

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.11.033

农产品及食品安全追溯系统关键技术研究进展*

杨信廷 钱建平 孙传恒 吉增涛

(北京市农林科学院国家农业信息化工程技术研究中心,北京 100097)

摘要:追溯系统作为控制农产品及食品安全的有效方法在国内外日益受到重视。首先辨析了可追溯性和追溯系统概念;在此基础上从追溯编码与产品标识技术、供应链各环节信息快速采集技术、质量安全智能决策与预警技术和溯源数据交换与查询技术四方面综述了国内外研究进展;结合物联网的技术特点构建了“一核、双轴、三链”的农产品及食品安全追溯系统技术体系框架;最后分析了实施追溯系统急需解决的问题。

关键词:追溯 农产品 食品 质量安全 技术体系

中图分类号: X913.4; TS201.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)11-0212-11

引言

“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^[1]。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、澳大利亚等国相继建立了农产品及食品追溯系统^[2-4]。

随着我国经济快速发展和人民生活水平迅速提高,对农产品及食品的需求和关注也正从数量向质量转变;而近年来我国农产品及食品安全事件时有发生,在给消费者带来健康威胁的同时,也给行业带来了冲击。追溯系统在我国建立和实施的呼声也越来越高。相关法规和文件均明确提出推进农产品质量可追溯体系建设。

技术的发展为追溯系统的实现奠定了坚实的基础。本文在辨析可追溯性与追溯系统的基础上,从追溯编码与产品标识技术、供应链各环节信息快速采集技术、质量安全智能决策与预警技术和溯源数据交换与查询技术四方面综述国内外研究进展,提出物流网技术支撑下的追溯系统集成框架,最后分析实施追溯系统急需解决的问题。

1 可追溯性与追溯系统定义

目前对于可追溯性、追溯系统的概念还没有形成统一定义,相关组织和学者都从不同角度进行了

阐述与解释。食品标准委员会(Codex)将“可追溯性”定义为能够追溯食品在生产、加工和流通过程中任何指定阶段的能力,而将“食品可追溯系统”定义为食品供应链各阶段信息流的连续保障能力^[5]。欧盟法规 No. 178/2002 中,“可追溯性”被定义为:食品、饲料、畜产品和饲料原料,在生产、加工、流通的所有阶段具有的跟踪追寻其痕迹的能力^[6];而欧盟委员会认为“农产品追溯系统”是跟踪农产品(包括食品、饲料等)进入市场各个阶段(从生产到流通的全过程)的系统,有助于质量控制和在必要时召回产品^[7-8]。

虽然对于可追溯性和追溯系统的描述在外延范围方面存在着一些差异,但其内涵均可概括为供应链管理、产品及其成分的正向跟踪和反向追溯等特征。对于可追溯性与追溯系统的区别,笔者认为可追溯性是产品保持供应链跟踪与追溯的特性和能力,而追溯系统是通过一定技术手段实现可追溯性的方法、模型和体系。

由于产品特点、供应链特征、技术手段等不同,不同追溯系统存在着较大差异。根据追溯系统自身差异的特性,Golan 等设定了衡量可追溯系统的3个标准:宽度、深度和精确度,其中,宽度指系统所包含的信息范围,深度指可以向前或向后追溯信息的距离,精确度指可以确定问题源头或产品某种特性的能力^[9]。追溯粒度是由 Bollen 和 Riden 较先提出的,细粒度的优势是能附加更多信息到追溯单元^[10]。Karlsen 等结合海产品供应链研究了粒度及其在追溯中的重要性,并结合案例分析了粗细粒度

收稿日期:2014-06-06 修回日期:2014-07-23

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2013BAD19B04)

作者简介:杨信廷,研究员,主要从事农产品及食品质量安全管理与溯源技术研究,E-mail: yangxt@nrcita.org.cn

的识别方法^[11]。钱建平等提出了追溯粒度的描述性定义,以追溯精度、追溯宽度和追溯深度为核心,构建了一个 2 层结构的追溯粒度评价指标体系,为评价追溯系统的差异提供量化依据^[12]。

2 追溯系统实现关键技术

追溯系统主要包含个体标识、中心数据库和信息传递系统及个体流动登记 3 个基本要素^[13-16]。近年来自动识别技术、传感器技术、移动通信技术、智能决策技术等不断发展,为追溯系统构建提供了有效的技术支撑,下面重点从追溯编码与产品标识技术、供应链各环节信息快速采集技术、质量安全智能决策与预警技术和溯源数据交换与查询技术四方面综述国内外研究进展。

2.1 追溯编码与产品标识技术

2.1.1 具有农产品特征的追溯码编码

通常情况下,商品的基本特征包括商品名称、商标、种类、规格、数量和包装类型等,国外多采用 EAN·UCC 系统对农产品进行追溯编码。EAN·UCC 系统是由国际物品编码协会和美国统一代码委员会共同开发、管理和维护的全球统一标志系统和通用商业语言,已广泛应用于工业、商业、运输业、物流等领域,其编码由全球贸易项目代码(GTIN)、属性代码(如批次、有效期、保质期等)、全球位置码(GLN)、物流单元标识代码(SSCC-18)、储运单元标识代码(ITF-14)等构成;欧盟等国已采用 EAN·UCC 系统成功对牛肉、蔬菜等开展了食品跟踪研究^[17]。中国物品编码中心参考国际物品编码协会,并结合中国的实际情况出版了《牛肉产品跟踪与追溯指南》和《水果、蔬菜跟踪与追溯指南》^[18-19]。与一般商品不同,农产品及食品具有地域性、鲜活性等特点,因此农产品及食品追溯码编码中应更多地考虑产地、种类、品种、等级、包装、生产日期作为特征编码。杨信廷等通过对果蔬物流情况的分析以及编码标准的研究,采用全球贸易代码+产品日期+产品产地相结合的条码设计方案^[20];Qu 等在剖析蔬果物流可追溯地理空间特性的基础上,采用位置编码+地块编码+生产日期+生产批次+校验码的编码方式设计追溯码,其中位置编码采用省级、县级、基地代码相结合^[21];邓勋飞等对种植区域进行产地划分,采用以行政区划码和地块编号为主体的方式进行统一编码^[22]。

已有的追溯码编码方案较多,但存在着长度较长、加密较弱、所有追溯信息的获取必须依赖数据库、遇到质量安全问题不能迅速定位到产品来源地等问题^[23-24]。针对上述问题,杨信廷等采用位置

码、产品码、生产日期码、认证类型码、多重校验码相结合的编码方式设计农产品追溯码,该编码由 26 位数字组成^[25]。将该编码与 Google Earth 地图结合,可很好实现图形化追溯^[26]。

2.1.2 不同农产品的标识

产品标识为追溯码提供了良好的载体,不同标识技术具有不同特点。与一维条码相比,二维条码具有存储信息密度高、容量大、纠错能力强、抗污损和畸变能力强、支持加密技术、编码范围广、条形码符号形状可变等特点^[27]。由于条码技术只能采用人工的方法进行近距离的读取,无法实时快速的获取大批量的信息,因此一种非接触式自动识别技术——RFID 技术在 20 世纪 90 年代兴起^[28]。RFID 基本原理是利用射频信号和空间耦合(电磁耦合或电磁传播)传输特性,实现对物体的自动识别^[29]。

农产品在包装方式、产品价值等方面存在着较大差异,采用不同的标识方式对农产品进行标识是追溯系统构建中信息流与实物流关联的基础。Frshle 等采用一维和二维条码对禽类产品进行了追溯标识^[30];Ampatzidis 等在果品手动采收过程中应用条码和 RFID 提高了追溯效率^[31];Qian 等综合采用条码和 RFID 技术构建了面粉加工过程质量安全追溯系统,并进行了系统应用测试^[32];周超等通过综合应用 RFID 身份认证技术、二维码加密技术、GPS 防伪技术,设计了一种可以对农产品封箱贴标一体化、动态防伪标识的农产品原产地防伪标识包装系统,提高了农产品包装的生产效率和标识的真实性^[33]。

传统的身份识别方法存在着易丢失、易被伪造、易被破解等局限性,基于生物特征的身份识别技术由于具有稳定、便捷、不易伪造等优点,近几年已成为热点^[34]。一些生物特征识别技术被提出来用于家畜个体标识,如 DNA^[35]、自体免疫性抗体标签^[36]、鼻纹^[37]、视网膜^[38]和面部识别^[39]。

2.2 供应链各环节信息快速采集技术

2.2.1 生产环节多源信息采集

生产环节信息包括生产环境信息、生产操作信息和生产视频信息等。生产环境信息采集的参数较多,Oki 等设计了用于分析估测土地利用和生产管理对土壤质量影响的土壤信息自动监测系统,该监测系统的传感器包括空气温度、空气相对湿度、太阳辐射、土壤湿度、土壤温度、土壤电导率、叶面水分、红外传感器和 CMOS/CCD 相机^[40]。无线传感器网络(Wireless sensor network, WSN)技术具有易于布置、方便控制、低功耗、灵活通信、低成本等特点,为生产环境信息的快速采集与实时监测提供了有效支

撑^[41]。Wang 等对无线传感器网络在农业环境监测应用中面临的问题以及发展前景等方面做了总结,并介绍了无线传感器网络对农产品生产的环境监控以及基于 RFID 的溯源系统^[42]。

便携式设备具有成本低、普及率高、易于携带和使用、不受时空限制等优势,基于无线通信技术开发的便携式农事信息采集系统可提高采集效率、规范采集流程、减少采集误差^[43]。Steinberger 等开发了一个移动农事信息采集设备,并能够将所采集的农事信息通过网络传输至服务器进行存储和处理^[44]。Fang 等开发了一个基于 Pocket PC 的田间信息快速采集和实时信息处理系统,并结合 GPS 和 GIS 技术实现数据信息的获取和动态显示功能^[45]。Li 等针对黄瓜溯源需求开发了基于 PDA 的农事信息采集与决策支持系统 PRDS (PDA-based record-keeping and decision-support system),该系统在北京的两家农产品生产企业得到了应用,提高了生产效率^[46]。

2.2.2 物流仓储环节信息快速采集

农产品及食品具有鲜活性特点,冷链是保证食品质量安全、减少损耗、防止污染的重要措施,温度是冷链运输和仓储的关键^[47-48]。基于无线传感器技术的监测系统为冷链运输中环境信息的采集提供了很好的途径^[49]。Shan 等针对食品中毒事件数量逐渐上升问题,对 Zigbee 和蓝牙技术和传感器技术应用于冷藏车厢环境监控中进行了理论性的探索^[50];Ruiz-Garcia 等将基于 Zigbee 的无线传感器网络应用于对水果温湿度的实时监测^[51]。郭斌根据乙烯气体的释放是大部分果品成熟的重要标志这一特点,设计了集温湿度传感器、乙烯传感器于一体的无线传感节点,开发了果蔬冷链配送环境信息采集系统,并进行了不同温度和湿度下的数据传输包收发率的测试,达到了较好的数据采集效果^[52]。齐林等提出了基于统计过程控制(SPC)的感知数据压缩方法,用于解决农产品冷链物流中传感器节点的感知数据传输频率高、能耗高和监测时间短的问题^[53]。

冷链车厢、冷库等载体在不同空间位置,其温度存在着不均衡性,精确掌握冷链载体温度变化情况,可为均衡控温、维持品质提供重要依据^[54]。近年来,计算流体力学 CFD 被广泛应用于温度场分布的研究中,Chourasia 等利用 CFD 模拟货物不同宽高比及货物堆栈之间不同间隙时所需要的冷却时间,由此来确定最佳货物宽高比和垂直水平间隙^[55]。李杰等利用 CFD 技术模拟食品冷冻过程,预测冷冻时间,试验验证冻结过程温度最大误差为 1.5℃,冻结时间相对误差为 3.8%^[56]。韩佳伟等基于 CFD 数值模拟进行了冷藏车节能组合方式比较研究,为实

现根据不同产品的冷链温度进行分区、分时合理控制奠定了基础^[57]。翁卫兵等以杨梅为试材,进行了冷藏运输厢内流场和温度场协同控制,结果表明,根据等温线梯度方向和流线切线夹角开启隔热气帘风机协同调节风向,能够有效改善温度场均匀性分布程度^[58]。

2.3 质量安全智能决策与预警技术

2.3.1 生产过程预警

农产品质量安全的源头控制在于生产过程,种植类产品的病虫害预测与养殖类产品的疾病预警是由“事后治理”转向“事前预防”的重要措施。预警方法大致可分为:经典预警方法、新预警方法和现代预警方法(表 1)^[59]。随着信息与通信技术的快速发展和成本的降低,使基于监测进行预报预警与智能决策成为可能。Boissard 等基于图像处理技术对温室中的害虫进行早期探测与处理,较之人工识别方法,识别的准确率较高^[60]。Sankaran 等提取了柑橘黄龙病可见近红外光谱特征:光谱敏感波段和敏感植被指数,并利用两种预测模型进行了病害鉴别,取得良好的效果^[61]。李萍萍等建立温室黄瓜栽培管理智能决策支持系统,将温室作物模型、环境模型和优化调控模型结合,实现温室的智能决策调控^[62]。

表 1 预警方法分类

Tab.1 Warning method categories

特征	经典预警方法	新预警方法	现代预警方法
研究基础	传统学科中的预测学理论和技术	以分析警源、警情、警兆为理论核心的预警科学	现代信息科学和生命科学
研究特色	密切结合本学科理论,研究历史较长,成果较多	擅长预警过程的逻辑分析,重视预警指标体系的构建	采用现代信息科学和生命科学的理论和方法,注重提高预警的速度和精度
优点	研究方法较多、较成熟	形成独特的预警理论体系	自动化程度较高
缺点	对于重大、异常态势的预警不够灵敏、准确	预警科学本身还很不成熟,理论体系尚不完善	准确度和精度上需要提高,成本也相对较高

随着规模化、集约化畜牧养殖场的饲养密度增加,饲养动物处于亚健康或不健康状态,导致疾病频繁发生^[63]。基于声音、动物行为、养殖环境等监测信息,挖掘信息所蕴藏的动物健康水平,构建动物疾病预警模型,可提高动物健康养殖水平^[64-65]。Jahns 针对已知的牛饥饿和发情叫声信号提取出先验特征矩阵及其参考模式,利用模式匹配方法识别牛只日常叫声中所蕴含的饥饿及发情信息^[66]。

Watanabe 等将三轴加速度传感器固定在牛的下颚部以监测其下颚运动特征,进而分析牛咬断、咀嚼草料以及休息 3 种行为^[67]。Brehme 等在已经投入实际应用的电子计步器基础上扩展环境温度传感器、位置信息传感器,设计了一款综合记录动物生理、行为信息的传感器节点,并将该节点应用于奶牛发情周期监测^[68]。朱伟兴等利用安装于猪舍排泄区的嵌入式监控设备对群养猪的排泄行为进行 24 h 监控,对于单日排泄次数超过系统阈值的猪只,认定其排泄行为出现异常^[69]。余礼根等针对栖架养殖模式下蛋鸡的发声,采用频谱分析技术进行了蛋鸡发声分类识别,取得了较好的识别效果,可运用于蛋鸡发声的实时监测和不同情感的分类识别^[70]。温长吉等构建视觉词典实现对视频中母牛基本行为的识别,并最终通过统计产前特定基本行为发生频次来揭示临产期规律^[71]。

2.3.2 物流货架期预测

农产品宰后/采后品质变化较大,构建货架期预测模型和系统对于品质维持和质量控制具有重要作用^[72-73]。目前,货架期预测研究主要集中于以温度为主要影响因素的化学品质衰变分析、感官品质的

Weibull 生存分析与微生物生长分析这 3 类^[74]。时间-温度指示器 (Time-temperature indicator, TTI) 通过产品的外包装随温度升高而发生连续的不可逆的颜色变化,可以直观快捷地呈现肉类食品所经过的“时间-温度-货架期”履历,从而能够有效地指示肉类食品的剩余货架期^[75]。TTI 已经广泛应用于如海产品、奶制品、畜肉、禽肉、鲜蘑菇、冷冻蔬菜等要求冷链流通且货架期短的食品外包装^[76]。感官品质属于外在特征,在物流过程品质评价时更为直观和快速,刘寿春等采用敏感性和回归分析获得猪肉物流过程感官评价的关键指标,进而设计质量控制图展示感官特征的波动性^[77]。预测微生物学是描述特定环境下各种微生物的生长、残存和死亡情况的数学模型,通过预测食品中关键微生物在不同生长环境条件下的动态生长曲线可以及时评估食品的货架期和质量。常用的微生物预测模型主要分 3 个级别 (表 2)。目前最为熟知的微生物预测软件有美国农业部病原建模方案 (Pathogen modeling program, PMP)、加拿大的微生物动力学专家系统 (Microbial kinetics expert system, MKES) 以及英国农粮渔部的食品微生物模型 (Food micromodel, FM)^[78]。

表 2 微生物生长模型分类

Tab. 2 Microbiological growth model categories

一级模型	二级模型	三级模型
Gompertz 模型	Belehradek 模型	USDA Pathogen modeling program (美国农业部病原建模方案)
修正 Gompertz 模型	Ratkovsky 模型	Food MicroModel (食品微生物模型)
Logistic 模型	Arrhenius 模型	Expert systems (专家系统)
Baranyi 模型	修正 Arrhenius 模型	Pseudomonas predictor (假单胞菌预测)
一阶 monod 模型	Probability 模型	
Whiting and Cygnarowicz 生长衰减模型	Surface 模型	
Three-phase linear 模型	Williams-Landel ferry 模型	

气味是食品新鲜度评价的重要指标,贮藏与物流过程中气味的变化预示着品质改变。电子鼻能对食品中的气味指纹进行区分和识别,它是一种模拟人的嗅觉系统的生物传感器,具有客观、灵敏的检测功能^[79]。国内外学者对电子鼻应用于牛奶、谷物、酒类、水产品等的品质鉴别、新鲜度判定以及货架期预测等进行了探讨^[80-82]。Musatov 等将基于金属氧化物传感器的电子鼻应用到猪肉新鲜度的研究,在 LDA 模型中,电子鼻的数据能很好地区分不同贮存天数的猪肉^[83]。佟懿等利用电子鼻对带鱼在不同贮藏温度与贮藏时间下的挥发性气味变化进行了分析,对所获数据进行了主成分分析与货架期分析,并与理化品质指标值挥发性盐基氮 (Total volatile basic nitrogen, TVBN) 相联系,建立了带鱼在 273 ~ 283 K 下的货架期预测模型^[84]。刘寿春等应用电子鼻采

集贮藏过程冷鲜罗非鱼片顶空挥发性气味,同步进行感官评价、微生物和理化分析,结果表明传感器响应信号随着鱼片气味浓度增大而增大,且对不同新鲜度气味有良好响应^[85]。

2.4 溯源数据交换与查询技术

为了实现全供应链的追溯,在系统建设中需要建立溯源中心数据库,其数据来源于生产、加工、流通、销售等各环节,各环节采集的信息需能与中心数据库进行数据交换。XML 的自描述性、可扩展性及开放性等优点已使之逐渐成为信息表示和信息交换的标准,可很好实现不同平台和系统间的数据交换^[86]。Frederiksen 等开发了一个面向新鲜鱼类供应链的基于网络的开发式全程追溯系统,系统基于条码进行追溯单元识别和基于 XML 进行数据交换^[87]。杨信廷等在分析供应链数据流基础上,总结

了蔬菜溯源数据模型,基于XML构建了蔬菜溯源信息描述语言(VTML),设计了VTML Schema,并将VTML应用于蔬菜溯源系统数据交换^[88]。

随着追溯信息的不断丰富,追溯手段的不断完善,通过多平台快速查询和获取多源追溯信息是提高追溯系统应用的重要手段。钱建平等以Google Earth地图为展示工具,构建了基于B/S架构的农产品快速图形化溯源系统,可快速定位到产地并以地图的形式展示^[26]。邢斌等设计开发农产品多源追溯系统,通过追溯编码与追溯信息的映射,可实现产地环境信息、生产视频信息和生产农事信息的一体化追溯^[89]。赵丽等设计了基于手机二维条码识别的农产品质量安全追溯系统,可方便用户快速识别产品的二维条码标签,为消费者提供了一种新的追溯手段^[90]。

3 物流网技术支撑下的追溯系统集成框架

在突破关键技术的基础上,国内相关学者针对不同农产品及食品的特点开展了追溯系统的构建和应用。陆昌华等综合应用动物个体标识、二维条码、RFID射频电子标识和一维条码标签技术,将网络技术和数据库技术与传统的养猪业和屠宰加工业结合,构建了一种适合中国国情的肉用猪和猪肉安全质量监控的可追溯系统^[91];杨信廷等以蔬菜初级产

品、水产品为研究对象,从信息的角度构建了一个以实现质量追溯为目的的农产品质量安全生产管理及其质量追溯系统^[92-93];熊本海等提出了基于猪肉安全生产的物质流与信息流的跟踪与溯源流程^[94];任晰等用B/S模式结构体系建立了基于Web的罗非鱼养殖质量安全可追溯系统^[95];郑火国等以粮油产品为研究对象,采用信息编码、多平台溯源、硬件研发等技术,建立了多层次、多角色的粮油产品质量安全可追溯系统^[96];王东亭等提出了以果品加工配送中心为核心的脐橙追溯方案^[97]。

已有的相关研究或侧重于从供应链的某一环节进行技术探讨和系统建设,或侧重于单一技术解决追溯中的某一问题。物联网技术的发展为构建集全面感知、实时传输、智能决策为一体的农产品及食品全供应链追溯系统奠定了基础。

根据农产品及食品供应链的组成及物联网技术的层次,本研究团队构建了“一核、双轴、三链”的技术体系框架,如图1所示。“一核”即是实现农产品质量安全溯源的核心目标,“双轴”即是以农产品从生产到监管溯源的供应链为横轴,以物联网技术从信息感知、信息传输到信息处理与决策为纵轴,“三链”即面向供应生命周期的产品链、面向供应链主体的服务链和面向物联网的技术链。

在信息感知方面,根据农产品供应链的不同环

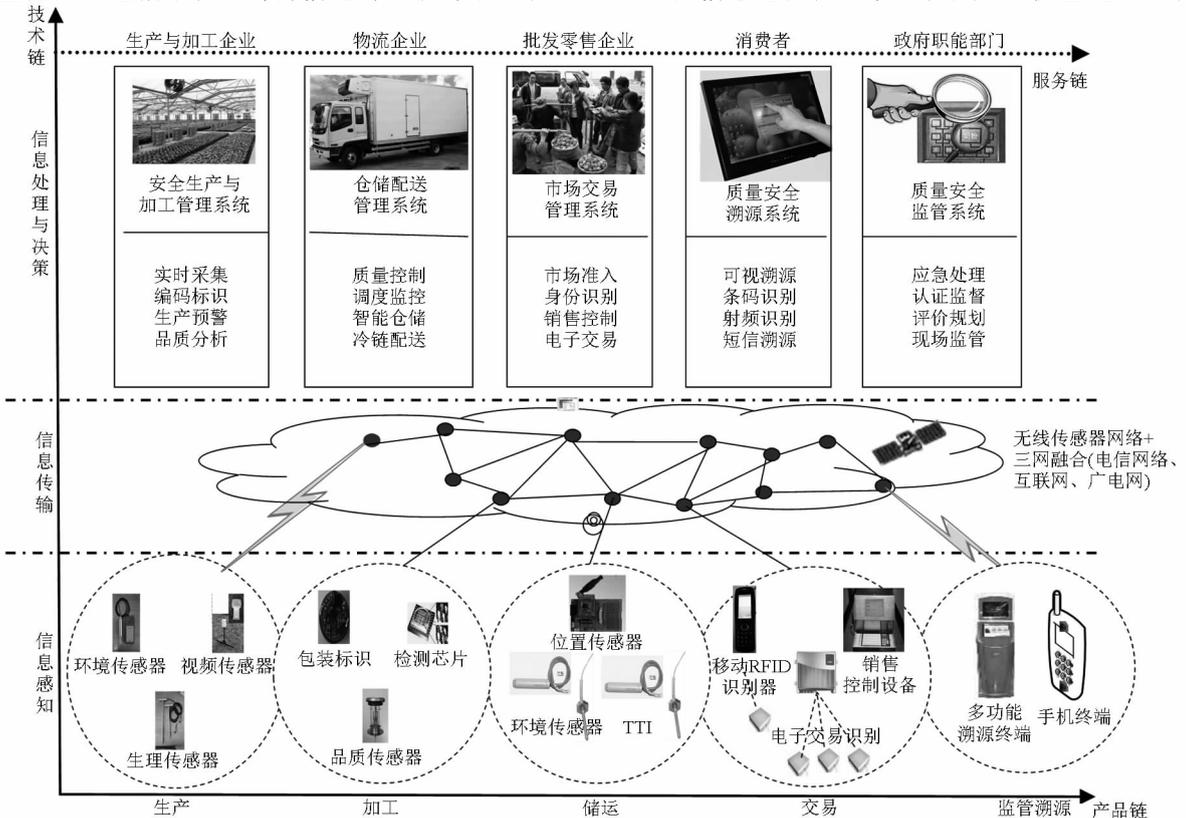


图1 农产品质量安全溯源技术体系框架

Fig. 1 System framework of agricultural products quality safety traceability

节采用不同技术进行环境、过程等信息的采集。对于生产环节的环境信息,通过集成温度、湿度、土壤 pH 值等各种传感器研制具有无线通信功能的环境信息采集设备实现采集;对于如施肥、用药、灌溉等生产操作信息,利用手机越来越普及的现状,开发基于手机的生产履历采集系统实现实时采集。对于加工环节的检测信息,通过生物芯片或快速检测设备实现速测;对于加工环节中不同包装产品的信息映射,通过在不同阶段进行标识转换来实现。对于物流配送环节的配送环境和车辆位置信息,通过集成环境传感器及 GPS 模块研制车载配送终端实现实时在线监测,通过研制带传感器的 RFID 标签置于运输载体中实现定时离线采集;对于仓储环节的环境信息,通过部署传感器网络实现实时监测。对于交易过程的信息感知,采用 RFID 技术和嵌入式开发技术研制销售控制终端,实现主体识别、过程记录。对于消费者溯源,利用手机、网站、触摸屏及电话等方式为消费者提供多种溯源方式;对于政府监管,利用移植了解密程序的便携式监管设备实现现场监管。

在信息传输方面,根据不同传输网络的特点和不同应用场景的实际需求,分别采用无线传感器网络、电信网络、互联网及广电网等。生产环节中生产基地中不同传感器的组网、采集节点与汇聚节点之间的数据交换,物流配送环节中车厢环境信息与驾驶室信息的信息传递,仓储环节中传感器之间的组网等均可使用无线传感器网络;传感器汇聚节点与企业级管理系统之间、交易现场各销售控制设备与交易中心管理系统之间可采用 WiFi 进行数据传输;供应链各环节采集的信息与追溯中心数据库的信息传输可采用互联网。

在信息处理与决策方面,通过构建面向供应链不同环节的应用系统实现智能管理与决策支持。面向生产与加工企业构建安全生产与加工管理系统,

实现生产信息实时采集、不同包装单元编码标识、生产预警决策、产品品质分析等功能;面向物流配送企业构建仓储配送管理系统,实现产品品质控制、配送调度监控、仓储智能决策、冷链配送管理等功能;面向批发零售企业构建市场交易管理系统,实现市场准入管理、交易主体识别、销售过程控制、电子交易管理等功能;面向消费者构建质量安全溯源系统,实现可视化溯源、条码识别、射频识别、短信溯源等功能;面向政府职能部门构建质量安全监管系统,实现应急处理、认证监管、评价规划、现场监管等功能。

4 结束语

农产品及食品质量安全已成为政府和消费者日益关注的问题,随着追溯系统向深度、广度和精度方向发展,从技术角度构建起符合不同需求的追溯系统已成为迫切需要解决的问题。随着编码与标识、供应链信息快速采集、智能决策与预警、数据交换与融合等关键技术的不断发展与成熟,及物联网技术框架的提出,为构建集全面感知、实时传输、智能决策为一体的农产品及食品全供应链追溯系统奠定了坚实基础。

农产品及食品质量安全追溯系统的推广应用是目前在中国面临的瓶颈问题。从技术角度促进追溯系统的应用应重点从以下角度进行突破:①在编码方面应制定国家级的统一的追溯码编码规范,改变目前追溯编码混乱的问题。②在数据采集方面,开发适用于供应链不同环节的低成本快速采集设备,真正做到企业会用且用得起。③在应用系统方面,应将成熟的农业智能决策模型结合到供应链管理系统中,实现对农产品质量的过程控制。④在追溯平台建设方面,各级政府应建立多部门协调的统一追溯平台,解决不同部门之间的管理壁垒,同时为消费者提供一个可信的追溯渠道。

参 考 文 献

- 1 杨天和,褚保金.“从农田到餐桌”食品安全全程控制技术体系研究[J]. 食品科学, 2005,26(3): 264-268.
Yang Tianhe, Chu Baojin. Study on control system of food safety from farm to table[J]. Food Science, 2005,26(3): 264-268. (in Chinese)
- 2 Dalvit C, de Marchi M, Cassandro M. Genetic traceability of livestock products: a review[J]. Meat Science, 2007, 77(4): 437-449.
- 3 Shanahan C, Kernan B, Ayalew G, et al. A framework for beef traceability from farm to slaughter using global standards; an Irish perspective[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2009, 66(1): 62-69.
- 4 Bevilacqua M, Ciarapica F E, Giacchetta G. Business process reengineering of a supply chain and a traceability system: a case study[J]. Journal of Food Engineering, 2009,93(1): 13-22.
- 5 Codex Alimentarius Commission. CODEX alimentarius[S]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Food and Agriculture Organization (FAO) and World Health Organization (WHO) of the United Nations.
- 6 European Commission. Regulation (EC) No. 178/2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety[S]. 2002-01-28.

- 7 Voulodimos A S, Patrikakis C Z, Sideridis A B, et al. A complete farm management system based on animal identification using RFID technology[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2010, 70(2): 380–388.
- 8 Regattieri A, Gamberi M, Manzini R. Traceability of food products: general framework and experimental evidence[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 81(2): 347–356.
- 9 Golan E, Krissoff B, Kuchler F, et al. Traceability in the US food supply: economic theory and industry studies[J]. *Agricultural Economic Report*, 2004(3): 1–48.
- 10 Bollen A F, Riden C P, Cox N R. Agricultural supply system traceability, part I: role of packing procedures and effects of fruit mixing[J]. *Biosystems Engineering*, 2007, 98(4): 391–400.
- 11 Karlsen K M, Dreyer B, Olsen P, et al. Granularity and its role in implementation of seafood traceability[J]. *Journal of Food Engineering*, 2012, 112(1–2): 78–85.
- 12 钱建平, 刘学馨, 杨信廷, 等. 可追溯系统的追溯粒度评价指标体系构建[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(1): 98–104.
Qian Jianping, Liu Xuexin, Yang Xinting, et al. Construction of index system for traceability granularity evaluation of traceability system[J]. *Transactions of the CSAE*, 2014, 30(1): 98–104. (in Chinese)
- 13 王立方, 陆昌华, 谢菊芳, 等. 家畜和畜产品可追溯系统研究进展[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(7): 168–174.
Wang Lifang, Lu Changhua, Xie Jufang, et al. Review of traceability system for domestic animals and livestock products [J]. *Transactions of the CSAE*, 2005, 21(7): 168–174. (in Chinese)
- 14 Thakur M, Hurburgh C R. Framework for implementing traceability system in the bulk grain supply chain[J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 95(4): 617–626.
- 15 Voulodimos A S, Patrikakis C Z, Sideridis A B, et al. A complete farm management system based on animal identification using RFID technology[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2010, 70(2): 380–388.
- 16 Ruiz-Garcia L, Lunadei L. The role of RFID in agriculture: applications, limitations and challenges [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2011, 79(1): 42–50.
- 17 黄丹琳, 廖小平, 李俐. EAN. UCC 标准条码设计的实验研究[J]. *广西大学学报: 自然科学版*, 2008, 33(增刊): 333–336.
Huang Danlin, Liao Xiaoping, Li Li. The designing experiment of EAN. UCC standard bar code [J]. *Journal of Guangxi University: Natural Science Edition*, 2008, 33(Supp.): 333–336. (in Chinese)
- 18 中国物品编码中心. 牛肉产品跟踪与追溯指南[Z]. 2005.
- 19 中国物品编码中心. 水果、蔬菜跟踪与溯源指南[Z]. 2005.
- 20 杨信廷, 孙传恒, 钱建平, 等. 基于 UCC/EAN-128 条码的农产品质量追溯标签的设计与实现[J]. *包装工程*, 2006, 27(3): 113–114.
Yang Xinting, Sun Chuanheng, Qian Jianping, et al. Design and implementation of quality traceable label for farm products based on UCC/EAN-128 bar code[J]. *Packaging Engineering*, 2006, 27(3): 113–114. (in Chinese)
- 21 Qu Xiaohui, Zhuang Dafang, Qiu Dongsheng. Studies on GIS based tracing and traceability of safe crop product in China[J]. *Agricultural Sciences in China*, 2007, 6(6): 724–731.
- 22 邓勋飞, 吕晓男, 郑素英, 等. 基于 GIS 的农产品安全溯源体系[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(增刊2): 172–176.
Deng Xunfei, Lü Xiaonan, Zheng Suying, et al. GIS-based traceability system of agricultural product safety[J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, 4(Supp. 2): 172–176. (in Chinese)
- 23 Sun C, Li W, Zhou C, et al. Anti-counterfeit system for agricultural product origin labeling based on GPS data and encrypted Chinese-sensible Code[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2013, 92: 82–91.
- 24 李文勇, 孙传恒, 刘学馨, 等. 水产品追溯码加密算法设计与应用[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(4): 106–112.
Li Wenyong, Sun Chuanheng, Liu Xuexin, et al. Design and implementation of encryption algorithm for aquatic products traceability code[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(4): 106–112. (in Chinese)
- 25 杨信廷, 钱建平, 张正, 等. 基于地理坐标和多重加密的农产品追溯编码设计[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(7): 131–135.
Yang Xinting, Qian Jianping, Zhang Zheng, et al. Design of agricultural product trace coding based on geography coordinate and multi-encrypt[J]. *Transactions of the CSAE*, 2009, 25(7): 131–135. (in Chinese)
- 26 钱建平, 杨信廷, 刘学馨, 等. 农产品快速图形化追溯系统构建[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(3): 167–171.
Qian Jianping, Yang Xinting, Liu Xuexin, et al. Development of quick graphics traceability system for agricultural products[J]. *Transactions of the CSAE*, 2011, 27(3): 167–171. (in Chinese)
- 27 丁永军, 张景春, 杨信廷, 等. 一种新的二维码识读工具的构建及应用方案[J]. *包装工程*, 2008, 29(12): 128–130.
Ding Yongjun, Zhang Jingchun, Yang Xinting, et al. Construction and application of a new 2D barcode identification tool[J]. *Packaging Engineering*, 2008, 29(12): 128–130. (in Chinese)
- 28 Jedermann R, Ruiz-Garcia L, Lang W. Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2009, 65(2): 145–154.
- 29 谭民, 刘禹, 曾隽芳. RFID 技术系统功能及应用指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- 30 Frschle H K, Gonzales-Barron U, McDonnell K, et al. Investigation of the potential use of e-tracking and tracing of poultry using linear and 2D barcodes[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2009, 66(2): 126–132.
- 31 Ampatzidis Y, Vougioukas S, Bochtis D, et al. A yield mapping system for hand-harvested fruits based on RFID and GPS location

- technologies: field testing[J]. *Precision Agriculture*, 2009, 10(1): 63–72.
- 32 Qian J, Yang X, Wu X, et al. A traceability system incorporating 2D barcode and RFID technology for wheat flour mills[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2012, 89: 76–85.
- 33 周超, 孙传恒, 赵丽, 等. 农产品原产地防伪标识包装系统设计与应用[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(9): 125–130.
Zhou Chao, Sun Chuanheng, Zhao Li, et al. Design and application of agricultural products' original habitat anti-counterfeiting identification packaging system[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(9): 125–130. (in Chinese)
- 34 钱建平, 杨信廷, 吉增涛, 等. 生物特征识别及其在大型家畜个体识别中的应用研究进展[J]. *计算机应用研究*, 2010, 27(4): 1212–1215.
Qian Jianping, Yang Xinting, Ji Zengtao, et al. Advances in biometrics and application on identification of individuals in livestock [J]. *Application Research of Computers*, 2010, 27(4): 1212–1215. (in Chinese)
- 35 Jim G I, Dorado G, Munoz S A, et al. DNA microsatellites to ascertain pedigree-recorded information in a selecting nucleus of murciano-granadina dairy goats[J]. *Small Ruminant Research*, 2006, 65(3): 266–273.
- 36 Raschke A, Strich S, Huppke S, et al. Induction and detection of long-lasting peptide-specific antibody responses in pigs and beef cattle: a powerful technology for tracing meat processing chains from stock farmers to sales counters[J]. *Food Control*, 2006, 17(1): 65–74.
- 37 Barry B, Gonzales-Barron U, Butler F, et al. Using muzzle pattern recognition as a biometric approach for cattle identification [J]. *Transactions of the ASABE*, 2007, 50(3): 1073–1080.
- 38 Moss G E, Whittier J C, Stobart R H, et al. Computer matching of digital images of retinal vascular patterns of sheep for animal verification[C]//*Proceedings of the 2004 ASAS Western Section Meeting, American Society of Animal Science*[s. n.], 2004: 134–136.
- 39 Corkery G, Gonzales-Barron U, Butler F, et al. A preliminary investigation on face recognition as a biometric identifier of sheep [J]. *Transactions of the ASABE*, 2007, 50(1): 313–320.
- 40 Oki K, Mitsuishi S, Ito T, et al. An agricultural monitoring system based on the use of remotely sensed imagery and field server web camera data[J]. *GIScience & Remote Sensing*, 2009, 46(3): 305–314.
- 41 Akyildiz I F, Su W, Sankarasubramanian Y, et al. Wireless sensor networks: a survey[J]. *Computer Networks*, 2002, 38(4): 393–422.
- 42 Wang N, Zhang N, Wang M. Wireless sensors in agriculture and food industry—Recent development and future perspective[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2006, 50(1): 1–14.
- 43 Bange M P, Deutscher S A, Larsen D, et al. A handheld decision support system to facilitate improved insect pest management in Australian cotton systems[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2004, 43(2): 131–147.
- 44 Steinberger G, Rothmund M, Auernhammer H. Mobile farm equipment as a data source in an agricultural service architecture [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2009, 65(2): 238–246.
- 45 Fang H, He Y. A Pocket PC based field information fast collection system[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2008, 61(2): 254–260.
- 46 Li M, Qian J, Yang X, et al. A PDA-based record-keeping and decision-support system for traceability in cucumber production [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2010, 70(1): 69–77.
- 47 杨信廷, 钱建平, 范蓓蕾, 等. 农产品物流过程追溯中的智能配送系统[J]. *农业机械学报*, 2011, 42(5): 125–130.
Yang Xinting, Qian Jianping, Fan Beilei, et al. Establishment of intelligent distribution system applying in logistics process traceability for agricultural product[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2011, 42(5): 125–130. (in Chinese)
- 48 齐林, 韩玉冰, 张小栓, 等. 基于 WSN 的水产品冷链物流实时监测系统[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(8): 134–140.
Qi Lin, Han Yubing, Zhang Xiaoshuan, et al. Real time monitoring system for aquatic cold-chain logistics based on WSN[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(8): 134–140. (in Chinese)
- 49 郭斌, 钱建平, 张太红, 等. 基于 Zigbee 的果蔬冷链配送环境信息采集系统[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(6): 208–213.
Guo Bin, Qian Jianping, Zhang Taihong, et al. Zigbee-based information collection system for the environment of cold-chain logistics of fruits and vegetables[J]. *Transactions of the CSAE*, 2011, 27(6): 208–213. (in Chinese)
- 50 Qing Shan, Ying Liu, Gareth Prosser, et al. Wireless intelligent sensor networks for refrigerated vehicle[C]//*Proceedings of the IEEE 6th Circuits and Systems Symposium on Emerging Technologies: Frontiers Mobile and Wireless Communication*, 2004, 2: 525–528.
- 51 Ruiz-Garcia L, Barreiro P, Robla J I. Performance of ZigBee based wireless sensor nodes for real-time monitoring of fruit logistics [J]. *Journal of Food Engineering*, 2008, 87(3): 405–415.
- 52 郭斌. 基于 Zigbee 技术的果蔬冷链车载环境信息监测系统的研究与实现[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010.
Guo Bin. Research and implementation on Zigbee-based cold-chain vehicle environmental monitoring system for fruits and vegetables [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2010. (in Chinese)
- 53 齐林, 田东, 张健, 等. 基于 SPC 的农产品冷链物流感知数据压缩方法[J]. *农业机械学报*, 2011, 42(10): 129–134.

- Qi Lin, Tian Dong, Zhang Jian, et al. Sensing data compression method based on SPC for agri-food cold-chain logistics[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(10):129-134. (in Chinese)
- 54 赵春江,韩佳伟,杨信廷,等. 基于 CFD 的冷藏车车厢内部温度场空间分布数值模拟[J]. 农业机械学报, 2013, 44(11): 168-173.
- Zhao Chunjiang, Han Jiawei, Yang Xinting, et al. Numerical simulation of temperature field distribution in refrigerated truck based on CFD[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(11):168-173. (in Chinese)
- 55 Chourasia M K, Goswami T K. Simulation of effect of stack dimensions and stacking arrangement on cool-down characteristics of potato in a cold store by computational fluid dynamics[J]. Biosystems Engineering, 2007, 96(4):503-515.
- 56 李杰,谢晶. 鼓风冻结虾仁时间的数值模拟及实验验证[J]. 农业工程学报, 2009, 25(4):248-252.
- Li Jie, Xie Jing. Numerical simulation of freezing time of shelled shrimps in an air blast freezer and experimental verification[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(4):248-252. (in Chinese)
- 57 韩佳伟,赵春江,杨信廷,等. 基于 CFD 数值模拟的冷藏车节能组合方式比较[J]. 农业工程学报, 2013, 29(19):55-62.
- Han Jiawei, Zhao Chunjiang, Yang Xinting, et al. Comparison of combination mode of energy conservation for refrigerated car based on CFD numerical simulation[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(19):55-62. (in Chinese)
- 58 翁卫兵,房殿军,李强,等. 冷藏运输厢内流场和温度场协同控制[J]. 农业机械学报, 2014, 45(6):260-265.
- Weng Weibing, Fang Dianjun, Li Qiang, et al. Cooperative control of flow field and temperature field in refrigerated transport carriage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(6):260-265. (in Chinese)
- 59 Yang X, Li M, Zhao C, et al. Early warning model for cucumber downy mildew in unheated greenhouses[J]. New Zealand Journal of Agricultural Research, 2007, 50(5):1261-1268.
- 60 Boissard P, Martin V, Moisan S. A cognitive vision approach to early pest detection in greenhouse crops[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 62(2):81-93.
- 61 Sankaran S, Ehsani R. Visible near infrared spectroscopy based citrus greening detection: evaluation of spectral feature extraction techniques[J]. Crop Protection, 2011, 30(11):1508-1513.
- 62 李萍萍,夏志军,胡永光,等. 温室黄瓜环境管理智能决策支持系统初探[J]. 江苏大学学报:自然科学版, 2004, 25(1):5-8.
- Li Pingping, Xia Zhijun, Hu Yongguang, et al. Preliminary study on intelligent decision support system for cucumber environment management in greenhouse [J]. Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition, 2004, 25(1):5-8. (in Chinese)
- 63 陆明洲,沈明霞,丁永前,等. 畜牧信息智能监测研究进展[J]. 中国农业科学, 2012, 45(14):2939-2947.
- Lu Mingzhou, Shen Mingxia, Ding Yongqian, et al. Review on the intelligent technology for animal husbandry information monitoring[J]. Agricultural Sciences in China, 2012, 45(14):2939-2947. (in Chinese)
- 64 刘龙申,沈明霞,姚文,等. 基于加速度传感器的母猪产前行为特征采集与分析[J]. 农业机械学报, 2013, 44(3):192-196.
- Liu Longshen, Shen Mingxia, Yao Wen, et al. Acquisition and analysis of sow's behavior before farrowing based on acceleration sensor[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(3):192-196. (in Chinese)
- 65 李丽华,陈辉,于尧,等. 基于无线传输的蛋鸡体温动态监测装置[J]. 农业机械学报, 2013, 44(6):242-245.
- Li Lihua, Chen Hui, Yu Yao, et al. Dynamic monitoring device of hens temperature based on wireless transmission [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(6):242-245. (in Chinese)
- 66 Jahns G. Call recognition to identify cow conditions—a call-recognizer translating calls to text[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 62(1):54-58.
- 67 Watanabe N, Sakanoue S, Kawamura K, et al. Development of an automatic classification system for eating, ruminating and resting behavior of cattle using an accelerometer[J]. Grassland Science, 2008, 54(4):231-237.
- 68 Brehme U, Stollberg U, Holz R, et al. ALT pedometer—new sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 62(1):73-80.
- 69 朱伟兴,浦雪峰,李新城,等. 基于行为监测的疑似病猪自动化识别系统[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1):188-192.
- Zhu Weixing, Pu Xuefeng, Li Xincheng, et al. Automatic identification system of pigs with suspected case based on behavior monitoring[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(1):188-192. (in Chinese)
- 70 余礼根,滕光辉,李保明,等. 栖架养殖模式下蛋鸡发生分类识别[J]. 农业机械学报, 2013, 44(9):236-242.
- Yu Ligen, Teng Guanghui, Li Baoming, et al. Classification methods of vocalization for laying hens in perch system [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(9):236-242. (in Chinese)
- 71 温长吉,王生生,赵昕,等. 基于视觉词典法的母牛产前行为识别[J]. 农业机械学报, 2014, 45(1):266-274.
- Wen Changji, Wang Shengsheng, Zhao Xin, et al. Visual dictionary for cows sow behavior recognition[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(1):266-274. (in Chinese)
- 72 Liu F, Yang R Q, Li Y F. Correlations between growth parameters of spoilage micro-organisms and shelf-life of pork stored under air and modified atmosphere at -2, 4 and 10°C [J]. Food Microbiology, 2006, 23(6):578-583.
- 73 Augustin J C, Minvielle B. Design of control charts to monitor the microbiological contamination of pork meat cuts [J]. Food Control, 2008, 19(1):82-97.
- 74 史波林,赵镭,支瑞聪. 基于品质衰变理论的食品货架期预测模型及其应用研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(21):345-350.

- Shi Bolin, Zhao Lei, Zhi Ruicong. Advances in predictive shelf life models based on food quality deterioration theory and their applications[J]. Chinese Food Science, 2012, 33(21): 345-350. (in Chinese)
- 75 Abad E, Palacio F, Nuin M, et al. RFID smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 93(4): 394-399.
- 76 Vaikousi H, Biliaderis C G, Koutsoumanis K P. Development of a microbial time/temperature indicator prototype for monitoring the microbiological quality of chilled foods[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2008, 74(10): 3242-3250.
- 77 刘寿春,赵春江,杨信廷,等.猪肉冷链物流感官质量控制图设计与应用[J].农业机械学报,2014,45(7):177-182.
Liu Shouchun, Zhao Chunjiang, Yang Xinting, et al. Design and application of control charts in pork sensory quality during cold chain logistics[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(7): 177-182. (in Chinese)
- 78 刘寿春,赵春江,杨信廷,等.猪肉冷链流通温度监测与货架期决策系统研究进展[J].食品科学,2012,33(9):301-306.
Liu Shouchun, Zhao Chunjiang, Yang Xinting, et al. Research progress of temperature monitoring and shelf-life decision system in pork cold chain management[J]. Chinese Food Science, 2012, 33(9): 301-306. (in Chinese)
- 79 王俊,崔绍庆,陈新伟,等.电子鼻传感技术与应用研究进展[J].农业机械学报,2013,44(11):160-167.
Wang Jun, Cui Shaoqing, Chen Xinwei, et al. Advanced technology and new application in electronic nose[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(11): 160-167. (in Chinese)
- 80 Peris M, Escuder-Gilbert L. A 21st century technique for food control: electronic noses[J]. Analytica Chimica Acta, 2009, 638: 1-15.
- 81 张军,李小昱,王为,等.电子鼻检测鲢鱼新鲜度的试验参数优化[J].农业机械学报,2009,40(4):129-132,142.
Zhang Jun, Li Xiaoyu, Wang Wei, et al. Optimization of experiment parameters for using electronic nose to evaluate freshness of silver carp[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(4): 129-132, 142. (in Chinese)
- 82 石志标,佟月英,陈东辉,等.牛肉新鲜度的电子鼻检测技术[J].农业机械学报,2009,40(11):184-188.
Shi Zhibiao, Tong Yueying, Chen Donghui, et al. Identification of beef freshness with electronic nose[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(11): 184-188. (in Chinese)
- 83 Musatov V Y, Sysoev V V, Sommer M, et al. Assessment of meat freshness with metal oxide sensor microarray electronic nose: a practical approach[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2010, 144(1): 99-103.
- 84 佟懿,谢晶,肖红,等.基于电子鼻的带鱼货架期预测模型[J].农业工程学报,2010,26(2):356-360.
Tong Yi, Xie Jing, Xiao Hong, et al. Prediction model of shelf life of trichiurus haumela using an electric nose[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(2): 356-360. (in Chinese)
- 85 刘寿春,钟赛意,李平兰,等.基于电子鼻技术判定冷鲜罗非鱼片品质劣变进程[J].食品科学,2012,33(20):189-195.
Liu Shouchun, Zong Saiyi, Li Pinglan, et al. Evaluating quality deterioration of chilled tilapia fillets by electronic nose technique [J]. Chinese Food Science, 2012, 33(20): 189-195. (in Chinese)
- 86 汪善勤,周勇,于雷,等.基于XML的土壤系统分类检索系统的元数据模型[J].土壤学报,2005,42(6):889-895.
Wang Shanqin, Zhou Yong, Yu Lei, et al. XML based metadata model for retrieval system of Chinese soil taxonomy [J]. Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(6): 889-895. (in Chinese)
- 87 Frederiksen M, Osterberg C, Silberg S, et al. Info-fisk. development and validation of an internet based traceability system in a danish domestic fresh fish chain[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2002, 11(2): 13-34.
- 88 杨信廷,钱建平,赵春江,等.基于XML的蔬菜溯源信息描述语言构建及在数据交换中的应用[J].农业工程学报,2007,23(11):201-205.
Yang Xinting, Qian Jianping, Zhao Chunjiang, et al. Construction of information description language for vegetable traceability based on XML and its application to data exchange[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(11): 201-205. (in Chinese)
- 89 邢斌,钱建平,吴晓明,等.果蔬类农产品多源追溯系统设计与实现[J].食品安全质量检测学报,2013,4(6):1705-1714.
Xing Bin, Qian Jianping, Wu Xiaoming, et al. Design and implementation of multiple sources traceability system for fruit and vegetable product[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2013, 4(6): 1705-1714. (in Chinese)
- 90 赵丽,邢斌,李文勇,等.基于手机二维条码识别的农产品质量安全追溯系统[J].农业机械学报,2012,43(7):124-129.
Zhao Li, Xing Bin, Li Wenyong, et al. Agricultural products quality and safety traceability system based on two-dimension barcode recognition of mobile phones[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(7): 124-129. (in Chinese)
- 91 陆昌华,谢菊芳,王立方,等.工厂化猪肉安全生产溯源数字系统的实现[J].江苏农业学报,2006,22(1):51-54.
Lu Changhua, Xie Jufang, Wang Lifang, et al. Completion of digital tracing system for the safety of factory pork production[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2006, 22(1): 51-54. (in Chinese)
- 92 杨信廷,孙传恒,钱建平,等.基于流程编码的水产养殖产品质量追溯系统的构建与实现[J].农业工程学报,2008,24(2):159-164.
Yang Xinting, Sun Chuanheng, Qian Jianping, et al. Construction and implementation of fishery product quality traceability system based on the flow code of aquaculture[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(2): 159-164. (in Chinese)
- 93 杨信廷,钱建平,孙传恒,等.蔬菜安全生产管理及质量追溯系统设计与实现[J].农业工程学报,2008,24(3):162-166.

- Yang Xinting, Qian Jianping, Sun Chuanheng, et al. Design and application of safe production and quality traceability system for vegetable[J]. Transactions of the CSAE, 2008,24(3): 162 - 166. (in Chinese)
- 94 熊本海,傅润亭,林兆辉,等. 生猪及其产品从农场到餐桌质量溯源解决方案——以天津市为例[J]. 中国农业科学, 2009,42(1): 230 - 237.
- Xiong Benhai, Fu Runting, Lin Zhaohui, et al. A solution on pork quality safety production traceability from farm to dining table-taking Tianjin city as an example[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(1): 230 - 237. (in Chinese)
- 95 任晰,张小栓,穆维松,等. 基于 Web 的罗非鱼养殖质量安全可追溯系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(16): 3883 - 3886.
- Ren Xi, Zhang Xiaoshuan, Mu Weisong, et al. Design and implementation of tilapia breeding quality safety traceability system based on Web[J]. Computer Engineering and Design, 2009,30(16): 3883 - 3886. (in Chinese)
- 96 郑火国,刘世洪,孟泓,等. 粮油产品质量安全可追溯系统构建[J]. 中国农业科学, 2009,42(9):3243 - 3249.
- Zheng Huoguo, Liu Shihong, Meng Hong, et al. Construction of traceability system for quality safety of cereal and oil products [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009,42(9):3243 - 3249. (in Chinese)
- 97 王东亭,付峰,饶秀勤,等. 基于分级处理生产线的脐橙全程追溯系统[J]. 农业工程学报,2013,29(7):228 - 236.
- Wang Dongting, Fu Feng, Rao Xiuqin, et al. Fruit traceability system based on processing and grading line[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(7): 228 - 236. (in Chinese)

Key Technologies for Establishment Agricultural Products and Food Quality Safety Traceability Systems

Yang Xinting Qian Jianping Sun Chuanheng Ji Zengtao

(National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: Traceability systems gain more attention in worldwide as an effective method for controlling agricultural products and food quality safety. The concepts of traceable and traceability system were discriminated. Key technologies for establishment traceability systems, such as coding and identification, real-time record keeping in the supply chain, intelligent decision making and early warning and data exchange and query, were summarized. Combined IOT(internet of things) technology, the technology framework of traceability system including one kernel, two axes and three chains was constructed. One kernel means to implement the goal of agricultural products and food quality safety traceability. Two axes are the supply chain from farm to table as the horizontal axe and the IOT technologies from information sensing, information transmission to intelligent decision as the vertical axe. Three chains include products chain for supply lifecycle, service chain for supply chain actors and technology chain for IOT. Furthermore, the urgent problems for implement the traceability system were put forward, which included unified encoding, low cost and quick information collection equipment, application system with intelligent decision model and collaborative traceability platform.

Key words: Traceability Agricultural products Food Quality safety Technology system