

现代食品安全控制技术与策略丛书

农产品质量安全管理与溯源 ——理论、技术与实践

杨信廷 钱建平 孙传恒 著



科学出版社

现代食品安全控制技术与策略丛书

农产品质量安全管理与溯源 ——理论、技术与实践

杨信廷 钱建平 孙传恒 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是作者近十年来从事农产品质量安全管理与溯源研究的成果,也是进行追溯系统示范应用的全面总结。本书从农产品质量安全总体态势分析入手,全面介绍了农产品认证与管理体系、农产品追溯系统的发展,奠定了全书的理论基础;从技术进展入手,深入阐述了追溯编码与标识技术、供应链各环节信息采集技术、数据传输技术、质量安全预警与智能决策技术、质量安全监管与溯源技术,形成了完整的追溯技术框架;从不同农产品的特点入手,构建了面向蔬菜、果品、水产品、畜产品、粮油产品的追溯系统集成框架,展示了应用效果。

本书可作为从事农业信息技术、农产品及食品质量安全控制技术等科学领域研究的重要参考资料,对于各级政府和管理部门开展追溯系统建设具有重要的指导作用,也可作为企业建设内部质量安全追溯体系的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

农产品质量安全管理与溯源:理论、技术与实践/杨信廷,钱建平,孙传恒著. —北京:科学出版社,2016

(现代食品安全控制技术与策略丛书)

ISBN 978-7-03-048835-0

I. ①农… II. ①杨…②钱…③孙… III. ①农产品-质量管理-安全管理-研究 IV. ①F307.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第134253号

责任编辑:霍志国/责任校对:张小霞

责任印制:肖 兴/责任设计:铭轩堂

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年6月第一版 开本:720×1000 1/16

2016年6月第一次印刷 印张:24 插页:2

字数:480 000

定价:118.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《现代食品安全控制技术与策略丛书》

编委会

主 编 庞国芳

副主编 (按姓氏汉语拼音排序)

陈 坚 范春林 王 硕 谢明勇

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

陈 卫 高志贤 李培武 史贤明

宋 恂 王加启 杨 震 杨光富

杨信廷 叶志华 岳田利 张 峰

赵国华

丛 书 序

食品安全问题是世界各国共同面临的难题,已经成为影响国家稳定、社会和谐、经济繁荣、人类繁衍的重大公共安全问题,更是当前社会高度关注的民生问题。因此,立足国内外食品安全现状,总结国内外食品安全管理先进经验,开发食品安全检测技术,对揭示导致我国食品安全问题的根本原因,提出解决中国食品安全问题的有效策略,具有重要意义。

我国在食品安全风险评估方面已经初见成效。1994年,中国《食品安全性评价的程序和方法》及《食品毒理学实验室操作规范》以国家标准形式颁布,为中国食品安全性评价工作进入规范化、标准化及与国际接轨提供了基本条件。特别是2009年《中华人民共和国食品安全法》和《中华人民共和国食品安全法实施条例》的颁布实施,为食品安全风险评估工作的制度化、规范化和科学化,从法律上给予了保障。但是,由于缺乏统一的机制,以及受经费支持力度、可利用信息资源限制,风险评估尚处于起步阶段,不具备主动进行风险评估的能力,还没有采用与国际接轨的风险评估程序和技术。

随着我国食品安全监管的强烈需求,以提高食品、农产品质量水平和食品工业的市场竞争力为最终目标,在“十一五”和“十二五”期间,陆续启动了有关食品安全的国家科技支撑计划项目。在这些项目的支持下,食品安全检测技术得到了快速发展。在农药、兽药残留检测和微生物、生物毒素检测方面,涌现了一大批新技术、新方法,如高通量色谱-质谱检测技术、微流控芯片技术、多维色谱技术、纳米检测技术、生物分析技术等。我国学者在吸收国外先进理念的基础上,于2006年和2008年先后建立了20项分别适用于水产品、农产品的农药及相关化学品多残留检测技术标准,并且在同时检测的农药品种数量上达到了国际领先水平。另外,兽药残留的检测也向多残留同时检测的方向发展,如磺胺类、氟喹诺酮类、大环内酯类兽药的定量检测方法,都可以同时检测多种药物的残留,大大提高了检测效率。具有公共卫生意义的致病性细菌、真菌、病毒、寄生虫、原生动动物及其产生的有毒物质也是影响食品安全的主要因素,微生物污染检验方法也发展迅速。病原菌的检测、鉴定技术已由传统的微生物生化鉴定发展到生化、免疫、分子生物学与仪器自动化的多元技术。

为了保证食品安全和消费者的利益,有效召回或撤销出现问题的产品,世界各国都强调“从农田到餐桌”的全程监控,实施食品安全追溯管理制度。目前,世界上已有20多个国家和地区采用国际物品编码协会推出的EAN·UCC系统,

对食品原料的生产、加工、储藏及零售等各个环节上的管理对象进行标识,通过条码和人工可识读方式使其相互连接,实现对食品供应过程的跟踪与追溯。食品的溯源技术可以分为物理方法(标签溯源技术,如条形码、电子标签等)、化学方法(如稳定同位素溯源技术、矿物元素指纹溯源技术、有机物溯源技术等)和生物方法(虹膜特征识别技术和 DNA 溯源技术)。我国积极开展食品安全溯源技术体系研究工作并取得了一定的成果,在溯源体系建设上需要逐步完善法律制度建设、建立和完善追溯体系数据中心、做好耳标佩戴和信息采集传输工作、加强追溯体系档案管理及相应的科技体系作为支撑,从而建立既适合我国国情又与国际通行做法接轨的食品、农产品可追溯系统与制度,以促进食品工业的发展。

为了有效应对食品安全问题,提高食品安全监控能力,特组织国内食品安全领域的专家学者,编著了“现代食品安全控制技术与策略丛书”。本套丛书由多部著作组成,涉及食品安全风险分析与管理、食品安全监测与检测技术、食品安全溯源技术等方面的内容。丛书的作者为来自于食品安全领域的一线科研人员,他们具有自己的学术思想和丰富的实践经验,通过对多年来研究成果的凝练与概括,以及对该学科领域充分把握,形成该套丛书。

该套丛书的出版,可为我国食品安全各个相关学科和技术领域的科技人员和管理人员提供一套重要的参考资料,希望能对我国建立以管理科学为主体、多学科协同且符合中国国情的食品安全管理体系、科技支撑创新体系起到积极的推动作用。



中国工程院院士

2015年4月

前 言

民以食为天，食以安为先。农产品质量安全事关国计民生和社会稳定，已成为百姓普遍关注、国家高度重视的问题。近年来，在全社会共同关注和努力下，我国全力推进农产品质量安全监管工作，农产品质量安全水平连续几年稳步提升，质量安全形势总体稳定向好；但农产品及食品质量安全事件仍时有发生，在给消费者造成身体伤害和生命威胁的同时，也直接导致人民群众消费信心下降，进而危及整个产业链条。2014 年中央农村工作会议对农产品质量和食品安全做出重要部署，提出用最严谨的标准、最严格的监管、最严厉的处罚、最严肃的问责，确保广大人民群众“舌尖上的安全”。2015 年 10 月 1 日起我国实施新修订的《中华人民共和国食品安全法》，新法突出了食品安全预防为主、风险管理、全程控制、社会共治的原则，强化了食品安全源头控制，突出了对特殊食品的监管，加重了对违法违规行为的惩处力度，因此被称为“史上最严”的食品安全法。

“从农田到餐桌”的农产品及食品供应链涉及生产、加工、包装、运输、仓储、销售等不同环节，每个环节都可能存在不安全因素。追溯系统以其降低质量安全风险、提高产品召回效率、保障公众健康水平的优势，作为质量管理的有效措施从 20 世纪 80 年代引入食品工业，至今已有欧盟、美国、加拿大、澳大利亚等国家和地区相继建立了农产品及食品追溯系统。与发达国家的追溯体系建设和追溯系统应用相比，我国的相关研究和应用起步较晚，还存在着强制性的法律依据缺少、兼容互通的追溯标准尚未建立、部门条块分割依然较为严重、技术体系还需完善、市场主体参与意愿不高、追溯信息完整性与真实性不足等问题，因此迫切需要结合我国农产品及食品供应特点、企业实际需求、不同监管模式，开展追溯技术研究和追溯系统推广应用，建立起“产品来源可追溯，去向可查询，责任可追究”的全程追溯体系，以提升我国农产品质量安全总体水平。

以物联网为核心的信息技术为追溯系统的实现提供了有力支撑。本书重点从信息技术的角度全面阐述了追溯系统的研究进展、核心技术、应用系统、集成框架、应用示范等内容。主要反映了 2005 年以来本研究团队承担国家“863”、科技支撑、自然科学基金、北京市科技计划等项目取得的成果，主要有国家“863”课题“主要农产品质量全程跟踪与溯源技术研究与应用”、“农产品生产加工多源感知技术与装备”；国家科技支撑计划课题“城郊农业信息化技术研究示范”；国家自然科学基金项目“基于多姿态模板匹配的果树性诱靶标害虫识别模型与计数方法研究”、“日光温室黄瓜霜霉病初侵染监测预警方法研究”；北京市科技

计划项目“安全蔬菜社区直供物流配送科技示范”等。本书是北京市农林科学院国家农业信息化工程技术研究中心的研究团队与多家科研、教学单位通力合作取得的科研成果。

全书共3篇15章，分别从理论、技术、实践方面进行阐述。第1章以重要农产品质量安全事件为切入点，分析了国内外农产品质量安全总体态势；第2章介绍了国内外目前主流的农产品认证与管理系统，分析了国外农产品质量安全管理特点；第3章从重要概念的辨析入手，介绍了国外追溯系统发展，分析了我国追溯系统建设现状及问题；第4章全面阐述了追溯系统构建相关技术的进展。第5~9章，从追溯系统构建的核心技术方面进行了深入阐述，其中第5章介绍了追溯编码与标识技术，第6章介绍了供应链各环节信息采集技术，第7章介绍了农产品供应链中数据传输技术，第8章介绍了农产品质量安全预警与智能决策技术，第9章介绍了质量安全监管与溯源技术。在实践篇，第10~14章，针对蔬菜、果品、水产品、畜产品和粮油产品的不同特点，从集成架构、应用系统开发和典型应用案例方面介绍了追溯系统应用情况；第15章，基于追溯数据，从追溯粒度和质量安全信用角度对追溯进行了评价，深化了追溯系统应用。

本书由杨信廷负责全书的整体设计，相关课题研究的核心技术人员参与了部分章节的撰写。第1章由杨信廷撰写；第2章由李明、钱建平负责撰写；第3章由杨信廷撰写；第4章由杨信廷、钱建平撰写；第5章由孙传恒、钱建平、李文勇、吉增涛撰写；第6章由钱建平、邢斌、范蓓蕾、解菁撰写；第7章由孙传恒撰写；第8章由李明、陈梅香、李文勇、韩佳伟、刘寿春撰写；第9章由钱建平、孙传恒、吴晓明撰写；第10章由钱建平、邢斌撰写；第11章由钱建平、李明、陈梅香撰写；第12章由孙传恒、赵丽撰写；第13章由吉增涛、孙传恒撰写；第14章由钱建平撰写；第15章由杨信廷、钱建平撰写。全书由杨信廷、钱建平、李明统稿。研究团队的刘学馨、杜晓伟、周超、常红梅、李茺、陈波、王铄今、陈曦、史策、韩帅也参与了部分材料整理工作。

多位博士研究生、硕士研究生直接参与了书中部分研究工作，他们是郭秀明、韩佳伟、周星、黄华梅、周向明、丁永军、赵国罡、郭斌、吴修立、乔淑、高连、吴滔、王凤丽、程凯皆、姜桃、李银伟、屈利华、郝玲、孙祥、牛霆葳、李莎、梁旭姣、郭东东、王慧等。此外，天津市无公害农产品（种植业）管理中心王学忠、广州市农产品质量安全监督所连槿、北京市农业技术推广站王俊英、中国水产科学研究院宋悻、天津市农村工作委员会信息中心李洁等，为本研究的应用示范提供了诸多便利，使本书积累了丰富的应用素材。

农产品质量安全溯源涉及知识面广、面向对象多、供应链复杂，其技术研究有待进一步开展，应用也有待深入。作者期望本书的问世，将会使读者对农产品质量安全追溯技术的研究和集成应用有所了解，同时也起到抛砖引玉的效果，引

发人们对这一领域的兴趣和关注，促进我国信息技术在农产品及食品质量安全领域的应用，从而全面提升我国的农产品及食品质量安全水平。由于农产品质量安全管理与溯源正处于不断发展成熟中，限于作者的学识水平，书中难免存在不足之处，恳请读者提出宝贵建议。

作 者

2016年5月

目 录

丛书序

前言

第一篇 理 论 篇

第 1 章 农产品质量安全总体态势分析	3
1.1 国外农产品质量安全发展	3
1.1.1 农产品质量安全发展历程	3
1.1.2 重大农产品质量安全事件	5
1.2 我国农产品质量安全现状	7
1.2.1 农产品质量安全总体趋好	7
1.2.2 重大农产品质量安全事件时有发生	9
1.2.3 农产品国际贸易壁垒不可避免	12
1.2.4 农产品质量安全已成为普遍关注的问题	13
第 2 章 农产品认证与管理体系	16
2.1 国际主要农产品认证体系	16
2.1.1 良好生产规范 (GMP)	16
2.1.2 危害分析与关键控制点 (HACCP)	16
2.1.3 良好农业规范 (GAP)	18
2.1.4 ISO 22000	19
2.2 我国的农产品认证体系	20
2.2.1 无公害农产品	20
2.2.2 绿色食品	21
2.2.3 有机食品	22
2.2.4 农产品地理标志	23
2.3 国外农产品质量安全管理特点	24
2.3.1 成熟的质量安全管理模式	24
2.3.2 健全的质量安全法律法规	25
2.3.3 完备的质量安全标准体系	25
2.3.4 强有力的质量安全技术支持	26
第 3 章 农产品追溯系统发展	27

3.1 重要概念辨析	27
3.1.1 农产品、食品与食用农产品	27
3.1.2 跟踪与追溯	28
3.1.3 可追溯性与追溯系统	29
3.1.4 内部追溯与外部追溯	29
3.2 国外追溯系统发展	30
3.2.1 欧盟	30
3.2.2 美国	34
3.2.3 日本	35
3.2.4 澳大利亚	36
3.3 我国追溯系统建设与发展	37
3.3.1 法律法规	37
3.3.2 标准体系	37
3.3.3 实施状况	40
3.3.4 存在问题	43

第二篇 技 术 篇

第4章 追溯系统构建相关技术进展	49
4.1 编码与标识技术	49
4.1.1 GSI 编码体系	49
4.1.2 条码技术	50
4.1.3 射频识别技术	54
4.1.4 生物特征识别技术	56
4.2 信息采集与管理技术	58
4.2.1 环境信息感知	58
4.2.2 视频信息采集	59
4.2.3 过程信息记录	60
4.3 智能决策与预警技术	60
4.3.1 生产过程预警	60
4.3.2 货架期预测	62
4.4 数据集成与分析技术	62
4.4.1 多源异构数据集成技术	62
4.4.2 数据挖掘技术	63
4.4.3 大数据	64
4.5 物流网技术支撑下的追溯系统集成框架	65

第 5 章 追溯编码与标识技术	67
5.1 基于 GS1 的追溯码编码	67
5.1.1 追溯编码原则	67
5.1.2 水产品追溯码编码	68
5.1.3 水产品监管码设计	72
5.1.4 果蔬产品追溯编码	74
5.2 基于地理坐标和多重加密的追溯码编码	75
5.2.1 编码构成	75
5.2.2 改进的产地位置码设计	77
5.2.3 基于多重加密的追溯码设计	78
5.2.4 编码反演	79
5.2.5 编码示例	80
5.3 基于 AES 算法的汉信码加密标识	81
5.3.1 AES 算法的核心流程	81
5.3.2 汉信码符号结构	82
5.3.3 汉信码加密流程	84
5.3.4 汉信码生成的关键技术	86
5.3.5 加密编码示例	90
5.4 RFID 标识应用	91
5.4.1 RFID 在果树标识中的应用	91
5.4.2 RFID 在动物个体标识中的应用	95
5.4.3 RFID 应用于屠宰加工环节	97
第 6 章 供应链各环节信息采集技术	99
6.1 种养殖环节信息采集	99
6.1.1 环境信息感知	99
6.1.2 农事信息采集	109
6.1.3 多源生产履历感知	113
6.1.4 基于 GAP/HACCP 的种养殖过程管理	118
6.2 加工环节信息采集	126
6.2.1 检测信息采集	126
6.2.2 鲜切蔬菜加工过程批次混合模型	129
6.2.3 基于批次转换的屠宰加工过程信息采集与管理	141
6.2.4 鱼子酱精深加工过程信息管理	142
6.3 物流配送环节信息采集	146
6.3.1 物流产品包装转换信息采集	146

6.3.2	物流环境监测	148
6.3.3	物流主体跟踪与管理	153
6.4	交易环节信息采集	160
6.4.1	交易过程信息采集	160
6.4.2	基于条码溯源电子秤的交易信息管理	165
第 7 章	农产品供应链中数据传输技术	169
7.1	基于网格扫描的果园无线传感器网络部署	169
7.1.1	整体框架	169
7.1.2	覆盖水平和连通水平	170
7.1.3	节点部署算法	171
7.1.4	仿真实验及结果	174
7.1.5	方法特点	178
7.2	视频压缩与传输	179
7.2.1	视频标准及压缩	179
7.2.2	典型运动估计算法	181
7.2.3	EPZS 算法的改进	184
7.2.4	实验测试	188
第 8 章	农产品质量安全预警与智能决策技术	190
8.1	蔬菜病害预警	190
8.1.1	总体框架	190
8.1.2	主要方法	190
8.1.3	温室蔬菜病害预警中的叶片湿润时间监测研究	192
8.1.4	温室蔬菜病虫害警情预报模型	193
8.1.5	温室蔬菜病虫害预警系统	194
8.2	果树虫害监测与预警	195
8.2.1	总体框架	195
8.2.2	基于机器视觉的果树害虫在线识别计数方法	196
8.3	冷链物流过程温度场数值模拟与分析	201
8.3.1	温度场数学模型构建	201
8.3.2	模拟结果与分析	205
8.3.3	模拟结果验证	206
8.4	冷链物流过程猪肉品质预测	208
8.4.1	基于 SPC 的微生物污染预测	208
8.4.2	基于气味传感器阵列系统的冷链猪肉货架期预测	216
第 9 章	农产品质量安全监管与溯源技术	223

9.1 产地环境评价	223
9.1.1 我国农产品产地环境标准分析	223
9.1.2 产地环境评价模型构建	227
9.1.3 模型实现	229
9.2 溯源数据交换与集成	231
9.2.1 溯源信息交换模型	231
9.2.2 农产品溯源信息描述语言 (VTML) 设计	232
9.2.3 VTML 在溯源信息交换中的应用	235
9.3 质量安全现场监管	237
9.3.1 认证监管流程设计	237
9.3.2 认证平台设计与开发	238
9.3.3 基于移动设备的监管应用开发	240
9.4 产品多方式溯源	241
9.4.1 总体架构	241
9.4.2 网站追溯	241
9.4.3 短信追溯	242
9.4.4 触摸屏追溯	242
9.4.5 手机扫描条码追溯	243
9.5 农产品质量安全应急管理	245
9.5.1 农产品质量安全事件等级综合评价模型构建	245
9.5.2 系统设计与实现	250
9.5.3 系统应用模拟	252

第三篇 实 践 篇

第 10 章 蔬菜质量安全管理与追溯系统集成与应用	257
10.1 集成架构	257
10.1.1 总体框架	257
10.1.2 面向蔬菜合作社的产地追溯精度提高设计	257
10.2 应用系统开发	261
10.2.1 系统分析	261
10.2.2 系统设计	262
10.2.3 系统实现	264
10.3 典型应用案例——天津“放心菜”质量安全追溯	270
10.3.1 应用概述	270
10.3.2 基地应用流程	271

10.3.3	应用效果	271
第 11 章	果园精准管理与果品溯源系统集成与应用	274
11.1	集成架构	274
11.1.1	总体框架	274
11.1.2	基于智能手机的果园生产信息双向获取技术	274
11.2	应用系统开发	279
11.2.1	系统架构	279
11.2.2	数据库设计	280
11.2.3	开发关键技术	280
11.2.4	系统实现	282
11.3	典型应用案例——滨州市沾化某果园数字化管理与追溯	287
11.3.1	应用概述	287
11.3.2	应用流程	287
11.3.3	应用效果	290
第 12 章	水产品追溯系统集成与应用	291
12.1	集成架构	291
12.1.1	总体框架	291
12.1.2	面向不同信息化程度的水产品批发市场追溯流程设计	292
12.2	应用系统开发	294
12.2.1	水产养殖产品质量安全管理系统	294
12.2.2	水产品批发市场管理系统	296
12.2.3	水产品质量安全追溯平台	299
12.3	典型应用案例——湛江霞山水产品批发市场追溯	301
12.3.1	应用概述	301
12.3.2	应用流程	303
12.3.3	应用效果	306
第 13 章	畜产品追溯系统集成与应用	307
13.1	集成架构	307
13.1.1	总体框架	307
13.1.2	基于标识转换的屠宰过程信息映射	307
13.2	应用系统开发	309
13.2.1	种牛健康养殖管理系统	309
13.2.2	肉牛健康养殖管理系统	310
13.2.3	牛只耳标检测管理系统	313
13.2.4	牛肉屠宰加工管理系统	313

13.3 典型应用案例——北京金维福仁清真食品有限公司	314
13.3.1 应用概述	314
13.3.2 应用流程	315
13.3.3 应用效果	319
第 14 章 粮油产品追溯系统集成与应用	321
14.1 集成架构	321
14.1.1 粮油供应链流程分析	321
14.1.2 总体框架	322
14.1.3 编码设计	323
14.2 应用系统开发	326
14.2.1 系统开发关键技术	326
14.2.2 系统功能	327
14.3 典型应用案例——内蒙古恒丰集团河套雪花粉追溯	332
14.3.1 应用概述	332
14.3.2 应用流程	332
14.3.3 应用效果	335
第 15 章 追溯系统评价	338
15.1 基于粒度的追溯系统评价	338
15.1.1 追溯粒度定义	338
15.1.2 粒度评价指标体系构建	339
15.1.3 评价模型构建	344
15.1.4 实证评价	344
15.2 基于追溯信息的企业质量安全信誉度评价	348
15.2.1 质量安全信誉评价指标体系建立	348
15.2.2 基于层次分析法的评价模型构建	350
15.2.3 农产品质量安全信誉管理平台开发	353
15.2.4 信誉平台应用	355
参考文献	356
彩图	

第一篇 理 论 篇