应定义及其典型案例。

当前, 国际食品市场中欺诈风险较高的食品品类主要集中在肉及肉制品、橄榄油、蜂蜜、酒类以及果汁等领域。这些食品因其较高的经济价值和广泛的消费需求, 成为掺假和欺诈行为的高发领域。

肉及肉制品作为日常消费的主要品类, 掺假和欺诈问题一直是食品安全监管的重点。目前常见的欺诈手段主要分为同源掺假和非同源掺假两类。同源掺假主要表现为在高端肉类中掺入低价肉类, 如在牛肉中掺入鸭肉、猪肉、鸡肉或马肉^[33-35], 在羊肉中掺入鸭肉或鼠肉^[36-37], 在驴肉中掺入马肉和鸭肉等^[38-39]。非同源掺假则主要表现为通过注水、注胶等方式增加重量^[40-42]。橄榄油因其独特的健康属性和较高的市场价值, 也是食品欺诈的重点目标。主要欺诈手段包括: 掺入大豆油、菜籽油等廉价植物油^[43-44]; 将低等级橄榄油混入高等级产品中, 如在特级初榨橄榄油中掺入橄榄渣油^[45-46]; 以及通过伪造或虚假标注等方式进行产地造假^[47]。蜂蜜作为天然营养食品, 掺假和欺诈现象也较为普遍。主要欺诈手段包括: 使用糖浆和香精勾兑制造人造蜂蜜^[12]; 在天然蜂蜜中掺入玉米糖浆、转化糖浆或果糖等甜味剂^[48-51]; 以及通过虚假标注蜜源植物或产地等方式进行造假^[52-53]。酒类产品因其高附加值和复杂的生产工艺, 成为伪造和掺假的重灾区。主要欺诈手段包括: 仿冒知名

品牌产品^[54]; 通过加水或其他液体稀释原酒^[55]; 在酒类中添加色素、香料等外源物质^[56-57]; 以及虚假标注产地或品种信息^[58-59]。果汁产品因其广泛的消费群体和多样化的产品形式, 同样面临较大的掺假风险。主要欺诈手段包括: 通过加水稀释降低浓度^[60]; 添加糖、酒精、有机酸、着色剂或调味剂等外源物质^[61-63]; 使用劣质原料加工, 或以复原果汁冒充原榨果汁, 甚至以低浓度果汁冒充高浓度果汁等^[64]。

2 食品欺诈数据库的建立

食品欺诈事件已成为食品安全事件中的重要组成部分, 对所有的食品生产商都进行食品欺诈监测是不现实的。SPINK 等^[65]认为, 有效防控食品欺诈事件的策略之一是加大对食品欺诈事件的搜集与分析。目前的研究表明, 这些数据库能作为工具帮助食品行业和监管机构降低食品欺诈的风险。本文将对目前国际上主要的食品欺诈数据库进行介绍, 以便为监管部门和公众了解食品欺诈提供参考。

2.1 FoodChain ID 食品欺诈数据库

该数据库由美国药典委员会(US Pharmacopeia, USP)于 2012 年创建, 2018 年被 Decernis 公司收购^[66]。随后, 数据库的所有权又转移至 FoodChain ID 公司^[67]。目前, 该数据库归 FoodChain ID 所有, 记录了自 1980 年以来, 来源于科学文献、媒体报道、监管报告、司法记录、贸易协会报告及其它相关公共来源的食品掺假信息^[68-70]。目前, 该数据库涵盖了近 6000 多种食品成分、3000 多种食品掺假物, 共 18000 多条食品掺假记录, 这些记录分为事件记录、推论记录、监控记录和方法记录 4 个类别^[71]。其中, 事件记

表 1 食品欺诈类型、定义和典型案例
Table 1 Types, definitions and typical cases of food fraud

食品欺诈类型	欺诈类型定义	案例	参考文献
使用未经批准的增强	使用未经批准的添加物增加产品表面价值、提高产品表面质量, 或增强产品的功能性	普通大米添加不明成分的香精冒充“泰国香米”	[27]
隐瞒	隐瞒食品的真实成分或特性	隐瞒食品过期日期	—
掩盖	使用某种技术或添加某种成分掩盖食品已有的缺陷	在食品中使用亚硫酸盐掩盖食品变质情况	[21]
贴假标签	将一种产品再分类作为另一种产品, 其中可能包含以该产品被当成后者购买为目的的蓄意欺诈性模仿	将复合油(豆油及其他植物油)伪贴橄榄油标签	[21,28]
替代	用较廉价的产品替代或部分替代原产品或成分	在海鲜销售中, 用价格较低的物种替换价格较高的物种, 如用价格便宜的鲷鱼(<i>Lutjanus</i> spp.)或石斑鱼(<i>Sebastes</i> spp.)代替价格更高的红鲷鱼(<i>Lutjanus campechanus</i>)	[29]
稀释	降低较有价值的成分比例	用水或其他成分稀释牛奶	[30]
假冒	复制食品的品牌名称、包装概念、配方、加工方法等以获取经济利益	假冒葡萄酒品牌和地理标志	[31]
灰色市场生产/盗窃/转移	非正式或非法销售渠道销售产品	走私和非法进口	[32]

注: —表示无此项内容。

录是指在特定时间范围内,食品成分或产品中发生的有记录的食品欺诈事件。事件经常会在媒体上报道,并且往往包含有关犯罪者、欺诈动机、地理位置和/或其他特征的背景和支持信息。推断记录是指对食品欺诈掺假可能性的知识进行的文档记录,但没有足够的证据将其归类为事件。推论记录通常是基于已发表的研究,这些研究旨在开发特定成分中掺假物的检测方法。监控记录了在特定地理位置或供应链多个环节对食品或成分进行取样和测试的报告,以了解欺诈的范围。这种类型的市场抽样通常由监管机构、贸易组织或其他利益集团进行,也可能作为已发布的关于分析检测方法的研究的一部分。方法记录提供了有关检测食品掺假或鉴别食品成分的分析方法的信息,这些信息已在学术报告中发布。该数据库的创建旨在作为有关公开记录的食品欺诈事件的标准化信息来源,并提供与食品欺诈风险相关的其他信息,以支持食品欺诈脆弱性评估、缓解计划和食品安全计划。该数据库为付费数据库,不向公众开放免费访问。

2.2 食品欺诈风险信息数据库

该数据库于 2017 年创建,由 Food Fraud Advisors 公司拥有和管理,并利用 Food Fraud Advisors 公司开发的 Trello 软件进行发布。目前,数据库涵盖数百种不同类型的食品和食品生产投入品(如肥料、杀虫剂和包装材料)的食品欺诈风险信息,数据总量超过 100000 字。数据库中的信息主要来源于公共媒体,同时也包括来自食品行业、实验室和化学分析领域的专业媒体信息。此外,还包括来自联合国粮农组织网站、商品交易信息提供商、欧洲联合研究委员会、政府机构以及食品真实性和食品完整性领域的内部报告等。用户可借助该数据库进行食品欺诈脆弱性评估,深入了解因 EMA 所造成的危害。此外,该数据库还可用于水平扫描,以识别食品供应链面临的新威胁^[72]。该数据库是一个免费且开放访问的在线平台,用户无需登录即可按照月份或产品类别进行浏览和查询。

2.3 食品掺假事件登记处数据库

食品掺假事件登记处(Food Adulteration Incidents Registry, FAIR)数据库由美国明尼苏达大学食品保护和防御研究所(Food Protection and Defense Institute, FDPI)管理,整理记录了食品掺假事件的详细信息,包括事件编号、报告年份、食品类别、事件类型、掺假类型、掺杂物类型、报告国家、掺假地点、检测地点和事件摘要等^[2,25]。该数据库为所有用户提供有限的搜索入口,用户使用 FAIR 数据库可获取有关食品掺假事件的信息,包括潜在掺假物质和欺诈发生地点的详细数据^[25]。

2.4 HorizonScan 食品欺诈数据库

该数据库由英国食品和环境研究院(The Food and

Environment Research Agency, FERA)创建,广泛应用于欧盟的食品行业,专注于全球食品和饲料完整性问题,其内容涵盖与掺假、替代和欺诈有关的事件,以及微生物污染物、过敏原、杀虫剂和药物残留等问题^[73]。HorizonScan 数据库每天跟踪来自超过 65 个国家的官方网站,覆盖 202 个国家的 536 种商品,并从 100 多个数据源中进行扫描收集信息,平均每天新增记录超过 30 多条^[2,73]。该系统满足了公司对透明度和问责制的需求,也符合消费者和监管机构对成分供应链的要求。此外,HorizonScan 数据库还分析和评估报告中的趋势,以识别潜在的食品安全风险,从而提前进行预警,防止这些问题演变为更大的风险^[10]。

2.5 欧盟食品和饲料快速预警系统

欧盟食品和饲料快速预警系统(Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF)创建于 1979 年,旨在促进成员国之间的信息交流,以便快速共享有关食品和饲料的健康风险信息。当食品链对公众健康构成危害时,该系统能够迅速做出反应^[73]。RASFF 系统涵盖多个食品安全风险类别,其中包括掺假和欺诈的子类别。该系统的访问权限仅授予成员国当局和欧盟委员会,但公众可以通过 RASFF 窗口访问有关最近发送的 RASFF 通知的摘要信息。该窗口是一个交互式、可搜索的在线数据库,公众可查询 2020 年及以后发布的相关通知信息^[74]。

3 食品欺诈缓解及脆弱性评估

3.1 食品欺诈缓解及脆弱性评估相关指南和规范

针对食品欺诈的缓解和脆弱性评估,国内外已发布了一系列相关指南和规范。GFSI 高度重视食品欺诈的预防与控制研究,提出了“食品欺诈缓解措施”的概念,并制定了相关标准,以指导企业进行食品欺诈脆弱性评估,制定适宜的缓解措施^[21]。此外,GFSI 还专门建立了针对食品欺诈的脆弱性分析和关键控制点(vulnerability assessment and critical control point, VACCP)系统,旨在帮助食品企业开展脆弱性评估,从而有效预防在已识别的脆弱环节发生问题^[75-76]。

针对食品欺诈和掺假问题,USP 于 2016 年发布《食品欺诈缓解指南》,协助制造商和监管机构识别供应链中的漏洞,并制定针对性的食品欺诈脆弱性评估和缓解计划^[77]。同年,美国 FDA 也正式发布《保护食品防止被故意掺杂的缓解策略》,该法规简称为 IA 法规或 121 法规,也是美国《食品安全现代化法》配套法规之一。该法规提出企业必须建立并实施食品防护计划,并从计划的制定、实施和记录方面提出了详细的要求^[21]。

2018 年,国家认证认可监督管理委员会发布《危害分析与关键控制点(HACCP 体系)认证补充要求 1.0》,对企业在食品欺诈预防方面提出了明确要求,企业应建立并保

持文件化的食品欺诈脆弱性评估程序, 包括识别潜在的脆弱环节、制定预防食品欺诈的措施等^[45]。

2024 年 8 月 7 日, CAC 发布 CL 2024/71 号通报, 拟制订《食品欺诈预防和控制指南》。该指南的制订旨在提供关于食品欺诈的预防、检测、缓解和控制的系统性指导, 并规定通过采取与风险水平相称的措施来有效预防、发现、减轻和控制食品欺诈行为^[78]。

3.2 食品欺诈脆弱性评估工具

目前关于食品欺诈脆弱性评估 (food fraud vulnerability assessment, FFVA) 工具的研究基本是以国外为主。主要的 FFVA 工具有 4 种, 分别为 SSAFE (safe supply of affordable food everywhere)、食品欺诈初步筛选模型 (food fraud initial screening model, FFISM)、Campden 威胁分析和关键控制点系统 (threat analysis and critical control point system, TACCP) 和 VACCP。

SSAFE 评估工具是 2015 年由非营利性组织 SSAFE 与普华永道会计师事务所 (PricewaterhouseCoopers, PwC) 以及荷兰瓦赫宁根大学、阿姆斯特丹自由大学合作开发的脆弱性评估工具^[76,79], 基于科学的工具来评估公司的食品欺诈脆弱性, 旨在为帮助公司实施新的 GFSI 要求而开发的。这是一个免费工具, 可供整个食品供应链的食品经营者使用, 无论其规模、地理位置或食品业务类型如何^[79]。

FFISM 是美国学者 SPINK 等^[80]在 2016 年运用企业风险管理 (enterprise risk management, ERM) 的方法开发的脆弱性评估工具, FFISM 是一个初始筛查工具, 它允许将风险较低或已建立控制措施的产品组从后续的漏洞评估中删除, 使公司能够更具体地关注更高的风险, 它是作为 SSAFE 等评估工具的补充^[81]。

Campden TACCP 是来自于英国《保护和防护食品及饮料免受蓄意破坏指南》(PAS 96:2017), PAS 96:2017 将 Campden 威胁评估和关键控制点定义为“通过评估威胁、识别漏洞和实施整个生产过程的控制来系统地管理风险”^[82]。TACCP 控制的威胁包括出于 EMA 和恶意污染、勒索、间谍活动、假冒和网络犯罪。TACCP 专注于识别可能影响食品安全的犯罪和恶意活动的具体威胁。它遵循 HACCP 体系, 并要求用户组建 TACCP 团队, 确定研究范围, 审查当前的 TACCP 措施、威胁特征、缓解策略制定、扫描新的或紧急的威胁、实施、记录和文件审计/审查等^[4,81,83]。

VACCP 是由 GFSI 于 2017 年制定的^[4,82], VACCP 的推出旨在帮助食品行业识别和管理供应链中的脆弱性, 并给出预防措施建议, 是专门针对食品欺诈的应用工具, VACCP 与 TACCP 通常结合使用。

4 食品欺诈检测技术

检测技术的应用是预防和识别食品欺诈的重要手段,

涵盖了从食品原料、加工到最终产品的整个过程, 其目标在于实现对产品的物种/品种真伪鉴别、地理来源确认以及掺假物质的检测等。但是, 随着食品欺诈手段的日益多样化与掺假技术的复杂化, 食品欺诈检测技术面临着更高的要求。

传统的食品欺诈检测技术主要包括以光谱法^[84]、色谱法^[85]和质谱法^[86]等为代表的理化分析技术, 以及以聚合酶链反应 (polymerase chain reaction, PCR) 和 DNA 指纹图谱等为代表的分子生物学技术^[87]。这些技术在食品欺诈检测中应用广泛, 但也存在一些局限性, 如成本高、破坏性大、耗时长以及对检测人员技能要求高等^[88-90], 制约了食品欺诈事件的及时快速发现。因此, 快速、非破坏性和易于使用的分析方法逐渐成为一种趋势, 例如 SONG 等^[91]利用高光谱成像技术 (hyperspectral imaging, HSI) 和近红外 (near-infrared, NIR) 光谱法实现了对藏红花掺假的快速、无损检测; BAHMANI 等^[92]则采用红外热成像结合深度学习技术来检测牛肉中的掺假行为; COTTENET 等^[93]利用能量色散 X 射线荧光 (energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry, ED-XRF) 光谱法监控供应链中的草药和香料的无机掺杂。这些新兴技术在提高食品欺诈检测速度和准确性方面展现出了良好的前景。

尽管如此, 目前尚无单一的检测技术能够提供关于食品欺诈的全面分析。因此, 结合多种检测技术, 尤其是将各种检测技术与化学计量学相结合, 成为了一个重要的研究方向。例如 IRENE 等^[94]利用质谱法与化学计量学技术相结合, 成功测定了橄榄油的真实性; ZOU 等^[95]则通过气相色谱-质谱 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 技术与 HSI 技术相结合, 鉴别了红花籽油的掺假行为; ANA 等^[96]利用 NIR 光谱与化学计量学方法, 测定了辣椒粉地理来源的掺假。

此外, 将大数据和人工智能应用于检测技术中也是一种重要趋势。例如利用多学科的靶向测定和非靶向指纹技术, 结合人工智能支持的多种管理控制措施, 能有效防止和减轻茶叶欺诈问题^[97]。ASHISH 等^[98]基于人工智能/机器学习的成像方法, 成功检测了藏红花的掺假问题; TAREQ 等^[99]则将人工智能与物联网 (internet of things, IoT) 纳入检测技术中, 监测葵花籽油的掺假行为。

综上所述, 食品欺诈检测技术正在向多元化、智能化和高效化发展。通过结合传统方法与新兴技术, 以及利用大数据和人工智能的力量, 未来的食品欺诈检测将更加精准、快速和可靠, 从而更好地保护消费者的权益。

5 结束语

食品欺诈因其隐蔽性、多发性、难以治理性和全球性成为食品安全治理中的重点和难点。我国食品安全事件中, 涉及食品欺诈的事件不断增多。随着国外对食品欺诈事件

的关注度不断上升,我国也应该采取相应的行动来应对该问题。本文对我国应对食品欺诈事件提出以下讨论和建议。

第一,食品欺诈的多样性使得其定义和分类呈现出复杂性,不同国家和机构对食品欺诈的理解各有侧重,而这种差异可能导致法律和监管的实施效果不佳。食品欺诈不仅包括产品质量和成分的伪造,还涉及包装、标签以及其他信息等方面的欺骗性行为。因此,我国应参考国际通用做法并结合本国实际,尽快在相关的法律和标准中明确食品欺诈的定义和分类,用于规范行业、指导执法和保护消费者权益。

第二,美国、欧盟等发达国家已建立了食品欺诈数据库,这为企业和监管部门及时识别和掌握食品行业主要欺诈风险提供了重要工具。我国目前还未建立官方的食品欺诈数据库,这给我国梳理和掌握本国食品行业风险带来了一定困难。我国应借鉴欧美经验,研究建立我国自己的食品欺诈数据库,以更好地维护消费者权益,促进行业健康发展。

第三,我国目前针对食品欺诈方面的脆弱性研究相对较少,现有研究多是借鉴其他领域或国外的经验,缺乏针对我国食品行业自身特点的深入分析。因此,我国应加强对食品行业产业链各环节的研究分析,深入探究影响食品欺诈脆弱性的关键因素,开展针对性的脆弱性评估研究,为完善监管机制、提升企业自律意识和增强公众信息提供科学依据。

第四,随着全球食品欺诈事件的频发以及欺诈手段的不断升级,对食品欺诈检测技术提出了更高的要求,尤其是智能、无损、快速检测技术呈现快速发展态势,建议我国加大这方面的研发投入,不断提升食品欺诈检测能力,为监管执法提供有力支撑。

参考文献

- [1] 陈颖,张九凯,葛毅强. 基于文献计量的食品真实性鉴别研究态势分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(24): 8183-8194.
CHEN Y, ZHANG JK, GE YQ. A bibliometric analysis on technology innovation of food authentication [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(24): 8183-8194.
- [2] 董明月,李远钊,杨雪,等. 国外食品欺诈进展研究及对我国的启示[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(19): 323-330.
DONG MY, LI YZ, YANG X, *et al.* Progress of food fraud abroad and its enlightenments to China [J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(19): 323-330.
- [3] ESTEKI M, REGUEIRO J, SIMAL-GÁNDARA J. Tackling fraudsters with global strategies to expose fraud in the food chain [J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2019, 18(2): 425-440.
- [4] SOON JM, KRZYZANIAK S, SHUTTLEWOOD Z, *et al.* Food fraud vulnerability assessment tools used in food industry [J]. Food Control, 2019, 101: 225-232.
- [5] EVERSTINE K, SPINK J, KENNEDY S. Economically motivated adulteration (EMA) of food: Common characteristics of EMA incidents [J]. Journal of Food Protection, 2013, 76(4): 723-735.
- [6] GOSSNER ME, SCHLUNDT J, EMBAREK PB, *et al.* The melamine incident: Implications for international food and feed safety [J]. Environmental Health Perspectives, 2009, 117(12): 1803-1808.
- [7] SPINK J, MOYER DC. Defining the public health threat of food fraud [J]. Journal of Food Science, 2011, 76(9): R157-R163.
- [8] EVERSTINE K, HELLBERG RS, SKLARE SA. Food fraud: A global threat with public health and economic consequences [M]. United States, Academic Press, 2021.
- [9] 蔡昊栋,王文强,文豪,等. 美国明尼苏达大学食品保护与防御中心经济利益驱动型掺假数据库分析及学术地图可视化呈现[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(24): 8548-8555.
CAI HD, WANG WQ, WEN H, *et al.* Analysis and visualization of academic maps on economically motivated adulteration database of the center for food protection and defense, university of Minnesota, USA [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(24): 8548-8555.
- [10] KELSEY R, MOIRA D, STEPHANIE B, *et al.* A 20-year analysis of reported food fraud in the global beef supply chain [J]. Food Control, 2020, 116: 107310.
- [11] 杨杰,高洁,苗虹. 论食品欺诈和食品掺假[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(12): 235-240.
YANG J, GAO J, MIAO H. Discussion of food fraud and food adulteration [J]. Food and Fermentation Industries, 2015, 41(12): 235-240.
- [12] 张星联,张慧媛,宋华欣,等. 蜂蜜掺假的脆弱性评估技术研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(24): 9187-9193.
ZHANG XL, ZHANG HY, SONG HZ, *et al.* Vulnerability assessment of honey adulteration [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(24): 9187-9193.
- [13] YANG Y, HUISMAN W, HETTINGA KA, *et al.* The Chinese milk supply chain: A fraud perspective [J]. Food Control, 2020, 103: 107211.
- [14] 白雪瑞,李鑫,孙涛,等. 基于电子舌结合 VMD-IMG 组合模型的清香型白酒掺假检测[J]. 包装与食品机械, 2024, 42(3): 103-112.
BAI XR, LI X, SUN T, *et al.* Adulteration detection of mild aromatic Chinese spirits on electronic tongue combined with VMD-IMG composite model [J]. Packaging and Food Machinery, 2024, 42(3): 103-112.
- [15] KAREN DE, HENRY BC, FERNANDO AL, *et al.* Database of food fraud records: Summary of data from 1980 to 2022 [J]. Journal of Food Protection, 2024, 87(3): 100227.
- [16] GIANNAKAS K, YIANNAKA A. Food fraud: causes, consequences, and deterrence strategies [J]. Annual Review of Resource Economics, 2023, 15: 85-104.
- [17] LORD N, ELIZOND CJF, SPENCER J. The dynamics of food fraud: The interactions between criminal opportunity and market (dys)functionality in legitimate business [J]. Criminology & Criminal Justice, 2017, 17(5): 605-623.
- [18] The Knowledge Centre for Food Fraud and Quality (KC-FFQ). Definition of food fraud [EB/OL]. (2020-01-14) [2024-12-17]. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/food-fraud-quality/topic/food-fraud_en
- [19] Food and Drug Administration, HHS. Economically Motivated Adulteration; Public Meeting; Request for comment [EB/OL]. (2009-04-06) [2024-12-17]. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2009-04-06/pdf/E9-7843.pdf>
- [20] 李丹,王守伟,臧明伍,等. 美国应对经济利益驱动型掺假和食品欺诈的经验及对我国的启示[J]. 食品科学, 2016, 37(7): 259-263.
LI D, WANG SW, ZANG MW, *et al.* The United States' experience in

- dealing with economically motivated adulteration and food fraud and its enlightenments to China [J]. *Food Science*, 2016, 37(7): 259–263.
- [21] 《非传统食品安全及应对策略》编委会. 非传统食品安全及应对策略 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
The Editorial Board of *Non-traditional food safety and coping strategy*. *Non-traditional food safety and coping strategy* [M]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [22] 李丹, 王守伟, 臧明伍, 等. 国内外经济利益驱动型食品掺假防控体系研究进展[J]. *食品科学*, 2018, 39(1): 320–325.
LI D, WANG SW, ZANG MW, *et al.* Progress in prevention and control systems against economically motivated food adulteration prevention and control system of food in home and abroad [J]. *Food Science*, 2018, 39(1): 320–325.
- [23] HM Government. Elliott review into the integrity and assurance of food supply networks-final report [EB/OL]. (2014-07-01) [2024-12-17]. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/350726/elliott-review-final-report-july2014.pdf
- [24] 食品药品监管总局关于征求食品安全欺诈行为查处办法(征求意见稿)意见的通知[EB/OL]. (2017-03-14) [2024-12-11]. https://www.gov.cn/xinwen/2017-02/23/content_5170185.htm
Notice of the State Administration of Food and Drug Administration on soliciting opinions on the “Measures for the investigation and punishment of food safety fraud” (draft for soliciting opinions) [EB/OL]. (2017-03-14) [2024-12-11]. https://www.gov.cn/xinwen/2017-02/23/content_5170185.htm
- [25] JAN MS, IKARASTIKA RAW. A bayesian approach to predict food fraud type and point of adulteration [J]. *Foods*, 2022, 11(3): 328.
- [26] The Knowledge Centre for Food Fraud and Quality (KC-FFQ). Type of food frauds [EB/OL]. (2020-01-14) [2024-12-17]. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/food-fraud-quality/topic/food-fraud_en.
- [27] 新京报. 3·15 晚会:你买的“泰国大米”,可能是用香精兑出来的[EB/OL]. (2023-03-16) [2024-12-11]. <https://www.bjnews.com.cn/detail/167890125114290.html>
BJNEWS. The 315 broadcast: The “Thai Rice” you bought may be diluted with flavoring [EB/OL]. (2023-03-16) [2024-12-11]. <https://www.bjnews.com.cn/detail/167890125114290.html>
- [28] European Commission. Monthly summary of articles on food fraud and adulteration [EB/OL]. (2022-11-01) [2024-12-16]. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/sites/default/files/food_fraud_newsletter_11-2022.pdf
- [29] U.S. Food & Drug Administration. Seafood species substitution and economic fraud [EB/OL]. (2023-05-03) [2024-12-10]. <https://www.fda.gov/food/seafood-guidance-documents-regulatory-information/seafood-species-substitution-and-economic-fraud>
- [30] Punjab Food Authority. PFA disposes of 1320 adulterated milk. [EB/OL]. (2024-05-03) [2024-12-11]. <https://www.nation.com.pk/03-May-2024/pfa-disposes-of-1320-adulterated-milk>
- [31] European Commission. Monthly summary of articles on food fraud and adulteration [EB/OL]. (2023-02-01) [2024-12-12]. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/sites/default/files/food_fraud_newsletter_02-2023.pdf
- [32] European Commission. Monthly summary of articles on food fraud and adulteration [EB/OL]. (2024-09-01) [2024-12-13]. <https://knowledge4policy.ec.europa.eu/sites/default/files/September%202024.pdf>
- [33] 李斌, 卢英俊, 刘燕德, 等. 基于高光谱反射和透射融合技术的牛肉糜掺假检测[J]. *农业工程学报*, 2024, 40(16): 251–260.
LI B, LU YJ, LIU YD, *et al.* Detection of adulteration of minced beef based on hyperspectral reflectance and transmission fusion technique [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2024, 40(16): 251–260.
- [34] 李月, 林义利, 周云云, 等. 基于同步荧光技术的牛肉中掺杂猪肉鉴别方法研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2024, 44(10): 2968–2972.
LI Y, LIN YL, ZHOU YY, *et al.* Potentiality of synchronous fluorescence technology for identification of pork adulteration in beef [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2024, 44(10): 2968–2972.
- [35] 王忠合, 胡文梅, 卢燎源, 等. 非标记蛋白组学法鉴别牛肉丸中肉类掺假的方法研究[J]. *中国食品学报*, 2022, 22(4): 295–308.
WANG ZH, HU WM, LU LY, *et al.* Methods for quantitative identification of meat adulteration in beef meatballs by label-free proteomics [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2022, 22(4): 295–308.
- [36] 梁静, 郝生燕, 赵祥民, 等. 基于近红外光谱技术构建牛羊肉掺假鉴别模型[J]. *甘肃农业大学学报*, 2023, 58(4): 19–29.
LIANG J, HAO SY, ZHAO XM, *et al.* Construction of an adulteration identification model for beef and mutton based on near-infrared spectroscopy [J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2023, 58(4): 19–29.
- [37] 陈珍金, 张璜, 石磊, 等. 利用 LAMP 技术快速检测羊肉制品中的鼠源性成分[J]. *食品科学*, 2021, 42(12): 322–327.
CHEN ZJ, ZHANG H, SHI L, *et al.* Rapid detection of murine-derived ingredients in mutton products using loop-mediated isothermal amplification [J]. *Food Science*, 2021, 42(12): 322–327.
- [38] 牛晓颖, 牟晓晴, 孙杰, 等. 熟驴肉掺假近红外定性及定量检测[J]. *光谱学与光谱分析*, 2024, 44(7): 1993–2001.
NIU XY, MOU XQ, SUN J, *et al.* Qualitative and quantitative analyses of cooked donkey meat adulteration based on NIR spectroscopy [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2024, 44(7): 1993–2001.
- [39] 朱天园, 焦新雅, 程书梅. 基于便携式荧光定量 PCR 仪定量检测驴肉中掺假鸭肉[J]. *食品工业科技*, 2023, 44(9): 340–345.
ZHU TY, JIAO XY, CHEN SM. Detecting donkey meat adulterated with duck meat by portable fluorescence quantitative PCR [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2023, 44(9): 340–345.
- [40] 盖圣美, 张中会, 游佳伟, 等. 低场核磁共振技术结合化学计量学方法定性、定量检测注水猪肉[J]. *食品科学*, 2020, 41(4): 243–247.
GAI SM, ZHANG ZH, YOU JW, *et al.* Qualitative and quantitative detection of water-injected pork using low-field nuclear magnetic resonance combined with chemometrics [J]. *Food Science*, 2020, 41(4): 243–247.
- [41] 於海明, 徐佳琪, 刘浩鲁, 等. 基于高光谱和频谱特征的注水肉识别方法[J]. *农业机械学报*, 2019, 50(11): 366–372.
YU HM, XU JQ, LIU HL, *et al.* Identification of water injection meat based on hyperspectral technique and spectrum characteristics [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2019, 50(11): 366–372.
- [42] 王玮娟, 位佳静, 罗飞, 等. 猪肉中卡拉胶预测模型的开发与验证[J]. *肉类工业*, 2019(2): 30–33.
WANG YJ, WEI JJ, LUO F, *et al.* Development and verification of carrageenan prediction model in pork [J]. *Meat Industry*, 2019(2): 30–33.
- [43] MENG XR, YIN CL, YUAN LB, *et al.* Rapid detection of adulteration of olive oil with soybean oil combined with chemometrics by Fourier transform infrared, visible-near-infrared and excitation-emission matrix fluorescence spectroscopy: A comparative study [J]. *Food Chemistry*, 2022, 405: 134828.
- [44] LIMA TK, MUSSO M, MENEZES DB. Using Raman spectroscopy and an exponential equation approach to detect adulteration of olive oil with

- rapeseed and corn oil [J]. Food Chemistry, 2020, 333: 127454.
- [45] MALAVI D, RAES K, HAUTE SV. Integrating near-infrared hyperspectral imaging with machine learning and feature selection: Detecting adulteration of extra-virgin olive oil with lower-grade olive oils and hazelnut oil [J]. Current Research in Food Science, 2024, 9: 100913.
- [46] DRAKOPOULOU SK, KRITIKOU AS, BAESSMANN C, *et al.* Untargeted 4D-metabolomics using trapped ion mobility combined with LC-HRMS in extra virgin olive oil adulteration study with lower-quality olive oils [J]. Food Chemistry, 2024, 434: 137410.
- [47] LI X, ZHANG Y, LIU Z, *et al.* Quality assessment and geographical origin classification of extra-virgin olive oils imported into China [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2022, 113: 104713.
- [48] FAKHLAEI R, SELAMAT J, KHATIB A, *et al.* The toxic impact of honey adulteration: A review [J]. Foods, 2020, 9(11): 1538.
- [49] BOSE D, PADMAVATI M. Honey authentication: A review of the issues and challenges associated with honey adulteration [J]. Food Bioscience, 2024, 61: 105004.
- [50] SONG XY, SHE S, XIN MM, *et al.* Detection of adulteration in Chinese monofloral honey using ¹H nuclear magnetic resonance and chemometrics [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2020, 86: 103390.
- [51] AHMAD NN, MOHD S, KHAIRATUN SN. Exploring fraudulent honey cases from readily available food fraud databases [J]. Global Academy of Training & Research, 2021, 9(2): 99–113.
- [52] DAVID M, MAGDAS DA. Authentication of honey origin and harvesting year based on Raman spectroscopy and chemometrics [J]. Talanta Open, 2024, 10: 100342.
- [53] MARIJANA S, ALEKSANDRA N, PREDRAG I, *et al.* Geographical origin authentication of honey produced in the region of Rtanj Mountain (Serbia) [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2024, 129: 106088.
- [54] Product fraud: Impacts on Australian agriculture, fisheries and forestry industries [EB/OL]. (2019-11-21) [2024-12-17]. <https://agrifutures.com.au/pdf-view/?pdf=21-039&file=2021/11/21-039>
- [55] DAI SF, WANG N, ZHANG LF, *et al.* Research on the adulteration detection of distilled water in wine based on spectral analysis [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2018, 39(2): 548–552.
- [56] 张季, 侯睿, 张冰雪, 等. 基于 ASAP-TOF MS 技术鉴别酱香型白酒中食用酒精掺伪方法的建立[J]. 中国酿造, 2024, 43(7): 233–237.
- ZHANG J, HOU R, ZHANG BX, *et al.* Identification of edible alcohol adulteration in sauce-flavor Baijiu based on ASAP-TOF MS technique [J]. China Brewing, 2024, 43(7): 233–237.
- [57] 郑利军, 邓晓庆, 陈雄, 等. 气相色谱法测定国公酒中 7 种掺伪香精成分[J]. 中国酿造, 2024, 43(2): 253–257.
- ZHENG LJ, DENG XQ, CHEN X, *et al.* Determination of seven adulterated essence components in Guogong liquor by gas chromatography [J]. China Brewing, 2024, 43(2): 253–257.
- [58] SAMUEL P, RODRIGO V, GUILLERMO P, *et al.* Toward the authentication of wines of Itata valley denomination of origin through total reflection x-ray fluorescence (TXRF) method for testing adulteration. A novel valuable tool by using compton/rayleigh scattering signals in wines [J]. Food Bioscience, 2024, 61: 104475.
- [59] 程铁轶, 肖宇, 薛康, 等. 机器学习在白酒产地溯源研究中的应用进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(18): 59–66.
- CHEN TY, XIAO Y, XUE K, *et al.* Progress of machine learning in the research of Baijiu origin traceability [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(18): 59–66.
- [60] 蒋越, 李安, 靳欣欣, 等. 基于氢氧稳定同位素的桃果原汁掺水鉴别[J]. 食品与机械, 2020, 36(9): 63–66.
- JIANG Y, LI AN, JIN XX, *et al.* Identification of peach fruit juice adulterated with water based on hydrogen and oxygen stable isotopes [J]. Food & Machinery, 2020, 36(9): 63–66.
- [61] REZA J, AZADEH N, SAMIRA E, *et al.* Detection and verification of citrus juice adulteration: A comprehensive review of targeted and untargeted analytical methods [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2025, 139: 107127.
- [62] SAMAL YZ, KHALIL F, SABER A. Rapid detection of apple juice concentrate adulteration with date concentrate, fructose and glucose syrup using HPLC-RID incorporated with chemometric tools [J]. Food Chemistry, 2022, 370: 131015.
- [63] 赵玲, 张娟, 苏健裕. 分子生物技术在果汁鉴别中应用的研究现状[J]. 中国酿造, 2020, 39(11): 16–20.
- ZHAO L, ZHANG J, SU JY. Research situation on application of molecular biotechnology in fruit juice identification [J]. China Brewing, 2020, 39(11): 16–20.
- [64] 刘瑞, 雷启迪, 白李薇薇. 果汁掺假检测技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(23): 52–59.
- LIU R, LEI QD, BAI LWW. Research progress on juice adulteration detection technology [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(23): 52–59.
- [65] SPINK J, MOYER DC, PARK H, *et al.* Introducing food fraud including translation and interpretation to Russian, Korean, and Chinese languages [J]. Food Chemistry, 2015, 189: 102–107.
- [66] Decernis Acquires Food Fraud Database from USP [EB/OL]. (2018-06-25) [2024-12-10]. <https://www.usp.org/news/decernis-acquires-ffd-from-usp>
- [67] VARONGSIRI K, VIJAY J, WEERAYA K. Incidents and potential adverse health effects of serious food fraud cases originated in Asia [J]. Foods, 2023, 12(19): 3522.
- [68] 王文强, 文豪, 张文众, 等. 基于美国药典委 EMA 数据库的全球经济利益驱动型掺假和食品欺诈的分析[J]. 食品质量安全检测学报, 2019, 10(3): 804–810.
- WANG WQ, WEN H, ZHANG WZ, *et al.* Analysis of global economically motivated adulteration and food fraud based on the EMA database of the United States pharmacopoeia [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(3): 804–810.
- [69] JOHNSON R. Food fraud and “economically motivated adulteration” of food and food ingredients [R]. Congressional Research Service, 2014: 2.
- [70] EVERSTINE K, ABT E, MCCOLL D, *et al.* Development of a hazard classification scheme for substances used in the fraudulent adulteration of foods [J]. Journal of Food Protection, 2018, 81(1): 31–36.
- [71] MOORE JC, SPINK J, LIPP M. Development and application of a database of food ingredient fraud and economically motivated adulteration from 1980 to 2010 [J]. Journal of Food Science, 2012, 77(4): R118–R126.
- [72] ATLASSIAN T. Food fraud risk information [EB/OL]. (2024-11-06) [2024-12-11]. <https://trello.com/b/aoFO1UEf/food-fraud-risk-information>
- [73] BOUZEMBRAK Y, STEEN B, NESLO R, *et al.* Development of food fraud media monitoring system based on text mining [J]. Food Control, 2018, (93): 283–296.
- [74] European Commission. Rapid alert system for food and feed (RASFF). [EB/OL]. (2024-11-08) [2024-12-10]. https://ec.europa.eu/food/safety/rasff_en
- [75] Gfsi position on mitigating the public health risk of food fraud [EB/OL]. (2019-09-20) [2024-12-11]. <https://mygfsi.com/wp-content/uploads/2019/09/Food-Fraud-GFSI-Position-Paper.pdf>

- [76] 韩晓旭, 张祁, 郑艳琴, 等. 食品企业开展原料脆弱性评估的工具介绍及应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(10): 4083–4088.
HAN XX, ZHANG Q, ZHENG YQ, *et al.* Introduction and application of tools for evaluating raw material vulnerability in food enterprises [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(10): 4083–4088.
- [77] Food fraud mitigation guidance appendix XVII general tests and assays [EB/OL]. (2015-10-29) [2024-12-11]. <https://www.usp.org/sites/default/files/usp/document/our-work/Foods/food-fraud-mitigation-guidance.pdf>
- [78] 国家认证认可监督管理委员会公告. 国家认监委关于更新《危害分析与关键控制点(HACCP 体系)认证依据》的公告[EB/OL]. (2018-05-18) [2024-12-09]. https://www.cnca.gov.cn/zwx/gg/2018/art/2023/art_f6eb09b96c9f47989f85a2d3cd0968b3.html
Announcement of the National Certification and Accreditation Administration. Announcement of the national certification and accreditation administration on updating the *Certification Basis for Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System* [EB/OL]. (2018-05-18) [2024-12-09]. https://www.cnca.gov.cn/zwx/gg/2018/art/2023/art_f6eb09b96c9f47989f85a2d3cd0968b3.html
- [79] Draft guidelines on the prevention and control of food fraud [EB/OL]. (2024-08-07) [2024-12-11]. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-733-27%252FWorking%2Bdocuments%252Ffc27_05e.pdf
- [80] SPINK J, MOYER DC, SPEIER-PERO C. Introducing the food fraud initial screening model (FFIS) [J]. Food Control, 2016, 69: 306–314.
- [81] 李瑞, 武竹英, 丁采凤, 等. 食品欺诈及其脆弱性评估在供应链中的研究进展[Z]. 2024.
LI R, WU ZY, DING CF, *et al.* Research progress of food fraud and its vulnerability assessment in supply chain [Z]. 2024.
- [82] 国家认证认可监督管理委员会. 国家食品安全危害分析与关键控制点应用研究中心. 美国《保护食品防止被故意掺杂的缓解策略》法规解读[M]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
The National Certification and Accreditation Administration. The state food safety hazard analysis and critical control point application research center. An interpretation of FDA regulation focused *Mitigation strategies to protect food against intentional adulteration* [M]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [83] BARRERE V, EVERSTINE K, THÉOLIER J, *et al.* Food fraud vulnerability assessment: Towards a global consensus on procedures to manage and mitigate food fraud [J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 100: 131–137.
- [84] HAUGHEY SA, GRAHAM SF, CANCOUET E, *et al.* The application of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to detect melamine adulteration of soya bean meal [J]. Food Chemistry, 2013, 136(3-4): 1557–1561.
- [85] SILVA BM, ANDRADE PB, MENDES GC, *et al.* Analysis of phenolic compounds in the evaluation of commercial quince jam authenticity [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(7): 2853–2857.
- [86] RUIZ-MATUTE AI, SORIA AC, MARTÍNEZ-CASTRO I, *et al.* A new methodology based on GC-MS to detect honey adulteration with commercial syrups [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(18): 7264–7269.
- [87] 王冰峰, 徐贞贞, 张星联. 基于网络信息的中国食用农产品经济利益驱动型掺假的分析研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(21): 8597–8603.
WANG BF, XU ZZ, ZHANG XL. Analysis and research on economic motivated adulteration of Chinese edible agricultural products based on network information [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(21): 8597–8603.
- [88] MAHANTI NK, SHIVASHANKAR S, CHHETRI KB, *et al.* Enhancing food authentication through E-nose and E-tongue technologies: Current trends and future directions [J]. Trends in Food Science & Technology, 2024, 150: 104574.
- [89] MIGUEL VC, SÁNCHEZ MT, IRINA TR, *et al.* NIR sensing technologies for the detection of fraud in nuts and nut products: A review [J]. Foods, 2024, 13(11): 1612.
- [90] ZHANG ZX, LI YL, ZHAO SS, *et al.* Rapid analysis technologies with chemometrics for food authenticity field: A review [J]. Current Research in Food Science, 2024, 8: 100676.
- [91] SONG WR, WEI X, WANG H, *et al.* Rapid and low-cost detection of saffron (*Crocus sativus* L.) adulteration using smartphone videos and spectral data fusion strategy [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2024, 135: 106691.
- [92] BAHMANI L, MINAEI S, BANAKAR AHMAD, *et al.* Thermography and deep learning for detection of ground beef adulteration [J]. Microchemical Journal, 2024, 205: 111174.
- [93] COTTENET G, ANDREY D, DUBASCOUX S. Evaluation of ED-XRF for the detection of inorganic adulterants in turmeric, paprika and oregano [J]. Food Additives & Contaminants, 2024, 41(5): 461–467.
- [94] IRENE CC, BIENVENIDA GL, CRISTINA RS, *et al.* Virgin olive oil authentication using mass spectrometry-based approaches: A review [J]. Trends in Analytical Chemistry, 2024, 181: 118029.
- [95] ZOU ZY, WANG QL, LI MH, *et al.* Combination of gas chromatography-mass spectrometry and hyperspectral imaging for identification of adulterated Safflower seed oil [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2024, 135: 106593.
- [96] ANA C, NATALIA AM, IGNACIO LG, *et al.* Authentication strategy for paprika analysis according to geographical origin and study of adulteration using near infrared spectroscopy and chemometric approaches [J]. Food Control, 2024, 161: 100397.
- [97] LI YC, CHRISTOPHER TE, AWANWEE P, *et al.* The classification, detection and ‘SMART’ control of the nine sins of tea fraud [J]. Trends in Food Science & Technology, 2024, 149: 104565.
- [98] ASHISH R, SANJANA K, MANOJ KD, *et al.* Sniffing out adulteration in saffron: Detection methods and health risks [J]. Food Control, 2024, 155: 110042.
- [99] TAREQ HT, NILADRI SC, KAUSHIK B, *et al.* A two-tier approach for the detection of contaminants and adulterants in sunflower oil to protect consumer safety [J]. Trends in Food Science & Technology, 2024, 150: 104559.

(责任编辑: 韩晓红 蔡世佳)