

信息化时代食品安全预警体系的 结构与构建技术研究进展

湛 茹, 鲍 蕾*, 续 斐

[雀巢研发(中国)有限公司, 雀巢食品安全研究院, 北京 100016]

摘 要: 在信息化时代, 食品安全信息呈现出复杂化、传播快、数据量大、有效信息密度低等显著特征, 这给现代化食品安全预警体系的构建带来了困难和挑战。基于此背景, 本文首先从构建适应当前信息化发展趋势的食品安全预警体系出发, 结合国内外研究进展, 总结归纳了食品安全预警体系的定义和该体系中的 3 个主要构成系统, 即食品安全信息收集系统、预警信息分析系统和预警反应系统。其次阐述了结合数据库的食品安全预警体系的模块化设计路径。最后探讨了爬虫、云计算、物联网、关联分析、情感分析、深度学习等智能化信息技术在构建高效、智能的食品安全预警系统方面的最新实践。本文以期构建适应现代化信息时代食品安全风险管理需求的预警体系提供重要的理论和技术参考。

关键词: 食品安全; 预警体系; 风险; 信息化; 人工智能

Research progress on the structure and building technology of the food safety early warning system in the information era

SHEN Ru, BAO Lei*, XU Fei

[Nestlé Food Safety Institute of China, Nestlé R&D (China) Ltd., Beijing 100016, China]

ABSTRACT: In the information era, food safety information exhibits significant characteristics such as complexity, fast dissemination, large volume, and low value density, which has posed difficulties and challenges to the construction of modernized food safety early warning system. Therefore, based on the objective of establishing the informatization trend-adaptive food safety early warning system, this article summarized the domestic and international literatures, in order to conclude the definition of a food safety early warning system and its 3 main components including the food safety information collection, the early warning information analysis, and the response systems. In addition, this article introduced the modular design paths for the food safety early warning system on the basis of database. At last, this review discussed the latest applications of various cutting-edge technologies in the establishment of high-efficient and smart food safety early warning system, such as the web crawling, cloud computing, internet of things, association analysis, sentimental analysis, and deep learning etc.. In sum, this work provided the important theoretical and technological reference for the establishment of early warning system that meets the contemporary needs of food safety risk management in the age of modernization and informatization.

KEY WORDS: food safety; early warning system; risk; informatization; artificial intelligence

*通信作者: 鲍蕾, 研究员, 主要研究方向为食品安全与标准。E-mail: Lei.bao@rd.nestle.com

*Corresponding author: BAO Lei, Professor, Nestlé Food Safety Institute of China, Nestlé R&D (China) Ltd., No.6, Jiuxianqiao Road, Chaoyang District, Beijing 100016, China. E-mail: Lei.bao@rd.nestle.com

0 引言

食品安全是全球各国食品行业管理者、从业者和消费者所关心的重要议题。我国是食品生产和消费大国,面临着食品产业环境复杂、链条长、主体多、新业态和新资源带来的潜在风险。在信息化时代,食品安全风险呈现跨区域、传播快、复杂化的趋势,为食品安全管理带来困难和挑战^[1]。如果食品安全风险未得到有效控制,可能会进一步衍变成食品安全问题甚至危机,威胁人类健康、经济、环境和社会稳定^[2]。目前,我国的食品质量安全管理能力与国际先进水平还存在差距,尤其是风险监测、评估和预警等基础性工作相对薄弱。因此,发展和完善食品安全预警体系具有重要战略性意义。近年来,国务院、国家卫生健康委等管理部门印发的《质量发展纲要(2011—2020 年)》《“十四五”市场监管现代化规划》《食品安全标准与监测评估“十四五”规划》以及《质量强国建设纲要》等一系列文件都把加快建设食品质量安全风险预警体系、提高国家和地方食品安全风险预警能力等作为工作重点^[3-5]。

预警体系指可以及时生成和传播有意义的风险信息,并预报给潜在受影响的个人和组织,使其尽早采取适当行动,以减少对其可能的伤害或损失的能力或程序化系统^[6-7]。当前,预警体系已经在包括食品行业在内的各行业领域广泛应用^[6-7]。基于此,结合世界卫生组织的定义,食品安全预警体系是通过系统化的工具、技术、流程和资源,

对食品原材料、生产、加工、运输、销售各环节中的信息进行监测、检测、分析和验证,从中及早发现预警信号,分析由这些信号产生的数据和信息以识别潜在食品安全风险,并将警报及时传达给利益相关者,以便在发展为食品安全事故前采取措施,降低可能负面影响,从而指导“从农场到餐桌”全链条食品安全风险前置性管理的目的^[8-9]。为了更好地运用食品安全预警体系来提高食品安全质量管理水平,本文系统总结了食品安全预警体系的结构,梳理出构建食品安全预警体系所涉及的关键技术,旨在为我国发展和完善信息时代的食品安全预警体系提供理论和技术参考。

1 现代化食品安全预警体系的构成

传统食品安全预警体系主要依托于应对能力,即食品安全事件发生以后,在事件发展早期采取的识别、缓解和控制措施^[9-10]。但现代化的食品安全预警体系更强调整合监测、预测和应对能力,即通过收集、分析和交流与食品安全问题信号和驱动因素相关的信息,以更好地对紧急或次紧急的食品安全威胁做好准备和应对措施^[10-12],从而推动食品安全管理从“消极、被动、事后、弥补”向“积极、主动、事前、预防”转变,把危害损失降至最低^[13-14]。根据对国内外研究的总结,现代食品安全预警体系主要划分为信息收集系统、预警分析系统、预警反应系统三部分^[11,15-17]。现代化食品安全预警体系的结构及主要功能模块设计见图 1。

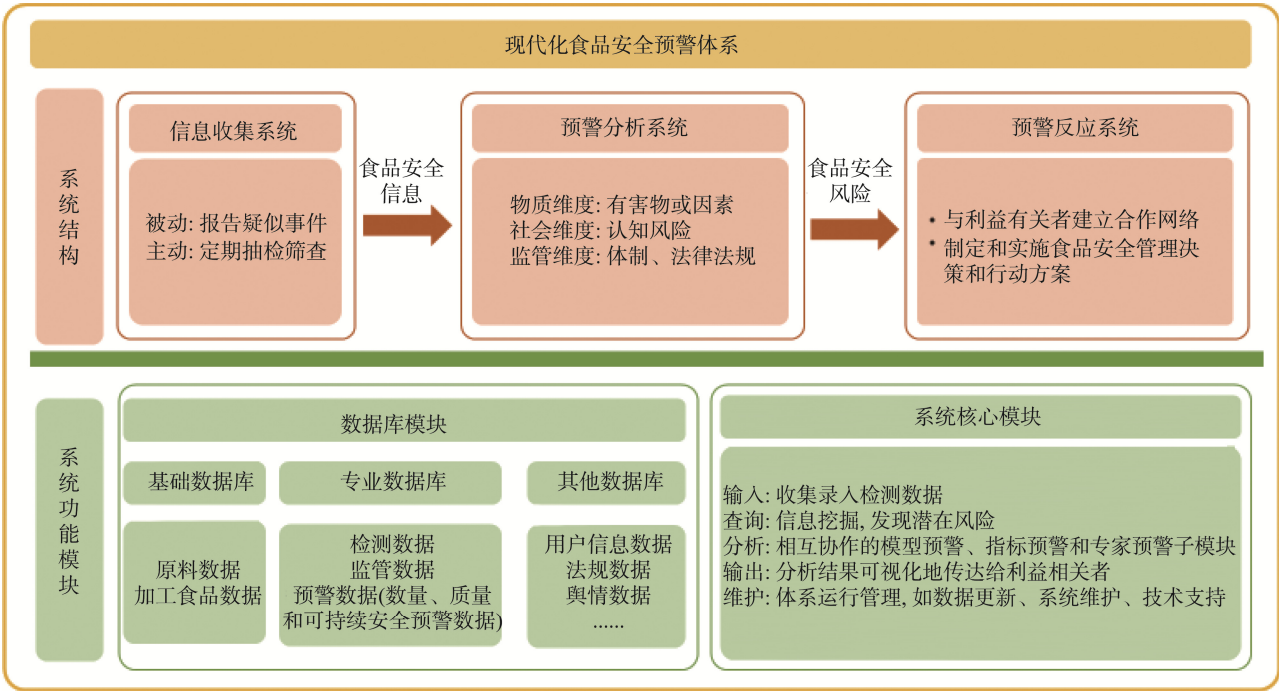


图 1 现代化食品安全预警体系的结构及主要功能模块设计
Fig.1 Structure and main functional module design of modern food safety early warning system

1.1 信息收集系统

常见的信息收集系统有“被动”和“主动”两种形式。被动信息收集是指利益相关者接受数据收集者报告的疑似事件^[18], 主要在食品安全管理部门接受食品从业者或下级监管部门报告特定食源性疾病和畜禽疫病病例等应用场景, 但被动式数据收集系统在数据提供者专业水平较高时效果较好。主动信息收集是指系统性或定期地记录和收集信息, 例如主动收集畜禽用药和卫生检疫记录、食品原材料中污染物的抽检筛查等。这种信息收集形式已被广泛用于实施国家食品安全风险监测计划等工作, 能更及时地监测数据, 为食品安全风险的识别和分析提供更多数据基础, 但在风险率较低的情况下成本较高^[18]。信息的收集是一个逐步完善的过程, 而信息源的数量和质量决定了预警的质量, 因此, 为完善食品安全预警信息收集系统, 需要不断增加和优化信息源^[19]。

1.2 预警分析系统

预警分析系统的主要功能是对食品安全信息进行分析, 快速发现需要进一步研究的预警信号, 识别和通报潜在在食品安全风险^[15]。建设预警分析系统需要构建数据信息分析方法和模型, 然后通过分析技术对采集到的风险信息进行评估, 确定风险的等级并进行风险分级, 以提高风险信息研判的科学性和准确性^[17,20-21]。预警分析系统是否有效运行会直接影响预警质量及后续行动的及时性和准确性, 对整个预警体系至关重要。

鉴于食品安全风险的复杂性^[19], 预警分析系统需要具有多维度特征, 能从物质、社会和监管多维度分析食品安全风险。物质维度上, 食品安全风险是指食品中存在的有害物质和因素可能对消费者及其后代健康造成的不良影响, 主要包括微生物污染、农兽药残留超标、食品添加剂滥用问题、食品过度加工带来的营养安全问题等。社会维度上的食品安全风险也可被理解为“食品安全认知风险”(Perceived Food Safety Risk), 是基于食品的社会经济属性, 由社会心智、心理引发的食品安全风险, 极易影响和扩散到其他领域, 其风险影响力和危险性往往超越客观风险本身^[1]。监管维度上的食品安全风险是指体制机制、法律法规、监管效能等因素对食品安全风险防范的影响^[1]。从过程上讲, 预警分析包括风险评估、管理和交流 3 个关键步骤。首先, 风险评估要进行危害识别、危害描述、暴露评估和风险描述; 然后, 对风险进行评价并做出应对决策; 最后, 与风险相关者各方的共享和交流风险信息^[22-23]。从方法上讲, 预警分析系统主要使用构建的评估模型、分析技术和相关领域专家形成风险分析结论。目前, 研究者们已建立了食品检测数据分析模型、食品舆情分析模型、食品欺诈分析模型、食品安全综合评价指数模型和食品风险地图分析模型等^[19]。

1.3 预警反应系统

预警反应系统强调对识别出的食品安全风险的接收、响应和行动能力, 要求食品安全管理利益相关方接收到预警信号和确定食品安全风险后, 采取必要决定和行动, 降低或控制潜在风险, 达到风险的前置性闭环管理。一旦预警反应系统失效, 食品安全预警体系就无法真正发挥价值^[9,18]。决定预警反应系统有效性的关键因素在于高时效和准确地传播风险信息, 并遵循可行、易理解、行动明确的关键风险沟通原则。因此, 建设预警反应系统要投入大量资源, 建立利益相关者之间的可靠、互信、开放、及时的合作网络, 促进决策和行动方案产生^[9]。

1.4 食品安全预警体系的模块化设计

信息时代的食品安全预警体系要遵循模块化设计原则, 即通过建立不同的数据库和核心模块, 在食品安全信息的生成、采集、存储、加工、分析、应用、共享、安全等环节协同保障预警体系运行, 实现食品安全信息的全生命周期管理。

数据库涵盖了体系搭建和运行所需的各类数据, 要对采集的不同类型食品安全数据进行抽取、清洗、转化等处理, 形成规范化的信息资源, 并进一步挖掘、建模、整合构建知识图谱, 供使用者调用, 为食品安全预警体系提供信息源和信息分析参考。数据库可以根据数据类别和功能模块来进行划分。通常, 数据库可分为基础数据库和专业数据库两大类: 基础数据库包括原料和加工食品数据库两类; 而专业数据库被细分为检测、监督管理和预警数据库 3 类, 其中预警数据库又可再分为数量、质量和可持续安全数据库^[24-26]。此外, 用户信息、标准法规、舆情、食品毒理学、食品风险、微生物全基因组等数据库也常用于构建食品安全预警体系^[24,27]。

食品安全预警体系的核心模块主要包括输入、查询、分析、输出和维护模块。输入模块负责收集和录入监测和检测数据等, 确保数据的完整性和准确性。查询模块主要基于信息挖掘技术, 根据业务需求和风险指标快速查询信息, 发现潜在在食品安全风险。分析模块通常由模型预警、指标预警和专家预警 3 个子模块构成, 通过相互协作提高预警准确性, 为决策者提供科学依据和行动指导。其中, 模型预警子模块是基于数学模型和算法分析历史数据和趋势, 预测未来可能出现的食品安全风险; 指标预警模块可根据设定的风险指标和阈值, 监测和预警潜在在的食品安全风险; 专家预警模块则依靠专业知识和经验, 对食品安全风险进行评估和预警。输出模块是将分析结果以可视化形式传达给食品安全监管部门、企业、消费者等利益相关者, 并且输出信息应具备实用性和决策支持性。维护模块负责体系的运行和管理, 包括数据更新、系统维护、技术支持等, 确保数据的及时更新和质量控制,

解决预警过程中的问题,并持续改进预警体系性能^[24-28]。总之,数据库与核心模块的深度融合有利于促进食品安全风险的智慧化管理。

2 构建食品安全预警体系的关键技术和方法

2.1 食品安全预警信息采集技术

高质量的信息源是食品安全预警体系发挥有效作用的先决条件。然而,信息时代的食品安全信息来源复杂,包括食品抽检检验、科学研究、官方通知、新闻报道和网络舆情等^[29-30];数据形态复杂,有文字、多媒体和超文本等;并且数据结构多样,包括非结构化、半结构化和结构化信息^[31]。这对信息采集技术的先进性提出了更高要求。为此,食品安全信息采集开始大量引入新兴技术,智能化趋势明显。以下总结了包括网络爬虫、云计算、物联网等在内的主流信息采集技术。

网络爬虫可通过自动化方式启动程序从互联网下载网页,访问链接并依据搜索策略和算法抓取与既定目标相关的信息。常见的网络爬虫策略有深度优先遍历策略、宽度优先遍历策略、反向链接数策略、Partial PageRank 策略、OPIC 策略、大站优先策略等^[32-33]。网络爬虫可自动提取食品安全网站和舆情信息等,极大地提升了食品安全信息采集质量和效率^[34-35]。围绕提高食品安全舆情信息收集的准确性和效率,BRA 等^[36]提出了基于文本相似度计算的 FishSearch 网络爬虫技术,GENG 等^[37]通过文本密度和多因素相似度计算的组合方法显著改进了爬虫技术。研究还发现,运用贝叶斯网络模型构建食品安全关键词库,可将关键词组做为监控探针,提高数据采集效率和准确率^[38]。总之,采用网络爬虫技术对食品安全信息进行自动化采集时要注意选择适当的搜索策略来提取正文,计算网页相似度并进行网页优先级排序^[34,39]。

在“互联网+”、大数据、信息化工业化融合的食品新业态驱动下,食品安全相关数据呈指数级增长,虽然可以带来更广阔、全面的信息源,但也增加了从中提取有价值信息的难度^[1,40]。基于云计算的信息采集技术能有效发掘

海量食品安全数据的潜在价值。云计算是指一种利用共享资源实现大规模数据的分布式计算模式,通过聚合海量来源的计算资源形成资源池,并将任务分发到资源池中,动态调度和分配资源,按需进行任务处理^[40-41]。通过云计算技术,可快速提取清洗多来源的异构数据,获得目标食品安全信息用于后续预警分析和决策支持^[42-43]。目前,研究者利用云计算技术开展了不同地点、实验室、检测机构采集存储的食品安全检验检测数据的高效分析及价值挖掘研究^[40],并实现了高效的食品安全舆情分析^[42]和食品实时监控视频信息分析^[44]。

物联网技术能将食品安全信息传感设备通过互联网连接起来,并通过互联网进行实时数据传输和分析^[43,45-46]。物联网技术有利于根据使用者更加精准实时地感知和分析食品安全风险信号。利用传感器和在线检测技术进行信息采集,通过无线传输和互联网技术进行数据传输分析,研究者们已经建立一系列基于物联网的食品掺假检测系统^[47]、农产品农药残留检测系统^[48]、全链条管理服务系统^[49]、智能冷链系统^[50]等,显著提高了食品安全风险的管理水平。

此外,机器学习、大数据、区块链等其他信息采集技术也被大量用于构建食品安全预警体系,而集成多种采集技术的新一代系统正成为研究热点^[43],以便对食品安全信息进行动态、自动和高质量的收集。

2.2 食品安全预警信息的分析技术

当前的食品安全数据开始呈现出典型大数据的 6V 特征(即规模巨大、类型多样、产生速度快、价值密度低、不确定性和动态可变性),还具有多源、多维、层次、时空、关联和不确定性等特征^[51-52]。传统的食品安全预警信息分析主要基于抽检监测数据的统计分析,以不合格率作为评估指标来描述食品安全状况^[53]。传统分析技术虽然简单易行,但信息挖掘能力不足,不适应大数据时代的食品安全风险分析需求的矛盾十分突出。因此,研究者开始引入人工智能和机器学习技术来解决食品安全大数据分析的挑战,涉及的典型技术有关联分析、情感分析、深度学习等^[54-55],其适用范围和主要应用见表 1。

表 1 典型食品安全预警信息分析技术的适用范围及其主要应用
Table 1 Applicable scopes and main applications of typical food safety warning information analysis technology

分析技术	适用数据	主要功能	参考文献
关联分析	海量碎片化、干扰大、随机性的数据	揭示分布特征、发现异常、探索数据间的潜在关联性	[56-59]
情感分析	处理短语级、语句级、篇章级的自然语言数据	了解公众态度和情感倾向、负面舆情识别、明确公众对特定议题的关注度	[29,60-64]
深度学习	多层次数据	提取转化数据特征和明确规律,识别、记忆和预测风险因子,分类判别(合格判别、风险等级判别等)	[65-70]

关联分析属于机器学习中无监督学习方法, 适合处理海量、碎片化、干扰大、模糊、随机的数据, 用于复杂食品安全信息分析的优势明显^[56-59]。关联分析可以揭示食品安全数据的分布特征, 发现异常情况, 并探索数据之间的潜在关联, 从而支持风险的识别、评估、预警和追溯工作^[27]。例如, 袁刚等^[57]提出了一种基于关联码的食品安全监管数据关联方法, 通过整合食品安全监管全链条业务数据, 改变了数据的碎片化和无序状态, 能更准确定位事件的影响和潜在风险, 为食品安全突发事件处置提供科学依据。关联算法也可被用于科学调配检测资源, 挖掘潜在的食品安全风险规则, 从而提高监管水平和效率^[56-59]。已经有研究者从属性关联、实体关联、对比分析和时空分析 4 个方面系统梳理了近 10 年食品安全领域的大数据可视化关联分析成果^[27]。值得注意的是, 关联分析技术更适用于大数据样本, 当数据量偏小时, 需要结合其他方法和技术才能获得更准确的分析结果^[56]。

情感分析又称情感计算、意见挖掘, 能够处理自然语言中特定对象的情感倾向, 如观点、态度、情绪表达等^[29,60-61]。在食品安全预警方面, 可通过对社交媒体和在线评论等数据进行情感分析, 及时了解公众对食品安全的态度和关注倾向, 以便发现潜在的食品安全问题。这对于监管机构和企业的科学决策具有重要意义。情感分析主要实现情感分类、情感信息抽取和多模态情感分析 3 种功能: 通过对篇章级、语句级、短语级等自然语言分析, 判断出情感倾向的类别、抽取出情感倾向词及其描述对象, 乃至在文本、图像、视频、语音等多模态信息中进行信息提取和融合。情感分析技术在食品安全负面舆情识别方面具有广泛应用。例如, 为了基于弹幕与评论数据建立食品安全负面舆情自动预警系统, 李知谕等^[62]构建了 BERT-RGRU 模型分析弹幕情感, 可通过弹幕消极比例判断当日是否存在负面舆情。情感分析也可以用于量化表征食品安全舆情的情感强度, 基于 PAD 模型(愉悦度-激活度-优势度)构建食品安全领域情感词典和情感语义空间来测量情感强度^[63]。此外, 情感分析还可以利用构建的食品安全舆论语料情感数据集, 预测公众对特定食品安全问题的情绪和关注程度^[64]。

深度学习通过建立多层次的神经网络模型, 对多层次的数据特征进行提取和转化, 从而学习和分析复杂数据表现出的模式和规律。在食品安全预警方面, 深度学习可以通过大量相关数据的训练, 识别、记忆和预测从食品安全监测得到的多源数据中的风险因子^[65]。在食品安全预警领域应用较多的深度学习模型是反向传播(back propagation, BP)神经网络。基于 BP 神经网络, 章德宾等^[66]以 167 种食品安全检测项目为输入层, 建立了能输出化学污染、农药残留、兽药残留、重金属、微生物致病菌预警信息的模型。通过类似的方法, BP 神经网络也在食品供应

链安全状况评估^[67]、蔬菜农药残留风险等级划分^[68]、预测不合格肉品概率和合格品判别^[69-70]、乳品风险等级预警^[71]、粮食加工产品中重金属风险等级预警^[72]等食品安全预警模型构建中起到关键作用。除了实现分类预测效果外, 各种深度学习技术也可以支持情感倾向分析^[73]、食品安全突发事件文本数据分析和处理^[74]及食品安全谣言监控^[75]等领域。

其他常用的食品安全信息分析技术还包括层次分析法、贝叶斯网络、决策树、支持向量机、聚类分析、灰色系统法、隐马尔可夫等^[55,76]。这些技术都已被用于食品安全定性、定量和综合评估领域^[77]。实际上, 研究者们常联合使用多种分析技术来更精准、全面、及时地识别、诊断和预警风险。

2.3 食品安全预警反应系统的构建方法

预警信息生成后, 如何理解、交流预警信息, 将其传达给决策者并激发应对措施, 决定了食品安全预警体系能否有效运行。预警反应系统收集、分析和处理风险信息, 并输出预警控制指令, 即生成具体行动指导, 用于引导决策者和相关方采取应对措施^[78]。

食品安全预警反应系统的首要任务是对预警信号进行恰当的等级划分。制定预警等级的依据是预警系统的分类结果。预警系统的分类通常可按照预警状况设置为常规和突发性预警, 按分析方法设置为指标、统计和模型预警, 按照时间尺度设置为短期、中期和长期预警。选择合适的指标来设定预警等级和启动预警信号的阈值, 可为决策者提供有针对性的应对措施和决策支持^[19,79-80]。尽管对于食品安全等级划分和指标设定的研究尚属局限, 已有一些学者对此进行了探讨。阮晓星等^[81]利用基于多源数据融合的单点预警和扩散预警决策机制, 通过精准定位风险预警级别, 对预警进行扩散, 为建立实时预警监管机制和预警处置闭环管理机制创造了基础条件。郭添荣等^[82]通过文献分析法和头脑风暴法梳理指标池, 借助德尔菲法建立预警指标池, 并利用层次分析法计算了各指标的权重系数, 从而构建了量化的食品安全风险预警指标体系, 同时采用信号灯形式划分风险预警等级。我国在进出口食品安全监管方面建立了风险预警分级指导的机制, 按照质量安全风险的危害性、紧急程度、影响范围等因素, 将风险预警分为 I(特别严重)、II(严重)、III(较重)、IV(一般)4 个等级, 分别用红色、橙色、黄色和蓝色标示^[83]。

其次, 构建食品安全预警反应系统还要选择恰当的信息交流渠道和制度。在这方面, 欧盟和美国的工作值得借鉴。2002 年, 欧盟实施了食品和饲料快速预警体系(rapid alert system for food and feed, RASFF), 连接各成员国食品与饲料安全主管机构、欧盟委员会健康和消费者保护总署、欧洲食品安全局、欧洲自由贸易联盟等组织, 促进信息交

流和措施实施,确保食品安全^[84-85]。RASFF系统的运行方式包括预警通报、信息通报、拒绝入境和新闻通报,成员国接收预警信息后会采取相应措施并向公众通报。同时,RASFF系统还设立了第三国特殊保障机制,将问题反馈给原产国,并通过信函向其他受影响的国家传达相关信息^[86]。美国的食品安全监管和预警主要由食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)负责。预警信息包括安全提示、召回信息、警告信和提示信,信息会发布在FDA官方网站上,公众可以查询或通过邮件自动接收。其中,警告信和提示信针对食品企业,安全提示和召回信息面向消费者。同时,FDA每周发布执法报告,列出召回信息和企业采取的行动措施;如果召回范围广泛或健康风险较大,FDA会通过新闻媒体发布信息。

相较而言,我国的食品安全预警工作起步较晚,信息交流渠道和制度仍在不断建设中。目前,我国已有多个监管部门参与发布食品安全预警信息,包括国家市场监督管理总局、农业部、海关总署、卫生健康委员会等,并在持续探索适合我国国情的风险交流机制。2021年,国家卫生健康委员会提出建立食品安全风险监测会商机制,多个食品安全相关监管部门共同参与,研判风险监测结果和新发现的风险信息^[87]。我国多个省市的市场监管部门之间也相互签署了食品安全风险预警交流合作协议,推动不同区域间食品安全信息的互通,提升食品安全风险防控和协同应对能力。由于预警的发布、交流和响应都需要根据风险级别采用不同的策略和响应措施,我国也根据不同的预警分级,制定了预警信息发布机制,规定了不同等级的风险预警由不同的政府监管部门负责,同时实施与风险预警等级相适应的全国一体化快速反应措施,及时开展效果评价,动态调整风险等级直至解除相关措施^[83]。

3 结语与展望

本文系统介绍了现代食品安全预警体系中的信息收集系统、预警分析系统和预警反应系统,讨论了通过食品安全预警体系的模块化设计实现食品安全风险全生命周期管理的思路,进一步介绍了构建食品安全预警体系所涉及的关键技术和方法。在信息时代的大背景下,人工智能和机器学习等先进分析技术正大量被用于食品安全预警信息的采集和分析,智能化发展趋势明显。这些信息化时代的前沿技术为食品安全管理者提供了新的数字化工具,使得从低有效信息密度的庞杂数据中筛选有用信息成为可能,也促使食品安全管理者更加依赖客观高效的数据分析工具来提取、识别和交流食品安全风险信号。总体上,这些技术手段正在逐渐完善和改进传统的食品安全预警系统,显著增强了系统主动识别和排查风险,科学采取应对措施管控风险的能力。然而,目前的各种研究也显示,预警风险等级和阈值设定的技术方法还亟待完善,这阻碍了食品安

全管理者采取更主动有效的风险交流手段和更灵敏迅速的响应措施。随着经济社会发展和食品新业态出现,有必要引入更多的先进技术方法构建食品安全预警体系,更精准有效地进行前置性食品安全风险管理。

参考文献

- [1] 冯军,田明.我国食品安全现状和风险对策报告[M].北京:社会科学文献出版社,2022.
FENG J, TIAN M. Report on the current situation and risk countermeasures of food safety in China [M]. Beijing: Social Science Academic Press, 2022.
- [2] THOMSON B, POMS R, ROSE M. Incidents and impacts of unwanted chemicals in food and feeds [J]. Qual Assuran Saf Crop Food, 2012, 4(2): 77-92.
- [3] 国务院. 国务院关于印发质量发展纲要(2011—2020年)的通知[EB/OL]. [2012-02-06]. https://www.gov.cn/zwgk/2012-02/09/content_2062401.htm [2023-10-30].
State Council. Notice of the State Council on the issuance of the outline of quality development (2011—2020) [EB/OL]. [2012-02-06]. https://www.gov.cn/zwgk/2012-02/09/content_2062401.htm [2023-10-30].
- [4] 卫生健康委. 国家卫生健康委关于印发食品安全标准与监测评估“十四五”规划的通知[EB/OL]. [2022-08-11]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-08/23/content_5706481.htm [2023-10-30].
National Health Commission. Notice of the national health commission on the issuance of the “14th five-year plan” for food safety standards and monitoring assessment [EB/OL]. [2022-08-11]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-08/23/content_5706481.htm [2023-10-30].
- [5] 中共中央,国务院. 中共中央、国务院印发《质量强国建设纲要》[EB/OL]. [2023-02-06]. https://www.gov.cn/zhengce/2023-02/06/content_5740407.htm?eqid=ae30ae580003add20000000364582ac4 [2023-10-30].
Central Committee of the Communist Party of China, State Council. The Central Committee of the Communist Party of China and the State Council issued the “outline to improve the overall quality of china economy” [EB/OL]. [2023-02-06]. https://www.gov.cn/zhengce/2023-02/06/content_5740407.htm?eqid=ae30ae580003add20000000364582ac4 [2023-10-30].
- [6] SUFRI S, DWIRAHMADI F, PHUNG D, et al. A systematic review of community engagement (CE) in disaster early warning systems (EWSs) [J]. Prog Disast Sci, 2020, 5: 100058.
- [7] LEWIS E, CHANG M, WIERZBICKI W. Early warning report: Use of unapproved asbestos demolition methods may threaten public health [EB/OL]. [2011-11-14]. <https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/PB2012103715.xhtml> [2023-10-30].
- [8] KLETER GA, MARVIN HJP. Indicators of emerging hazards and risks to food safety [J]. Food Chem Toxicol, 2009, 47(5): 1022-1039.
- [9] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Enhancing early warning capabilities and capacities for food safety [EB/OL]. [2015-01-01]. <https://www.fao.org/3/I5168E/i5168e.pdf> [2023-10-30].
- [10] MARVIN HJP, KLETER GA, PRANDINI A, et al. Early identification systems for emerging foodborne hazards [J]. Food Chem Toxicol, 2009, 47(5): 915-926.
- [11] DANAN C, BAROUKH T, MOURY F, et al. Automated early warning system for the surveillance of *Salmonella* isolated in the agro-food chain in France [J]. Epid Infect, 2011, 139(5): 736-741.
- [12] BRUG FJ, LUIJCKX NBL, CNOSSEN HJ, et al. Early signals for emerging food safety risks: From past cases to future identification [J].

- Food Control, 2014, 39: 75–86.
- [13] 赵林度, 钱娟. 食品溯源与召回[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- ZHAO LD, QIAN J. Food traceability and food recall [M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [14] 龙红, 梅灿辉. 我国食品安全预警体系和溯源体系发展现状及建议[J]. 现代食品科技, 2012, 28(9): 6.
- LONG H, MEI CH. Development status and proposal of pre-warning system and traceability system of food safety in China [J]. Mod Food Sci Technol, 2012, 28(9): 6.
- [15] 卢江. 对我国食品安全重大风险早期识别与快速预警机制建设的思考[J]. 中国食品卫生杂志, 2020, 32(2): 113–117.
- LU J. Considerations on building the framework of early identification and rapid alert of food safety risks in China [J]. China J Food Hyg, 2020, 32(2): 113–117.
- [16] 玄冠华, 屈雪丽, 林洪, 等. 中国食品质量安全风险预警预报技术研究进展[J]. 中国渔业质量与标准, 2016, 6(3): 5.
- XUAN GH, QU XL, LIN H, *et al.* Research progress on food quality and safety risk early warning and forecasting technology in China [J]. China Fish Qual Stand, 2016, 6(3): 5.
- [17] LIU N, BOUZEMBRAK Y, BULK LM, *et al.* Automated food safety early warning system in the dairy supply chain using machine learning [J]. Food Control, 2022, 136: 108872.
- [18] SALMAN MD. Animal disease surveillance and survey systems: Methods and applications [M]. Ames: Iowa State Press, 2003.
- [19] 杜琳, 温圣军, 袁刚. 大数据在食品安全监管风险预警中的应用[J]. 食品与机械, 2022, 38(11): 82–85.
- DU L, WEN SJ, YUAN G. Research on the application of big data in food safety supervision risk early warning [J]. Food Mach, 2022, 38(11): 82–85.
- [20] 韩世鹤, 李红, 江逸楠, 等. 基于食品抽检数据的风险预警智能研究模型构建分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(10): 3172–3179.
- HAN SH, LI H, JIANG YN, *et al.* Constructing analysis of risk early warning intelligent research models based on food sampling data [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(10): 3172–3179.
- [21] 武晓伟, 李莉, 程景民. 基于公众关注角度的食品安全风险预警因素[J]. 食品工业, 2021, 42(9): 325–329.
- WU XW, LI L, CHENG JM. Early warning factors of food safety risk based on public concern [J]. Food Ind, 2021, 42(9): 325–329.
- [22] 唐晓纯. 食品安全预警理论、方法与应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008.
- TANG XC. Theory, methods, and applications of food safety warning [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2008.
- [23] 金佳雯. 基于生命周期理论的大型活动食品安全风险预警体系研究[D]. 北京: 中国人民公安大学, 2021.
- JIN JW. Research on the food safety risk warning system for major events based on the life cycle theory [D]. Beijing: People's Public Security University of China, 2021.
- [24] 张星联, 唐晓纯. 我国食品安全预警数据库系统建设的分析研究[J]. 食品科技, 2008, 33(8): 4.
- ZHANG XL, TANG XC. Study on database system of food safety early-warning in China [J]. Food Sci Technol, 2008, 33(8): 4.
- [25] 王焯, 张丽. 基于数据驱动的食品安全预警分析方法[J]. 现代食品, 2018, (5): 67–68.
- WANG X, ZHANG L. A data-driven approach to food safety early warning analysis [J]. Mod Food, 2018, (5): 67–68.
- [26] 袁蒲, 李杉, 李凤娟, 等. 我国食品安全预警系统与危险性评估研究[J]. 中国卫生产业, 2017, 14(21): 48–49.
- YUAN P, LI S, LI FJ, *et al.* Research on food safety warning system and hazard assessment in China [J]. China Health Ind, 2017, 14(21): 48–49.
- [27] 陈谊, 孙梦, 武彩霞, 等. 食品安全大数据可视化关联分析[J]. 大数据, 2021, 7(2): 61–77.
- CHEN Y, SUN M, WU CX, *et al.* Visual associations analysis of big data in food safety [J]. Big Data, 2021, 7(2): 61–77.
- [28] 贾艳艳. 基于数据驱动的食品安全预警体系分析与应用[J]. 中国食品工业, 2022, (19): 87–89.
- JIA YY. Analysis and application of data-driven food safety warning system [J]. China Food Ind, 2022, (19): 87–89.
- [29] 李冉. 基于多源数据综合分析的食品安全风险预警[D]. 贵阳: 贵州大学, 2020.
- LI R. Food safety risk warning based on comprehensive analysis of multi-source data [D]. Guiyang: Guizhou University, 2020.
- [30] 于洁. 大数据在食品安全监管风险预警中的应用研究[J]. 食品安全导刊, 2023, (16): 29–31, 38.
- YU J. Research on the application of big data in food safety supervision risk warning [J]. China Food Saf Magaz, 2023, (16): 29–31, 38.
- [31] 刘水文. 计算机技术下食品安全信息的收集与处理[J]. 中国食品, 2022, (16): 116–118.
- LIU SW. Collection and processing of food safety information by computer technology [J]. China Food, 2022, (16): 116–118.
- [32] YU L, LI Y, ZENG Q, *et al.* Summary of web crawler technology research [C]. Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2020.
- [33] 刘奕群, 马少平, 洪涛, 等. 搜索引擎技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- LIU YQ, MA SP, HONG T, *et al.* Fundamentals of search engine technology [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2010.
- [34] 吴强强. 基于主题爬虫的食品安全网络舆情分析方法研究与监测系统开发[D]. 北京: 北京化工大学, 2016.
- WU QQ. Food safety network public opinion analysis research and monitoring system based on focused crawler [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2016.
- [35] 单红霞, 方军, 陈华, 等. 网络爬虫在垂直搜索中的应用研究[C]. 中国人工智能学会学术年会, 中国人工智能学会, 2009.
- SHAN HX, FANG J, CHEN H, *et al.* Application research of web crawler in vertical search [C]. Annual Conference of the Chinese Association for Artificial Intelligence, Chinese Association for Artificial Intelligence, 2009.
- [36] BRA PME, POST RDJ. Searching for arbitrary information in the WWW: The fish-search for mosaic [C]. WWW Conference, 1994.
- [37] GENG ZQ, SHANG DR, ZHU QX, *et al.* Research on improved focused crawler and its application in food safety public opinion analysis [C]. 2017 Chinese Automation Congress (CAC), IEEE, 2017.
- [38] 王旒, 孙晓红, 吴锴, 等. 基于贝叶斯网络的食品安全舆情监控探针研究[J]. 计算机系统应用, 2022, 31(1): 29–36.
- WANG N, SUN XH, WU K, *et al.* Research on public opinion monitoring probe on food safety based on bayesian network [J]. Comp Syst Appl, 2022, 31(1): 29–36.
- [39] 林婕. 浅谈计算机技术下食品安全信息的收集与处理[J]. 中国食品, 2022, (20): 112–114.
- LIN J. A brief discussion on the collection and processing of food safety information under computer technology [J]. China Food, 2022, (20): 112–114.
- [40] WANG YJ, HE JL, WANG P, *et al.* Risk analysis of big data based on cloud computing for the inspection and testing of toxic and hazardous substances in meat products [J]. Asia Agric Res, 2017, 9: 95–100.
- [41] BUYYA R, YEO CS, VENUGOPAL S, *et al.* Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing

- as the 5th utility [J]. *Future Generat Comp Syst*, 2009, 25(6): 599–616.
- [42] 肖绍武. 基于云计算的食品安全舆情分析算法研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2018.
- XIAO SW. Research on the analysis algorithm of food safety public opinion based on cloud computing [D]. Guiyang: Guizhou University, 2018.
- [43] 项昭保, 陈鹏飞. 新一代信息技术在食品安全保障中的应用[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2022, 39(6): 10.
- XIANG ZB, CHEN PF. Application of new generation information technology in food safety guarantee [J]. *J Chongqing Technol Busin Univ (Nat Sci Ed)*, 2022, 39(6): 10.
- [44] 刘丙昌, 马蕾. 基于云服务的食品安全实时监控系統[J]. 现代电信科技, 2017, 47(2): 7.
- LIU BC, MA L. A food safety monitoring system based on cloud service [J]. *Mod Sci Technol Telecommun*, 2017, 47(2): 7.
- [45] BOUZEMBRAK Y, MARCEL K, GAVAI A, *et al.* Internet of things in food safety: Literature review and a bibliometric analysis [J]. *Trend Food Sci Technol*, 2019, 94: 54–64.
- [46] DONAGHY JA, DANYLUK MD, ROSS T, *et al.* Big data impacting dynamic food safety risk management in the food chain [J]. *Front Microbiol*, 2021. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.668196>
- [47] GUPTA K, RAKESH N. IoT-based solution for food adulteration [C]. *Proceedings of First International Conference on Smart System, Innovations and Computing: SSIC 2017, Jaipur, India*. Springer Singapore, 2018.
- [48] ZHAO G, GUO Y, SUN X, *et al.* A system for pesticide residues detection and agricultural products traceability based on acetylcholinesterase biosensor and internet of things [J]. *Int J Electrochem Sci*, 2015, 10(4): 3387–3399.
- [49] 刘洋, 潘云华. 应用物联网技术提高食品安全的探究[J]. 农产品加工, 2017, (7): 62–66.
- LIU Y, PAN YH. Application of internet of things technology to improve food safety [J]. *Farm Prod Process*, 2017, (7): 62–66.
- [50] CHEN YY, WANG YJ, JAN JK. A novel deployment of smart cold chain system using 2G-RFID-Sys [J]. *J Food Eng*, 2014, 141: 113–121.
- [51] MAURO A, GRECO M, GRIMALDI M. What is big data? A consensual definition and a review of key research topics [C]. *AIP Conference Proceedings, American Institute of Physics*, 2015.
- [52] 陈谊, 刘莹, 田帅, 等. 食品安全大数据可视分析方法研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2017, 29(1): 8–16.
- CHEN Y, LIU Y, TIAN S, *et al.* A survey of visual analytical techniques for big data in food safety field [J]. *J Comp Aid Design Comp Graph*, 2017, 29(1): 8–16.
- [53] 黄秋婷, 丁怡, 邱佩丽, 等. 基于灰色残差修正模型的食品安全监测预警分析方法研究[J]. 现代农业科技, 2013, (5): 304–305.
- HUANG QT, DING Y, QIU PL, *et al.* Study on the prediction of food safety monitoring based on GM (1,1) modified residual error model [J]. *Mod Agric Sci Technol*, 2013, (5): 304–305.
- [54] 曹静. 食品抽检中基于大数据分析的食品安全评估研究[J]. 食品安全导刊, 2023, (10): 173–176.
- CAO J. Study on food safety evaluation based on big data analysis in food sampling inspection [J]. *China Food Saf Magaz*, 2023, (10): 173–176.
- [55] 王婧, 彭斌, 江生, 等. 食品安全风险预警研究现状与展望[J]. 食品安全导刊, 2019, (21): 167–169.
- WANG J, PENG B, JIANG S, *et al.* Current situation and prospect of food safety risk warning [J]. *China Food Saf Magaz*, 2019, (21): 167–169.
- [56] 晁凤英, 杜树新. 基于关联规则的食品安全数据挖掘方法[J]. 食品与发酵工业, 2007, (4): 107–109.
- CHAO FY, DU SX. Data mining technics for food safety based on association rules [J]. *Food Ferment Ind*, 2007, (4): 107–109.
- [57] 袁刚, 温圣军, 田文涛, 等. 基于关联码机制的食品安全监管数据关联方法研究[J]. 电子技术与软件工程, 2022, (23): 255–258.
- YUAN G, WEN SJ, TIAN WT, *et al.* Research on data association method for food safety supervision based on association code mechanism [J]. *Electron Technol Soft Eng*, 2022, (23): 255–258.
- [58] 杨璐, 张馨月, 郑丽敏. 挖掘数据关系的食品抽检数据可视化分析图研究[J]. 农业机械学报, 2019, 50(6): 272–279.
- YANG L, ZHANG XY, ZHENG LM. Visual analysis graph research of food sampling data based on mining data relationship [J]. *Trans China Soc Agric Mach*, 2019, 50(6): 272–279.
- [59] 刘召, 史涛涛, 李书钦, 等. 基于改进 Apriori 算法的食品安全情报分析[J]. 电子制作, 2021, (13): 53–56.
- LIU Z, SHI YT, LI SQ, *et al.* Food safety intelligence analysis based on improved Apriori algorithm [J]. *Pract Electron*, 2021, (13): 53–56
- [60] PICARD RW. *Affective computing* [M]. London: MIT Press, 2000.
- [61] 陈国伟, 张鹏洲, 王婷, 等. 多模态情感分析综述[J]. 中国传媒大学学报(自然科学版), 2022, 29(2): 70–78.
- CHEN GW, ZHANG PZ, WANG T, *et al.* Review on multimodal sentiment recognize [J]. *J Commun Univ China (Nat Sci Ed)*, 2022, 29(2): 70–78.
- [62] 李知谕, 杨柳, 邓春林. 基于弹幕与评论情感倾向的食品安全舆情预警研究[J]. 科技情报研究, 2022, 4(3): 33–45.
- LI ZY, YANG L, DENG CL. Public opinion early warning on food security based on sentiment of video bullet screen and comments [J]. *Sci Inf Res*, 2022, 4(3): 33–45.
- [63] 洪小娟, 宗江燕, 黄卫东, 等. 基于情感语义空间的食品安全舆情情感分析[J]. 现代情报, 2020, 40(10): 132–143.
- HONG XJ, ZONG JY, HUANG WD, *et al.* Analysis of food safety public opinion emotion based on emotional semantic space [J]. *J Mod Inf*, 2020, 40(10): 132–143.
- [64] ZHANG HY, ZHANG DC, WEI ZS, *et al.* Analysis of public opinion on food safety in greater China with big data and machine learning [J]. *Curr Res Food Sci*, 2023, 6: 100468.
- [65] 孟庆杰, 尧海昌. 大数据环境下基于神经网络技术的食品安全监管[J]. 食品与机械, 2021, 37(1): 104–107.
- MENG QJ, YAO HC. Food safety supervision based on neural network technology in large data environment [J]. *Food Mach*, 2021, 37(1): 104–107.
- [66] 章德宾, 徐家鹏, 许建军, 等. 基于监测数据和 BP 神经网络的食品安全预警模型[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 221–226.
- ZHANG DB, XU JP, XU JJ, *et al.* Model for food safety warning based on inspection data and BP neural network [J]. *Trans China Soc Agric Eng*, 2010, 26(1): 221–226.
- [67] 蔡强, 王君君, 李海生, 等. 基于神经网络的食品安全评价模型构建研究[J]. 食品科学技术学报, 2014, 32(1): 69–77.
- CAI Q, WANG JJ, LI HS, *et al.* Research on establishment of food safety evaluation model based on neural network [J]. *J Food Sci Technol*, 2014, 32(1): 69–77.
- [68] 张星联, 张慧媛, 唐晓纯, 等. 基于神经网络的蔬菜农药残留风险预警模型研究[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(2): 259–267.
- ZHANG XL, ZHANG HY, TANG XC, *et al.* Research on the early-warning model of vegetable pesticide residues based on a neural network [J]. *J China Agric Univ*, 2015, 20(2): 259–267.
- [69] 王星云, 左敏, 肖克晶, 等. 基于 BP 神经网络的食品安全抽检数据挖掘[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(6): 85–90.
- WANG XY, ZUO M, XIAO KJ, *et al.* Data mining on food safety

- sampling inspection data based on BP neural network [J]. *J Food Sci Technol*, 2016, 34(6): 85–90.
- [70] 李笑曼, 臧明伍, 赵洪静, 等. 基于监督抽检数据的肉类食品安全风险分析及预测[J]. *肉类研究*, 2019, 33(1): 42–49.
- LI XM, ZANG MW, ZHAO HJ, *et al*. Analysis and prediction of meat product safety based on supervision and sampling data [J]. *Meat Res*, 2019, 33(1): 42–49.
- [71] GENG ZQ, SHANG DR, HAN YM, *et al*. Early warning modeling and analysis based on a deep radial basis function neural network integrating an analytic hierarchy process: A case study for food safety [J]. *Food Control*, 2019, 96: 329–342.
- [72] WANG ZZ, WU ZX, ZOU MK, *et al*. A voting-based ensemble deep learning method focused on multi-step prediction of food safety risk levels: Applications in hazard analysis of heavy metals in grain processing products [J]. *Foods*, 2022, 11(6): 823.
- [73] 李亚军. 基于深度学习的食品安全网络舆情分析[D]. 天津: 天津科技大学, 2019.
- LI YJ. Food safety network public opinion analysis based on deep learning [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2019.
- [74] 徐飞. 基于深度学习的食品安全突发事件应急响应情报组织研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2019.
- XU F. Research on the emergency response information organization for food safety emergencies based on deep learning [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2019.
- [75] 周丽娜, 谭励, 曹娟, 等. 基于卷积神经网络的食品安全领域谣言检测方法[J]. *计算机应用与软件*, 2022, 39(3): 45–50, 115.
- ZHOU LN, TAN L, CAO J, *et al*. Rumor detection method in food safety field based on convolutional neural network [J]. *Comp Appl Soft*, 2022, 39(3): 45–50, 115.
- [76] 陈夏威, 王博远, 岑应健, 等. 基于机器学习的食品安全风险预警研究现状与展望[J]. *医学信息学杂志*, 2019, 40(3): 56–61.
- CHEN XW, WANG BY, CEN YJ, *et al*. Current status and prospect of the study on food safety risk early warning on the basis of machine learning [J]. *J Med Inform*, 2019, 40(3): 56–61.
- [77] 李洪达. 基于神经网络和质控分析的食品安全预警方法研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2020.
- LI HD. Research on early warning method of food safety based on neural network and quality control analysis [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2020.
- [78] 唐晓纯, 苟变丽. 食品安全预警体系框架构建研究[J]. *食品科学*, 2005, (12): 246–250.
- TANG XC, GOU BL. A design on the frame of food safety pre-warning system in China [J]. *Food Sci*, 2005, (12): 246–250.
- [79] 王莹. 食品安全预警系统关键技术研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2017.
- WANG Y. Research on key technologies in food safety early warning system [D]. Wuhan: Wuhan University, 2017.
- [80] 闫海, 潘俊雅. 我国食品安全风险评估的改革重点与法制建议[J]. *政法学刊*, 2019, 36(1): 78–83.
- YAN H, PAN JY. Reform focus and legal advice on risk assessment of food safety in China [J]. *J Polit Sci Law*, 2019, 36(1): 78–83.
- [81] 阮晓星, 金鑫, 吴焱. 基于多源数据融合和关联性分析的食品安全风险预警机制[J]. *图书情报知识*, 2023, 40(5): 148–156.
- RUAN XX, JIN X, WU Y. Food safety risk early warning mechanism based on multi-source data fusion and correlation analysis [J]. *Doc Inf Knowl*, 2023, 40(5): 148–156.
- [82] 郭添荣, 韩世鹤, 罗季阳, 等. 风险治理视阈下食品安全风险预警指标体系的构建[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(5): 1654–1662.
- GUO TR, HAN SH, LUO JY, *et al*. Establishment of food safety risk early-warning index system from the perspective of risk governance [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(5): 1654–1662.
- [83] 国务院. 国务院关于完善进出口商品质量安全风险预警和快速反应监管体系切实保护消费者权益的意[EB/OL]. [2017-09-14]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5232364.htm [2023-10-30].
- State Council. Opinions of the State Council on improving the risk early warning and rapid response regulatory system for import and export commodity quality and safety to effectively protect consumer rights and interests [EB/OL]. [2017-09-14]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5232364.htm [2023-10-30].
- [84] 高秀芬, 杨大进. 国内外食品安全风险预警比较研究[J]. *中国卫生工程学*, 2014, 13(3): 254–256.
- GAO XF, YANG DJ. Comparative study on food safety risk early warning at home and abroad [J]. *China J Public Health Eng*, 2014, 13(3): 254–256.
- [85] European Union. Questions and answers: Rapid alert system for food and feed (RASFF) [EB/OL]. [2017-08-10]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_17_2461 [2023-10-30].
- [86] 戚亚梅. 欧盟食品和饲料快速预警系统及启示[J]. *中国畜牧杂志*, 2006, (18): 30–32.
- QI YM. European Union Rapid Alert System for Food and Feed and its implications [J]. *Chin J Anim Sci*, 2006, (18): 30–32.
- [87] 卫生健康委. 卫生健康委关于印发《食品安全风险监测管理规定》的通知[EB/OL]. [2021-11-04]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5672672.htm [2023-10-30].
- National Health Commission. National Health Commission issued the notice of “Provisions on the Management of Food Safety Risk Monitoring” [EB/OL]. [2021-11-04]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5672672.htm [2023-10-30].

(责任编辑: 于梦娇 韩晓红)

作者简介

谌 茹, 博士, 主要研究方向为食品质量与安全。

E-mail: Ru.Shen@rd.nestle.com

鲍 蕾, 研究员, 主要研究方向为食品安全与标准。

E-mail: Lei.bao@rd.nestle.com