

食品安全监管科技及发展方向分析

庞国芳¹ 常巧英¹ 邵兵^{2,3}

(1.中国检验检疫科学研究院 北京 100176;2.北京市疾病预防控制中心;3.中原食品实验室)

摘要:本文阐述了国内外食品领域发展科技规划、食品安全治理的先进经验;梳理了食品监管科技规划重点研究方向;针对食品工业发展和未来食品安全面临的新问题和新挑战,探讨了食品安全监管与食品污染物检测新需求。食品安全全过程信息化主动防控、食品危害物监测与评估成为食品安全监管的重点;未来食品中新风险因子危害识别和监测,非定向筛查和多元危害因子快速识别将成为食品中污染物检测的新关注点。

关键词:食品安全;全过程监管;非定向筛查

中图分类号:TS201.6

Analysis of regulatory technology and major research directions for food safety

PANG Guofang¹, CHANG Qiaoying¹, SHAO Bing^{2,3}

(1.Chinese Academy of Inspection and Quarantine,Beijing,100176,China;

2. Beijing Center for Disease Prevention and Control;3. Food Laboratory of Zhongyuan)

Abstract:In this paper,the science and technology planning in food field and the advanced experience of food safety management were introduced. Next,the key research directions of food supervision science and technology planning were sorted out,and to face up to challenges in the future food,requirements of food safety supervision and analytical techniques for food contaminants were discussed. Active prevention and control of food safety and monitoring and evaluation of food hazards have become the focus of food safety supervision. Hazard identification and monitoring of new risk factors,non-targeted screening and rapid identification of multiple hazard factors will become new concerns for pollutant detection in food.

Keywords:Food safety;Whole process governmental supervision;Non-targeted screening

0 引言

食品安全是全世界共同关注的重要议题,已提升至国家战略高度。中共中央国务院“关于深化改革加强食品安全工作的意见”文件指出,我国食品安全形势依然严峻复杂。病原微生物污染防控是食品安全的刚性需求,农药化学污染物是当前食品源头污染的主要来源,重金属和真菌毒素等污染物长期威胁食品安全,非法添加和欺诈是目前食品安全的主要问题^[1]。食品安全与生态环境、食品产业基础、风险分析和监管体系、科技创新体系、管理体系和经济环境等密切相关,需要科技界、企业界、政府监管部门、消费者等多方力量共同治理^[2]。

强化过程控制、检验检测、监测评估、监管应急等 4 个方向关键共性技术研究,加快研发快速检测和 非定向筛查技术及产品,提升食品安全快速检测试剂和装备国产化率,构建与国际接轨的食品安全标准体系、全国统一的追溯预警体系和全链条的过

程控制体系及国家食品安全大数据云平台,进一步完善监管应急技术体系,作为“十三五”期间国家科技创新规划的研究重点,已取得了关键技术的重大突破和一系列科技成果,统一市场监管的格局已初步形成,提升了公众消费信心。

但随着食品工业快速发展和大食物观的落地,以及新技术、新工艺、新原料、新业态和跨境电商等新的经营模式不断变化,未来食品产业将向着高品质、高营养、高技术含量产品研发和制造方面发展^[3-6],其核心内容包括植物基食品、替代蛋白、食品感知、精准营养、智能制造、食品安全等^[7],使我国食品安全保障体系面临着来自顶层设计、监管机制体制、法律法规与标准、全程全息主动防控及社会共治等方面的新挑战,亟需完善提升食品安全监管的科技创新能力,实现全产业链的一体化无缝监管、智慧监管和动态监管^[8-9]。

第一作者 E-mail:ciqpang@163.com

基金项目:科技基础资源调查专项(2022FY101202);国家重点研发计划项目(2022YFF1101103)

收稿日期:2023-01-05

1 国际食品安全中长期行动计划和先进治理经验

1.1 国际食品安全中长期行动计划

WHO(世界卫生组织)和FAO(联合国粮食及农业组织)发布的《食品安全战略草案》中指出,建立食品农药化学污染物的监测体系是食品安全监管的核心环节。在美国、欧盟等国家和地区,实施从农田到餐桌的农药等化学污染物监测监控调查已有约30年的历史,已形成完善的监控调查体系。WHO《2022—2030年全球食品安全战略》,旨在指导和支持成员国开展监测和定期评估行动,加强食品安全系统和促进全球合作。实现粮食安全、改善营养状况和促进可持续农业,被列为联合国《2030年可持续发展议程》17项可持续发展目标之一。2022年,FAO发布的《食品安全未来展望报告》指出,食品安全是农业食品体系的基石,所有食品安全行为体都要做好应对可能出现的潜在威胁、干扰和挑战的准备,主动识别农业食品系统内外的驱动因素和相关趋势,以应对食品安全方面的挑战。

粮食安全和营养问题已纳入农业和食品发展政策。2022年FSA(英国食品标准局)推出未来5年内改善食品的战略,强调使食品更健康 and 更可持续。东南亚国家联盟粮食安全和营养战略,亚洲太平洋经济合作组织《皮乌拉粮食安全宣言》、《粮食农业发展、粮食安全和营养安全与气候变化多年期方案框架》和《促进粮食安全和高质量增长的城乡发展战略框架》,葡萄牙语国家共同体粮食安全和营养战略,阿拉伯粮食安全倡议等区域发展战略,均将加强粮食安全和保证充足营养放在更加突出的位置,强调必须加大农业投资,实现粮食生产和饮食多样化,在粮食生产和加工过程中引进节省人力的技术,加强食品链各个环节的能力提升,确保食物安全。东盟目前已初步建立统一的食物安全标准法规框架,包括确立食品协调与互认标准、技术规范、食品安全政策等,以扩大区域贸易影响力^[10]。

1.2 发达国家食品安全治理的先进经验

(1)采用现代管理思想的顶层设计。既需要考虑到生态学、食品学等技术性问题,又需要通过管理学、社会学等建设一个良性互动的、一体化、高效率的监管体制与机制。如欧美多国建立起统一的食物安全检测与预警系统,从而实现对食物安全的有力保障。在众多经济组织与国家中,欧盟与美国的食品安全检测与预警系统所取得的成效值得关注^[11-12]。该系统主要包括:独立且中立的风险评估机构;完善的食物安全追溯与召回系统;健全的市场准入制度;严

格的抽检制度与完善的食物安全检测体系;完善的食物安全资源、信息共享机制;健全的食物安全信用体系。

(2)构建科学、协调、统一的法律法规和标准体系。其共同特点是:食物安全管理的监管主体与体制非常健全,具有事先性、综合预防性的特点;法规与标准体系的建立经过专门机构统筹规划,目标明确,内容全面而协调;标准“出身民间化”,适用性强;食物安全标准在强调统一中逐步“法典化”,法律位阶明确;基础数据充足,标准制定科学性强,国际影响力高;包含基于食物链概念的风险源头及过程防控;建立积极有效的食物安全社会共治机制等。

(3)强化食物链的源头和过程防控。需注重农业产业转型升级和技术创新,在国外食物安全监管中,农产品或食品加工大多推行标准化作业,规范化、品牌化策略是食物安全的重要保证。食物链各环节相关的技术支撑普遍比较到位,且冷链信息系统完善,信息化程度高。食物生产环节中的安全风险可能会随着供应链传导,发达国家实施的“从农田到餐桌”的各种有效控制方法和体系,能够实现全程“可追溯”,这是保障食物安全的重要手段^[13-14],优化形成基于大数据和云平台的从食物生产到消费全过程的控制体系,能够实时发现、控制与预防新型危害物,降低污染风险。

(4)构筑有效的食物安全社会共治机制。其共同特点是:行业协会自治性高;第三方认证认可严格有序;树立企业食物安全第一责任人理念;消费者维权意识强,且政府可通过司法手段、信息公开制度和公众听证制度拓宽消费者维权途径,宣传引导消费者科学消费。

2 我国食品领域发展规划和主要研究方向

2.1 “十四五”发展规划

国家“十四五”发展规划中指出,要深入实施食物安全战略,加强食物全链条质量安全监管,推进食物安全放心工程建设攻坚行动,加大重点领域食物安全问题联合整治力度。党的二十大报告中再次强调了食物药品安全监管工作的重要性,体现了党和国家对食物安全的高度重视。国务院“十四五”市场监管现代化规划,明确了检验检测技术和仪器质量能力提升、实验室和平台建设的方向,包括组织实施检验检测促进重点产业优化升级行动,规划建设一批高水平国家质检中心和检测实验室;研发一批重要检验检测技术和规定,建设检验检测共性关键技术平台等,以促进市场监管现代化水平的提升。国家市场监督管理总局“十四五”市场监管科技发展规

划,基本涵盖了食品安全风险监测、评估、防控等食品安全监管技术。

2.2 我国食品科技发展规划研究方向

针对制约未来食品产业发展的技术瓶颈与关键难题,科技部“面向 2035 国家中长期食品领域科技发展规划”确立加工制造、营养健康、食品生物工程、智能装备、质量安全和包装物流等六大战略发展领域 20 项关键技术,包括食品基础科学技术;食品组学、食品合成生物学、食品感知学;未来食品制造技术;食品细胞工厂、食品增材制造;食品共性技术;新型酶制剂开发、食品新资源挖掘、食品大数据、食品工业机器人制造;产业化技术;食品柔性低碳加工、食品资源梯次高值利用、风味健康导向传统食品工业化、智慧化中央厨房、功能性食品、新型食品包装、食品智慧保鲜、食品智能制造、智能化冷链物流、食品安全主动防控、食品危害物监测与评估^[7]。

2023 年《食品行业科技创新白皮书》明确将实现人工智能、区块链等新一代 IT 技术,电子感官、先进检测和 3D 打印等先进制造技术,纳米材料、高分子材料、生物材料和智能材料等新材料应用,合成生物学、营养组学等现代生物科技等四大技术的融合发展。食品农产品智能仓储物流保鲜关键技术、拉曼光谱金标快检技术、气相液相色谱、质谱检测平台、食品智能化原位信息无损感知技术、农产品多维品质评价技术、食品热加工体系标准等,被列入 2021 年产业基础创新发展目录(食品领域),为完善我国食品产业基础的顶层设计提供了指引。

未来食品领域发展的趋势将聚焦于食品营养健康、食物物性科学、食品危害物发现与控制、绿色制造技术、食品加工智能化、食品全链条技术等方面^[15-16],进一步优化科技力量布局、推动区域协同创新、突出企业创新主体地位,以促进食品产业科技创新能力不断提高,推动食品产业持续高质量发展^[17]。

2.3 食品实验室主要研究方向

食品科学与技术国家重点实验室(江南大学、南昌大学)、食品营养与安全国家重点实验室(天津科技大学)、食品安全国际合作联合实验室(江南大学)、国家市场监督管理总局重点实验室(食品质量与安全)(中国检验检疫科学研究院)、国家市场监督管理总局重点实验室(食品中农药兽药残留监控重点实验室)(兰州市食品药品检验检测研究院)、中原食品实验室(河南工业大学、郑州轻工业大学、中国农业大学)、江南大学未来食品科学中心等实验室和平台的研究方向主要为食品原料制造、加工、营养、安全等 4 大领域,具体包括:资源挖掘与功能研究、食品物理生物耦合

制造技术、食品生物制造过程营养与安全调控机理、食品配料与添加剂的生物制造、食品理化加工过程中营养保持与安全控制机理、食品合成生物学、食品组学与大数据技术、食品感知科学;食品柔性化智能装备开发与应用、食品物流营养与安全变化机理;食品功能组分解析与高效利用、精准营养研究与健康食品创制、食品营养因子发掘与鉴定、营养作用机理与构效关系;食品全链条风险因子识别与阻控技术、食源性生物危害物控制、食品质量安全化学有害物的前沿分析技术、食品质量安全生物因子的检测与溯源、食品真实属性表征及产地溯源技术、食品风险甄别与安全评价食品质量安全控制技术、监测数据挖掘与风险监测技术等,涉及食品、环境、营养、生物、信息及交叉学科的机理、技术、装备及应用。

3 食品安全监管技术

3.1 食品安全全过程信息化主动防控

食品质量安全逐渐由被动控制向主动防控转变,检测技术与产品正朝着多技术集成、多功能、智能化、信息化方向发展。涉及原料鉴定与识别、功效和活性表征、全生命周期监管、未知和非食用物质风险高通量筛选和评价、产品质量指标和检测标准、新技术食品质量安全检测与风险评估技术等方面。其中,食品中未知有害物的发掘与甄别检测技术,将实现筛查技术从“已知筛查”到“未知发掘”的突破,解决食品中未知有害物及其衍生物难以发掘的问题;食品真实性鉴别与溯源研发集成大数据、组学和无损检测的新技术体系、食品新业态全程质量安全智慧监控技术及基于大数据的食品安全智慧监管平台构建、食品安全监管现场、快速、绿色检测关键技术及装备研究,将进一步助力我国全过程食品安全保障体系的构建和完善^[18]。

3.2 食品危害物监测与评估

风险评估技术正逐步趋于标准化和模型化,污染物检测由“定向检测”向“非定向筛查”转变,复合污染风险评估成为研究重点^[19]。将重点开展对致病微生物、化学致癌物、生物毒素等食品危害物的风险评估理论基础研究;构建我国食源性致病菌大规模的标准化组学数据库,研究基于系统生物学和多组学技术的微生物定量风险评估研究;建立基于不同食品危害物风险评估体系构建食品安全风险溯源、预测、分析与决策的专家系统与平台^[18];建立良好的数据共享机制,建立和完善毒性测试、污染物检测、食物消费量等数据库,提高评估质量并加快评估的进度^[20]。

4 食品领域污染物检测新需求

除了加强传统的农兽药残留、食品添加剂、食品污染物、毒理学、营养素等的检测,还应完善数字化食品、预制菜的相关标准法规体系,使预制菜肴的生产更加规范,市场监管更加全面^[21]。食品检测产业还应更多关注食品检测技术、新污染物检测技术、毒理学评价技术等领域的创新。

4.1 未来食品中新风险因子危害识别和监测

未来食品中可能使用多种新型食品原料,在食品的智能制造过程中还可能面临新风险因子难以识别的问题。如未来食品产业链中可能会实现食品金属包装固废回收再利用等环节,食品接触材料的安全性问题可能会面临新的挑战,建立新型食品材料潜在有害组分迁移示踪技术,开展潜在有害组分定性定量检测,开发风险因子精准筛查技术,形成未来食品中风险因子安全阻控技术体系可能是其中一个发展方向。此外,国际上关注的持久性有机污染物、内分泌干扰物、微塑料等新污染物,浓度普遍较低,检测难度高于常规污染物,检测标准和方法有待完善,无法有效支撑新污染物的筛查、评估和管控工作,建议将新污染物及时纳入食品安全监控范围,系统规划新污染物关联化学品的科学使用规则,以积极应对新污染物带来的食品安全挑战^[22]。

4.2 非定向筛查

美国 FDA 食品科研重点计划和我国面向 2035 年食品领域科技发展规划中,均将非定向分析方法列为科技发展的重点。针对未来食品中可能出现的新型化学污染、微生物污染、食物掺假等食品安全问题,研发基于仪器分析、组学技术以及生物标志物等相互组合的非定向筛查技术,是解决多源未知风险的手段^[23]。其中,以仪器分析为平台的非定向检测技术,构建色谱-质谱等基础信息数据库,能够为非定向高灵敏度、高通量筛查、确证和分析提供支持。通过高分辨率快速扫描和精确质量数的数据库实现农药残留的高通量快速筛查,以及谱库的标准化也是重要的发展方向^[24]。建立适用于海量化学危害因子多源筛查数据快速解析的在线多维非定向筛查系统,有望提升数据库、质谱处理系统等基础软件的国产化水平,将有效提高我国对化学性突发安全事件的预警和处置能力。目前,高分辨质谱已应用于果蔬、茶叶、中药材中上千种农药的残留检测^[25],且不断与数据科学、地理信息等技术融合^[26-28],已初步实现农药残留检测信息化、数据分析智能化和风险溯源可视化^[29]。在食用农产品中农药化学污染物检测领域,快速高通量检测技术标准仍然是今后世界各

国及相关国际组织关注的热点研究课题^[30]。

4.3 多元危害快速识别

智能仿生识别、可视成像、生物传感等无损现场快速检测,可能会成为识别未来食品多元危害的重要技术手段。食品安全用抗体资源库的构建,可推动食品安全免疫定量检测新技术的进一步发展。以蛋白质和适配体为代表的生物识别、以纳米材料和大环化合物为代表的非生物识别以及基于农药独特的光学性质和化学性质实现的直接识别,在农药污染物即时监测中将会继续发挥重要作用^[31]。

4.4 预制菜劣变化学标志物筛选及检测

针对预制菜在制备和储运过程中因劣变和污染产生的风险因子难以管控问题,通过食品组学筛选并验证预制菜发生劣变的潜在化学标志物;研发劣变标志物的高通量痕量检测方法及时检测技术;研究预制菜在不同保藏条件下食品微生物菌群多样性及时空动态,研发快速筛查和检测技术;开展预制菜风味物质的检测技术研究,探索预制菜有关风味形成、风味衰减与丢失的机理。此外,针对目前预制菜防腐保质方法和食品添加剂的使用上存在不规范的问题,开展预制菜防腐剂、保水剂、稳定剂、增鲜剂、稳定剂等高通检测方法研制,推进预制菜清洁标签管理及评价体系建设。

5 总结和展望

食品安全是发展食品和营养健康产业的前提,新业态亟需探索安全监管新路径,应当将顶层设计与现代管理思想相融合,构筑一个完整、立体、多维的食品安全监管体系,以重点突破食品安全全链条过程控制、食品安全智能控制、新兴食品安全控制等关键技术,积极构建食品安全主动防控体系,通过高通量与未知物筛查、区块链等新型检测技术与智慧监管技术等,在食品安全主动保障和风险防控能力中发挥更大作用。

参考文献

- [1] 旭日干,庞国芳.中国食品安全现状、问题及对策战略研究[M].北京:科学出版社,2016.
XU R G,PANG G F. Strategic Study on the Development Situation, Problems and Countermeasures of Food Safety in China[M]. Beijing:Science Press,2016.(in Chinese)
- [2] 庞国芳.中国食品安全现状、问题及对策战略研究(第二辑)[M].北京:科学出版社,2020.
PANG G F. Strategic Study on the Development status, Problems and Countermeasures of Food Safety in China (II) [M]. Beijing:Science Press,2020.(in Chinese)
- [3] 刘泽龙,李健,王静,等.“双循环”新格局下我国食品营养

与健康产业发展策略研究[J].中国工程科学,2022,24(6):72-80.

LIU Z L,LI J,WANG J,et al. Countermeasures for the Development of China's Food Nutrition and Health Industry in the Context of Dual Circulation[J].Strategic Study of CAE,2022,24(6):72-80.(in Chinese)

[4] 李兆丰,孔昊存,刘延峰,等.未来食品:机遇与挑战[J].中国食品学报,2022,22(4):1-13.

LI Z F,KONG H C,LIU Y F,et al. Future Foods:Opportunity and Challenge[J].Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology,2022,22(4):1-13.(in Chinese)

[5] 廖小军,赵婧,饶雷,等.未来食品:热点领域分析与展望[J].食品科学技术学报,2022,40(2):1-14+44.

LIAO X J,ZHAO J,RAO L,et al. Prospective Analysis of Hot Topics in Future Foods [J].Journal of Food Science and Technology,2022,40(2):1-14+44.(in Chinese)

[6] 李兆丰,徐勇将,范柳萍,等.未来食品基础科学问题[J].食品与生物技术学报,2020,39(10):9-17.

LI Z F,XU Y J,FAN L P,et al. Fundamental Research in Future Foods[J].Journal of Food Science and Biotechnology,2020,39(10):9-17.(in Chinese)

[7] 陈坚.未来食品:任务与挑战[J].中国食物与营养,2022,28(7):5-6.

CHEN J.Future Food:Task and challenge [J].Food and Nutrition in China,2022,28(7):5-6.(in Chinese)

[8] 陈君石.中国食品安全的过去、现在和将来[J].中国食品卫生杂志,2019,31(4):301-306.

CHEN J S.Food safety situation in China-past,present and future[J].Chinese Journal of Food Hygiene,2019,31(4):301-306.(in Chinese)

[9] 罗云波.科技创新引领食品产业高质量发展[J].中国农村科技,2019(6):16-20.

LUO Y B. Scientific and Technological Innovation Leads the High-quality Development of the Food Industry[J]. Science and Technology in Rural China,2019(6):16-20.(in Chinese)

[10] 李笑曼,臧明伍,李丹,等.东盟食品安全标准协调与监管一体化现状研究[J].食品科学,2022,43(11):320-329.

LI X M,ZANG M W,LI D,et al. Current Status of Integration of Coordination and Supervision of Food Safety Standards in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN)[J]. Food Science,2022,43 (11):320-329.(in Chinese)

[11] Ugland T,Veggeland F. Experiments in food safety policy integration in the European Union [J].Journal of Common Market Studies,2006,44(3):607-624.

[12] Thomann E. Customized implementation of European Union food safety policy:United in diversity[M]. Springer, 2018.

[13] Dinu V. Food safety in the context of the European Union[J]. Amfiteatru Economic,2018,20(47):5-7.

[14] Meulen B,Velde M. Food safety law in the European Union:an introduction.[M]. Wageningen Academic Publishers,2004.

[15] 陈坚.中国食品科技:从 2020 到 2035[J].中国食品学报,2019,19(12):1-5.

CHEN J. Food Science and Technology in China:from 2020 to 2035[J].Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology,2019,19(12):1-5.(in Chinese)

[16] 戴小枫,张德权,武桐,等.中国食品工业发展回顾与展望[J].农学报,2018,8(1):125-134.

DAI X F,ZHANG D Q,WU T,et al.Historical Review and Future Prospect of China's Food Industry Development[J].Journal of Agriculture,2018,8(1):125-134.(in Chinese)

[17] 王文月,臧明伍,张辉,等.我国食品科技创新力量布局现状与发展建议[J].食品科学,2022,43(13):336-341.

WANG W Y,ZANG M W,ZHANG H,et al.Current Status of and Development Suggestions for Food Science and Technology Innovation Power Layout in China[J]. Food Science,2022,43(13):336-341.(in Chinese)

[18] 中华人民共和国科学技术部.面向 2035 年国家中长期食品领域科技发展规划战略研究报告[R].2021.

[19] 张星联,杨桂玲,陈晨,等.农产品质量安全风险评估技术研究现状及发展趋势[J].农产品质量与安全,2016(5):3-7.

ZHANG X L,YANG G L,CHEN C,et al. Development Situation and Trend of Agricultural Product Quality and Safety Risk Assessment Technology[J]. Quality and Safety of Agricultural Products,2016(5):3-7.(in Chinese)

[20] 张立实,李晓蒙,吴永宁.我国食品安全风险评估及相关研究进展[J].现代预防医学,2020,47(20):3649-3652.

ZHANG L S,LI X M,WU Y N.Food safety risk assessment in China and related research progress[J].Modern Preventive Medicine,2020,47(20):3649-3652.(in Chinese)

[21] 吴晓蒙,饶雷,张洪超,等.新型食品加工技术提升预制菜肴质量与安全[J].食品科学技术学报,2022,40(5):1-13.

WU X M,RAO L,ZHANG H C,et al.Quality and Safety Improvement of Premade Cuisine by Novel Food Processing Technologies [J].Journal of Food Science and Technology,2022,40(5):1-13.(in Chinese)

[22] 陈玲,杨潇,张琳钰,等.食品中环境新污染物危害管控研究[J].中国工程科学,2022,24(6):99-106.

CHEN L,YANG X,ZHANG L Y,et al.Hazard and Management of Emerging Environmental Pollutants in Food of China [J].Strategic Study of CAE,2022,24(6):99-106.(in Chinese)

[23] 许彦阳,张丹,邱静,等.食用农产品中生物毒素非定向筛查技术研究现状及展望[J].农产品质量与安全,2016(5):13-17.

XU Y Y,ZHANG D,QIU J,et al. Research Status and Prospect of Non-directed Screening Technology for Biotoxins in Edible Agricultural Products[J]. Quality and Safety of Agricultural Products,2016(5):13-17.(in Chinese)

[24] 贺泽英,刘潇威.农产品中农药残留分析技术研究进展[J].农业资源与环境学报,2016,33(4):310-319.

HE Z Y,LIU X W.Research Progress on Pesticide

- Residue Analysis Techniques in Agro-products[J].Journal of Agricultural Resources and Environment,2016,33(4):310-319.(in Chinese)
- [25] 庞国芳,常巧英,范春林.农药残留监测技术与监控体系构建展望[J].中国科学院院刊,2017,32(10):1083-1090.
PANG G F,CHANG Q Y,FAN C L.Prospect for Research of Pesticide Residue Monitoring Technique and Construction of Monitoring Systems[J].Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2017,32(10):1083-1090.(in Chinese)
- [26] 庞国芳,梁淑轩,常巧英,等.基于风险值自动计算——信息多维采集的农药残留大数据评估市售果蔬安全水平[J].中国科学院院刊,2018,33(3):318-329.
PANG G F,LIANG S X,CHANG Q Y,et al.Assessment of Safety of Marketed Fruits and Vegetables in China Based on Large Data Fusion Technology of Risk Value Automatic Calculation—Multidimensional Information Collection [J].Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2018,33(3):318-329.(in Chinese)
- [27] 庞国芳,庞小平,任福,等.高分辨质谱—互联网—地理信息系统三元融合技术绘制中国农药残留地图[J].中国科学院院刊,2018,33(1):94-106.
PANG G F,PANG X P,REN F,et al.Tri-element Integrated Technology of High Resolution MS,Internet,and Geographical Information System Draw A Map of Pesticide Residues in China [J].Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2018,33(1):94-106.(in Chinese)
- [28] 庞国芳,陈谊,范春林,等.高分辨质谱—互联网—数据科学三元融合技术构建农药残留侦测技术平台[J].中国科学院院刊,2017,32(12):1384-1396.
PANG G F,CHEN Y,FAN C L,et al.Tri-element Integrated Technology of High Resolution MS,Internet,and Digital Science Constitutes Technical Platform for Pesticide Residues [J].Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2017,32(12):1384-1396.(in Chinese)
- [29] 庞国芳.食用农产品农药残留监测与风险评估溯源技术研究[M].北京:科学出版社,2018.
PANG G F. Research on traceability technology of pesticide residue monitoring and risk assessment in edible agricultural products[M]. Beijing:Science Press,2018.(in Chinese)
- [30] 庞国芳,范春林,常巧英.加强检测技术标准化研究 促进食品安全水平不断提升[J].北京工商大学学报(自然科学版),2011,29(3):1-7.
PANG G F,FAN C L,CHANG Q Y.Strengthening Study on Analytical Technique Standards and Promoting Food Safety Level Constantly [J].Journal of Beijing Technology and Business University (Natural Science Edition),2011,29(3):1-7.(in Chinese)
- [31] 陈可仁,李洁,常巧英,等.基于分子识别的农药残留快速检测研究进展[J].分析测试学报,2022,41(9):1439-1446.
CHEN K R,LI J,CHANG Q Y,et al.Research Progress on Rapid Detection of Pesticide Residues Based on Molecular Recognition[J]. Journal of Instrumental Analysis,2022,41(9):1439-1446.(in Chinese)