



海洋科学前沿系列丛书

水产品溯源关键技术 研究与实践

袁红春 梅海彬 著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

海洋科学前沿系列丛书

水产品溯源关键技术研究与实践

袁红春 梅海彬 著

上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

水产品溯源关键技术 研究与实践

袁红春 梅海彬 著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

水产品追溯是一个非常复杂的问题。本书结合作者多年来的研究成果,系统讲述了水产品溯源的基本原理,以及追溯过程中使用的多种信息技术。内容包括水产养殖、运输及销售各环节进行信息化管理,实现信息追溯所采用的常用物联网技术与规范,以及使用到的多种算法等。期望能帮助读者更好地理解水产品追溯每个环节和全过程所涉及的关键技术。

本书可作为高等院校水产养殖和信息科学类专业本科生、研究生的参考教材,也可作为工程技术人员在从事水产品追溯研究与工程开发时的参考。

图书在版编目(CIP)数据

水产品溯源关键技术研究与实践 / 袁红春,梅海彬
著. —上海:上海交通大学出版社, 2022. 8
ISBN 978 - 7 - 313 - 24199 - 3

I. ①水… II. ①袁… ②梅… III. ①水产品—质量管理—安全管理 IV. ①TS254. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 013582 号

水产品溯源关键技术研究与实践

SHUICHANPIN SUYUAN GUANJIAN JISHU YANJIU YU SHIJIAN

著 者: 袁红春 梅海彬 等

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

印 制: 当纳利(上海)信息技术有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

字 数: 257 千字

版 次: 2022 年 8 月第 1 版

书 号: ISBN 978 - 7 - 313 - 24199 - 3

定 价: 48.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021 - 64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 10.75

印 次: 2022 年 8 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 021 - 31011198

序

随着人们生活水平的日益提高,水产品的质量安全也越来越受到关注,因为它不仅关系到消费者的身体健康,而且对渔业发展、渔民增收、水产品贸易和渔业现代化建设具有重大影响。水产品质量的安全问题已成为新时期我国渔业生产和水产品供给急需解决的一项重要课题。此外,我国水产品质量的安全事件层出不穷,受到国内外的广泛关注,这些事件对水产行业造成了不小的冲击。因此,加强水产品质量安全管理工作是保证水产养殖业可持续发展的关键,而水产品质量可追溯制度的建立是水产品质量安全的重要保障措施之一,其中实现生产记录可查询、产品流向可跟踪、产品质量可追溯显得尤为重要。

本书结合作者多年来的研究成果,详细介绍水产养殖、运输及销售各环节进行信息化管理,实现信息追溯所采用的常用技术与规范。期望能帮助读者更好地理解水产品追溯全过程和每个环节所涉及的关键技术。本书章节的主要内容安排如下。

第一章介绍了追溯问题的提出与研究意义,以及国内外的研究现状,同时描述了追溯过程研究的内容和存在的问题。

第二章介绍了基于物联网的水产品安全追溯与预警的关键技术。主要包括水产品追溯标识技术、水产品追溯关键环节信息采集与传递技术和水产养殖水质参数预测方法等。

第三章介绍了基于 Petri 网的追溯流程建模与优化。主要包括 Petri 网的基本原理、水产品溯源业务流程的 Petri 网建模、模型分析与模型优化、水产品溯源系统的信息流链路以及水产品溯源系统的着色 Petri 网建模仿真等。

第四章介绍了基于物联网的追溯信息采集方法。详细介绍了在水产养殖、运输、销售等环节使用物联网技术采集信息和可靠传输的方法。

第五章介绍了水产养殖环境参数预测模型研究。主要包括基于 RBF 神经网络的溶解氧预测模型研究、基于 PCA - NARX 神经网络的溶解氧预测模型研究和基于 ARIMA - DBN 组合模型的溶解氧预测模型研究等。

第六章介绍了水产品供应链中的信息管理。主要包括水产品供应链的基本流程简介、水产养殖和水产品配送信息的采集与管理。

第七章介绍了基于物联网的水产品追溯与安全预警系统的设计与构建。主要包括系统平台的总体设计、软硬件设计、系统开发的环境与关键技术、系统的数据库设计,以及最后系统的运行效果和部分界面。

期待您的反馈

限于篇幅,加之水平有限,书中疏漏和错误之处在所难免,恳请读者批评并改正,作者视读者的满意为己任,更期待读者的宝贵建议和意见,如果您发现了错误或者对本书有任何看法,都可以通过电子邮箱 hcyuan@126.com 联系作者。

致谢

本书由上海海洋大学信息学院袁红春教授和梅海彬副教授统稿,书中涉及的模型与算法部分由袁红春教授负责,物联网部分由梅海彬副教授负责。胡倩倩、汪辰、侍倩倩、丛斯琳、潘金晶、刘臻、吕苏娜等研究生为本书研究成果作出重要贡献。多名研究生参与了本书编写,其中,蔡震宇、宫鹏参与了第一、四章编写,王越、高子玥参与了第二章编写,蔡震宇、王越和张硕参与了第三章编写,管琦参与了第五章编写,吴若有参与了第六章编写,张永参与了第七章编写。上海交通大学出版社为本书出版做了大量工作,提出了很多宝贵的修改意见。在此向以上单位和个人一并表示衷心的感谢。

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 水产品追溯问题的提出与研究意义	1
1.2 国内外应用现状	2
1.2.1 国内追溯系统的应用现状	2
1.2.2 国外追溯系统的应用现状	3
1.3 存在的问题和研究内容	4
1.3.1 存在的问题	4
1.3.2 水产品追溯研究内容	5
本章小结	5
参考文献	5
第 2 章 水产品安全追溯与预警关键技术	7
2.1 水产品追溯标识技术	7
2.1.1 条形码技术	7
2.1.2 RFID 技术	10
2.1.3 二维码技术	14
2.2 水产品追溯关键环节信息采集与传递技术	29
2.2.1 无线传感器网络技术	29
2.2.2 ZigBee 通信技术	34
2.2.3 数据压缩技术	38
2.3 水质参数预测方法	41
2.3.1 国内外研究现状	41
2.3.2 溶解氧预测方法	41
2.3.3 氨氮预测方法	51
本章小结	52
参考文献	53

第 3 章 基于 Petri 网的追溯流程建模与优化	56
3.1 Petri 网概述	56
3.1.1 Petri 网基本模型	56
3.1.2 随机时间 Petri 网基本理论	59
3.1.3 Petri 网基本特点及应用	60
3.2 水产品追溯信息模型	61
3.2.1 随机时间 Petri 网建模	61
3.2.2 水产品溯源流程 Petri 网建模	61
3.2.3 模型的结构分析	62
3.2.4 模型的性能分析	65
3.3 优化后的水产品追溯信息模型	68
3.3.1 优化后水产品溯源业务流程 Petri 网建模及结构分析	68
3.3.2 优化后水产品溯源业务流程模型性能分析	70
3.4 水产品溯源系统的信息流链路	70
3.5 水产品溯源系统的 CPN 建模仿真	71
3.5.1 水产品溯源系统的 CPN 建模	71
3.5.2 仿真结果	72
本章小结	73
参考文献	74
第 4 章 基于物联网的追溯信息采集方法	75
4.1 养殖环节信息采集	75
4.1.1 养殖环境	75
4.1.2 养殖环节溯源信息采集过程	76
4.2 水产品运输环境数据采集及压缩方法	77
4.2.1 水产品运输监测现状	77
4.2.2 物流环节溯源信息采集过程	78
4.2.3 基于互相关序列的可追溯感知数据压缩算法	79
4.3 水产品销售环节与出境信息追溯	84
4.3.1 销售环节信息追溯	84
4.3.2 出境水产品信息追溯	84
4.4 采集数据的传输可靠性研究	85
4.4.1 采集节点数据可靠性研究	86
4.4.2 网络层面数据可靠性研究	88
本章小结	91
参考文献	92
第 5 章 水产养殖环境参数预测模型研究	93
5.1 基于 RBF 神经网络的溶解氧预测模型研究	93

5.1.1	数据来源与格式	93
5.1.2	数据集及预处理	95
5.1.3	模型预测结果分析与比较	96
5.2	基于 ARIMA - DBN 组合模型的溶解氧预测模型研究	98
5.2.1	数据来源与格式	98
5.2.2	数据异常点检测与剔除	99
5.2.3	模型预测结果分析与比较	100
5.3	基于 PCA - TSNN 神经网络的溶解氧预测模型研究	101
5.3.1	数据来源与格式	101
5.3.2	数据预处理	102
5.3.3	预测结果分析与对比	104
5.4	基于 PCA - NARX 神经网络的氨氮预测模型研究	105
5.4.1	数据来源及格式	105
5.4.2	数据预处理	106
5.4.3	预测模型的仿真结果与分析	107
	本章小结	108
	参考文献	109
第 6 章	水产品供应链中的信息管理	113
6.1	水产品供应链基本流程	113
6.1.1	水产品养殖环节	113
6.1.2	水产品配送环节	116
6.1.3	水产品零售环节	118
6.2	水产品养殖信息管理	118
6.2.1	养殖信息固定端管理	118
6.2.2	养殖信息移动端管理	122
6.3	水产品配送信息管理	124
6.3.1	配送中心信息固定端管理	124
6.3.2	配送中心信息移动端管理	127
6.3.3	水产品的分包与运输管理	129
6.3.4	水产品运输环境监测信息管理	131
	本章小结	135
	参考文献	135
第 7 章	基于物联网的水产品追溯与安全预警系统设计与构建	136
7.1	系统总体设计	136
7.1.1	水产品追溯流程分析	136
7.1.2	系统功能框架图	138
7.2	WSN 节点硬件设计	139

7.2.1	运输环境监测 WSN 节点硬件设计	139
7.2.2	养殖环境监测 WSN 节点硬件设计	142
7.3	WSN 节点软件设计	146
7.3.1	运输环境监测 WSN 节点软件设计	146
7.3.2	养殖环境监测 WSN 节点软件设计	149
7.4	系统开发环境与关键技术	151
7.4.1	系统开发环境	151
7.4.2	系统开发关键技术	151
7.5	系统数据库设计	152
7.5.1	水产养殖预警系统 E-R 图	152
7.5.2	运输环境监测系统 E-R 图	154
7.6	预警平台的系统设计与系统运行界面	155
7.6.1	预警平台的系统设计	155
7.6.2	预警平台系统设计流程	155
7.6.3	系统运行界面与效果分析	157
	本章小结	158
	参考文献	159
	索引	160

第 1 章 引 言

本章将主要介绍水产品追溯问题的提出及其研究意义,以及目前国内外的水产品追溯问题的研究现状,并指出目前我国在水产品追溯问题上尚存的一系列不足之处,最后介绍作者团队在水产品质量安全追溯方面开展的主要研究工作。

1.1 水产品追溯问题的提出与研究意义

随着人们生活水平的提高,水产品在人们的饮食结构中占据着越来越重要的地位,水产品质量安全直接关系到人民的身体健康,影响经济发展和社会稳定。近年来,水产品食物中毒事件频频发生,水产品因药物残留过多出口被拒的现象更是屡见不鲜。因此,水产品质量安全问题关系国计民生,引起了相关部门以及社会各界的关注,人们对水产品质量安全的需求也越来越强烈,建立水产品的可追溯体系以保证水产品质量安全日趋紧迫。与此同时,随着物联网、云计算、大数据和人工智能等新一代信息技术的发展,将物联网技术应用到水产品追溯系统的研究已备受人们关注。

我国是世界第一水产养殖国,但是目前我国水产养殖业面临着很多方面的挑战,如水环境的污染、养殖过程中的药物滥用、水产品的质量安全监管不到位等,使我国水产品质量安全问题成为制约和影响水产养殖业可持续发展的重要因素。我国在“十二五”规划中对水产养殖业体系做出了详细规定,要求水产养殖向高密度、集约化发展,这就需要水产养殖在物联网技术的支持下,在保持水环境质量的基础上,实行标准化养殖,对水产养殖的过程进行全程监控,保证水产养殖的规范化、标准化。水产养殖在物联网技术的支持下也将会得到更快的发展。目前国内也有众多学者致力于水产品追溯体系的研究。孙传恒等在比较国内外农产品追溯系统建设模式的基础上,提出了一种基于行政监管的适合中国国情的水产品追溯系统架构模式,设计了一种基于行政区域代码的水产品追溯编码方法。刘杰等针对水产品的质量问題,提出了水产品的生产过程质量安全控制点,即生产环节、加工环节、储藏环节、运输环节,以及水产品生产水平划分模式,并探讨运用射频识别技术、网络通信技术、传感器技术及无线传感网络等物联网技术来构建水产品质量安全信息化的过程控制系统,为

实现可追溯的水产品质量安全控制体系提供了理论基础和技术手段。马莉等针对我国水产品行业存在的质量问题,以水产品为研究对象,构建了基于 Web 服务的数据传递技术的多层可追溯水产养殖管理系统,并采用射频标签技术(RFID)保证在整个流通过程中对鱼品身份的唯一标识。高吉等针对我国水产品供应链中存在信息不明、滞后和失真等问题,提出将无线射频识别技术应用到水产品供应链中。该项研究使用电子标签记录水产品生产物流、加工物流和销售物流中的重要信息,并对其中的关键信息进行标准化编码,建立适用于电子标签编码规则的编码生成平台,以实现水产品流通过程中信息的有效获取和管理。

从以上研究来看,目前国内学者都是针对追溯体系中物流或某一个过程进行了追溯研究,缺乏对水产养殖的过程进行全程监控,且缺乏可以对水产养殖提供指导性意见的水产品疾病预防和诊断模型。对水产养殖及流通环节的关键环境参数进行实时、立体、长期的连续监测,并对可能出现的水产品质量安全问题作出及时的预警,可为消费者提供详细的水产养殖及流通环节信息,能确保水产品从池塘到消费者的全程监控,实现水产品质量的可追溯。水产品追溯问题的研究可满足人们对水产品质量安全日益增强的需求,具有显著的社会和经济效益。利用物联网技术,建立从水产养殖到运输、销售等各个环节一体化的全程质量追溯平台,可为水产养殖企业、物流企业及销售企业提供信息接入服务,可实现养殖生产企业从“池塘到餐桌”全过程的质量安全监控,为水产品供应链上的各级用户提供增值服务。此外,开展基于物联网的水产品溯源研究可为物联网、软件技术和人工智能技术应用于水产品溯源奠定理论基础,同时也可进一步促进这些技术的发展。

1.2 国内外应用现状

1.2.1 国内追溯系统的应用现状

产品质量安全追溯制度是新时期加强农产品质量安全监管的一项制度创新。农产品质量安全追溯制度就是生产环节有档案、有记录;流通环节有包装、有标签、有标识、有产地来源等信息;市场环节索证索票、有档案;从生产到市场全程有质量监测监管,发现问题及时发布通报等。

在可追溯技术体系开发与应用方面,水产品质量安全可追溯相关编码和识别技术在我国都得到了一定程度的应用。2006年12月,国家科技部立项开展“863”计划子课题“水产养殖产品质量全程跟踪与溯源系统示范应用”,广东省成为该试点项目的唯一省份,我国由此开始水产品可追溯体系的推广,在广东省开展水产品追溯体系构建、推广和示范试点工作,至2009年取得了阶段性成果。2012年农业部渔业局在沿海6省2市开展水产品质量安全追溯体系建设试点工作。2012年6月,江苏省水产品质量安全管理中心正式开通国家“863”计划成果的可追溯系统。之后几年内,该系统在整个江苏省得到了强有力的推广和应用,尤其是江苏省的水产养殖企业开始积极使用该系统。2019年上海淡水鱼批发市场已在全市率先试水,建立起一套利用物联网技术的水产品追溯系统,对周边供应上海的1137个

渔场设立追溯监控,从鱼苗投放到整个养殖过程,从产地资源管理到生产标准、质量安全,做到全程可监管。

随着追溯技术的发展和追溯体系建设的深入,信息化追溯体系建设及其标准化工作提到议事日程。2017年2月16日,商务部、农业部等七部委关于推进重要产品信息化追溯体系建设的指导意见指出,要分析提炼追溯的核心技术要求和管理工作要求,明确不同层级、不同类别标准的定位和功能,建成国家、行业、地方、团体和企业标准相衔接,覆盖全面、重点突出、结构合理的重要产品追溯标准体系。研制一批追溯数据采集指标、编码规则、传输格式、接口规范等共性基础标准,实现产品追溯全过程的互联互通与通查通识。在追溯标准化研究的基础上,选择条件好、管理水平高的地区、行业、企业探索开展重要产品追溯标准化试点示范工作,推动标准制定和实施。

1.2.2 国外追溯系统的应用现状

欧盟最先建立水产品追溯体系,在2000年12月到2002年11月期间,欧盟制订了关于水产品供应链的可追溯性法律法规,推行“TraceFish”计划,该计划由挪威渔业研究所牵头,由来自欧盟及北欧等诸多国家的各个相关领域的企业和机构团体自愿组成,包括捕捞企业、养殖企业、物流企业、销售企业、IT企业、研究机构、民间团体组织和立法机构等。“TraceFish”计划的主要目标是研究调查水产品的全链可追溯性,建立水产品可追溯体系的执行标准,即水产品从养殖到物流运输直至最终消费者整个链所需要记录的信息以及信息记录和传递的方法等标准。近年来,一些国外专家和学者致力于水产品追溯体系和追溯技术方面的研究,并取得了重要的成果。Parreno-Marchante将RFID技术和无线传感器网络应用到水产品追溯体系中去,结合EPC(Electronic Product Code,产品电子代码)标准和LLRP(Low Level Reader Protocol,低级别读取器协议)协议建立了一套从养殖到餐桌的水产品可追溯系统。从发达国家情况来看,国外对水产品的追溯体系的研究较多,其现有的水产品安全追溯体系无论是法律法规还是技术实现都已经比较成熟,信息系统的建设也比较完善。

2010年,挪威水产品出口委员会要求水产品生产商在产品包装上标注产品原产国,实施水产品的可追溯性,以促进挪威水产品在全球销售。2016年2月,美国国家海洋和大气管理局(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)发布公告,就《进口水产品应对IUU(Illegal, Unreported and Unregulated fishing)及水产品欺诈的追溯识别机制》法规草案征求意见,内容包括要求企业进口指定17类水产品时需向公共追溯系统提供进口产品的相关信息,经审核确认该水产品是合法后方可进口,以便打击IUU和水产品欺诈行为。越南富安省渔港管理委员会自2018年3月开始在东作、富乐、民福和仙珠等渔港实现水产品来源追溯。具体而言,渔港管理委员会将对渔船靠岸时间、鱼类销售量等进行监察。此外,渔民需主动填写出海行程记录,以便跟职能机构定位系统的数据进行核对。

在上述国家,水产品可追溯体系已经基本进入了实用化阶段,其共同点是制定相关的标准制度、健全完善的法律法规并能有效规范地监督与执法,使水产品可追溯制度成为保障水产品质量安全的有效手段,但同时也对其他国家和地区形成了一种新的技术性贸易措施。

1.3 存在的问题和研究内容

1.3.1 存在的问题

目前,我国水产品可追溯体系的研究和实践相对发达国家还较为落后,可追溯法律法规相对缺乏。虽然国家质检总局2004年5月出台了《出境水产品追溯规程(试行)》,出口水产品及其原料需按照该规程的规定进行标识,实现了我国的出口水产品可以通过产品外包装上的标识从成品追溯到原料。但是在国内水产品追溯体系尚未完全建立,仍处于部分区域或企业的试点阶段,这也与国内的生产方式和监管机制有关。总的来说,我国建立健全水产品可追溯体系面临以下三方面的问题。

1. 缺乏强制性法规与相关技术标准

我国还没有针对水产品可追溯的可操作性法规和标准,也没有建立起完整的保障水产品可追溯制度实行的管理体系。目前存在的法规条文主要在食品安全方面。2009年6月1日起开始实施的《食品安全法》对食品的生产、加工、包装、采购等供应链各环节提出了建立信息记录的法律要求,以便日后的追溯和召回;随后实施的《食品安全法实施条例》则明确食品生产经营者为食品安全第一责任人,规定生产企业需如实记录食品生产过程的安全管理情况,记录的保存期不得少于2年;食品批发企业应如实记录批发食品的名称、购货者姓名及联系方式等,记录、票据的保存期不得少于2年。《食品安全法》及其实施条例的实施为我国开展食品安全追溯提供了法律保障,也是建立健全追溯体系的良好契机。

2. 生产经营分散,监管模式分段管理

我国水产品生产分散、经营规模多样,小农户生产所占比例较大,各生产者的生产方式和生产能力参差不齐。此外,我国采用多部门监管的管理模式,各个地区监管程度或管理水平不同,造成对生产环节和流通环节的追溯信息采集量大、面广,难度大。许多养殖场有一些生产记录,但是涉及可追溯的记录不规范、不全面,没有统一的格式,大部分小农户更是没有一套完整的生产记录体系。相对来讲,水产品加工环节比较规范,少数大型水产企业已经开始与国际接轨尝试利用计算机来进行企业生产信息的管理。流通环节也存在良莠不齐的现象,一些大型水产批发市场或超市记录比较规范,信息较为全面,但有些小型批发市场或者农贸市场销售的鲜活水产品最多只能知道产地,要进一步确认到具体养殖户的信息存在很大的难度。

3. 基础技术研究薄弱

目前,我国虽然已初步形成一些具有自主知识产权的相关技术成果可应用于可追溯体系,但因成本高、普及性不强等原因,部分技术仍仅限于理论研究与应用探索阶段,系统研究缺乏,大范围应用、实践基础尚不具备。由于我国水产养殖业品种繁多、形式多样,不同水产品形态、包装以及流通渠道存在明显差异,一旦可追溯体系开始进入实质应用阶段,对追溯系统的软硬件产品的需求量会很大,目前一些科技信息公司的研发产品尚不能完全满足需要,仍需积极进行这方面的研发和探索。

1.3.2 水产品追溯研究内容

作者团队紧密结合水产品溯源系统的功能需求,运用物联网技术、软件技术和智能技术,开展水产品溯源与安全预警关键技术研究及其应用示范,研制了一体化的水产养殖、水产品流通等环节的信息采集、传输、存储、分析及应用的硬件装置及软件系统,包括以下两个方面。

(1) 基于 ZigBee、移动通信和互联网等技术相结合的数据传输技术、基于滑动时间窗口的数据预处理技术、基于多种人工神经网络(RBF、DBN、NARX)的养殖和运输环境异常预警技术、基于 Hopfield 神经网络的溯源二维码复原技术、基于 Petri 网的水产品溯源建模与优化技术等。

(2) 在水产养殖和水产品流通等环节的监测体系结构的搭建、监测节点的设计、无线传感器网络节点智能供电模块的设计、组网方案的设计等研究基础上,设计和开发了水产养殖和水产品流通等环节的相关参数自动监测、安全预警及水产品溯源的系统平台。其中包括基于无线传感器网络的水产养殖水质参数(如温度、PH、溶解氧、氨氮、氧化还原电位等)自动采集系统、水产品流通环境参数(如温度、湿度、氧气、二氧化碳)自动采集系统、水产养殖日常管理和辅助决策系统、基于人工神经网络的水产养殖水质参数及运输环境参数预测系统、基于 RFID 和二维码的水产品流通管理及溯源系统等。

本章小结

水产品追溯的需求日益增加,建立合理有效的水产品质量安全可追溯系统,是提高水产品质量安全管理效率的重要途径之一。我国水产品质量安全可追溯体系建设刚刚起步,处于初级阶段,存在诸多问题,需要社会各界通力合作。本章主要分析了我国水产品质量安全可追溯体系建设的现状与存在问题,并对作者团队所开展的研究内容进行简单概述。

参考文献

- [1] 牛景彦,王育水. 水产品质量安全可追溯体系建设问题研究[J]. 科技创新与生产力,2019(5): 37-39.
- [2] 田洁,徐大明,孙传恒,等. 水产品质量安全追溯技术及系统研究进展[J]. 中国水产,2017(10): 32-36.
- [3] 刘杰,于合龙,李道亮,等. 基于物联网的水产品质量安全过程控制方法与系统研究[J]. 广东农业科学,2013,40(12): 193-196.
- [4] 马莉,赵丽,刘学馨,等. 基于 Web 服务的水产品批发市场质量追溯系统设计[J]. 农业网络信息,2013(1): 8-11.
- [5] 高吉,翁绍捷,王玲玲,等. 基于 RFID 技术的水产品供应链中信息管理的研究[J]. 安徽农业科学,2012,40(8): 5019-5021.
- [6] Parreno-Marchante, Alfredo. Advanced traceability system aquaculture supply chain [J]. Journal

- FoodEngineering, 2014, 122(1): 99 - 109.
- [7] 王媛,蔡友琼,徐捷.国内外可追溯体系现状及我国水产品可追溯存在的问题[J].中国渔业质量与标准,2012,2(2): 75 - 78.
- [8] 韩刚,宋金龙,陈学洲,等.水产品质量安全可追溯体系建设探析[J].中国水产,2018(12): 47 - 49.
- [9] 王珂,梁厚广.水产品追溯标准化研究[J].中国水产,2017(12): 40 - 43.
- [10] 吕青,王海波,顾绍平.可追溯体系及其在水产品安全控制中的作用[J].渔业现代化,2006(3): 7 - 9.
- [11] 方炎,高观,范新鲁,等.我国食品安全追溯制度研究[J].农业质量标准,2005(2): 37 - 39.
- [12] Fabinyi M, Liu N, Song Q, et al. Aquatic product consumption patterns and perceptions among the Chinese middle class[J]. Regional Studies in Marine Science, 2016(7): 1 - 9.
- [13] Hong I H, Dang J F, Tsai Y H, et al. An RFID application in the food supply chain: A case study of convenience stores in Taiwan[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 106(2): 119 - 126.

第 2 章 水产品安全追溯与预警关键技术

在溯源体系中,水产品的编码和标识是进行水产品安全追溯的前提,因此,编码和标识信息的标准化技术非常重要。常见的 EAN/UCC、EPC 和 ISO 等电子编码体系能够以标准化的方式提供食品在供应链中的定位信息。物联网技术中的条形码、二维码和 RFID 等,是先进的信息自动识别与采集技术,可以对水产品供应链的生产、加工、储藏及零售等环节的管理对象进行标识,并借助信息系统进行管理。一旦出现水产品质量安全问题,可以通过这些信息标识进行追溯,准确地缩小水产品质量安全问题的查找范围,定位出现问题的环节,追溯水产品质量安全问题的源头。水产养殖和运输过程中的环境数据是水产品追溯的重要信息,能有效地反映和保障水产品质量安全,这些数据的实时采集与预测是实现水产品安全追溯与预警的基础。

2.1 水产品追溯标识技术

2.1.1 条形码技术

2.1.1.1 国内外研究现状

建立水产品追溯系统,促进中国水产品安全体系搭建是保障消费者购买食用水产品安全和提升我国水产品竞争力的重要手段。其中,统一编码是实现水产品溯源的第一步。关于追溯码的研究,国外大多数采用 EAN. UCC (European Article Numbering-Uniform Code Council) 系统来跟踪和溯源农产品的生产过程,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,在运输业、物流等领域已经广泛应用。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。

我国物品编码中心已出版的有《牛肉产品跟踪与追溯指南》《EAN/UCC 规范用于水果、蔬菜和马铃薯的标识与追溯》《水果、蔬菜跟踪与追溯指南》等;中国农业部还颁布了《动物免疫标识管理办法》,规定了动物免疫标识的编码、标准由农业部统一设计,编码全国统一。

同时,我国的一些科研学者也对追溯码的编码进行了研究,提出了很多的设计方案。如孟猛(2013)在农产品追溯编码的研究上,采用了生产者+产地+采摘日期+产品种类+包装日期的编码方式,实现了对农产品的溯源;苗凤娟等(2019)基于 WSN 和 RFID 技术设计了稻米溯源系统,来对稻米的种植、存储、加工、运输和销售环节进行实时、精准的溯源;王志铎等(2020)将区块链技术引进农产品可信溯源中,采用“一环节一账本”的设计思想与动态溯源机制,保证系统灵活适应复杂的生产情况。

2.1.1.2 条形码技术简介

条码主要通过设置不同的空(白条)和条(黑条)来反映信息,从而来代表具有一定规则排列数字信息。一维码是条码中较为常见的一种,黑条表示二进制的“1”,白条为“0”,而且一定宽度(例如 0.33 mm)的黑色或者白色条为一个基本的二进制位(很宽的黑条是由好几个单位宽度的黑条组成的,会解析出来好几个连着的二进制“1”)。将条码转化为有意义的信息,需要经历扫描和译码两个过程。扫描过程将条码识别为由“0”“1”构成的二进制串信息;译码过程是根据一定的编码规则(码制)将二进制串信息转化为相应的数字、字符等信息。常见的条形码制大概有二十多种,其中,EAN、UPC、ITF25、Code39、CODABAR、Code128 和 EAN128 码使用频率比较高,其中 UPC 条码在北美获得了广泛的推广,国际通用的主要为 EAN 条形码,该条码主要特征是定长、无含义,在商品标识中有着广泛的应用。

录入速度快是一维条形码带来的最大优点,并且可靠度高,但也存在一些不足,主要包括以下几点:

- 条形码中允许识别的符号只有数字、字母;
- 条形码的形状较大,不能充分地利用空间;
- 当受到破坏后,条形码信息不能被还原。

2.1.1.3 GS1 全球统一标识系统

GS1(Globe Standard 1)系统是以对贸易项目、物流单元、位置、资产和服务关系等进行编码为核心的集条码、射频等自动数据采集、电子数据交换、全球产品分类、全球数据同步、产品电子代码(EPC)等技术系统为一体的,服务于全球物流供应链的开放的标准体系。GS1 系统是由国际物品编码协会开发、管理和维护的全球统一和通用的商业语言,其主要特点有以下几点。

一是开放性。GS1 系统的标识代码能在全球供应链的开放系统中使用,不受国界、市场、行业及应用系统的限制。GS1 系统在世界范围内为标识商品、服务、资产和位置提供准确的编码。这些编码能够以条码符号或 RFID 标签来表示,以便进行电子识读。该系统克服了厂商、组织使用自身的编码系统或部分特殊编码系统的局限性,提高了贸易的效率和对客户反应能力。

二是统一性。GS1 系统采用全球统一的编码结构、数据载体和数据交换标准,可以实现数据共享。GS1 系统通过具有一定编码结构的代码实现对相关产品及其数据的标识,该结构保证了在相关应用领域中代码在世界范围内的唯一性。

三是可扩展性。GS1 系统在提供唯一的标识代码同时,GS1 系统也提供附加信息的标识。例如有效期、系列号和批号,能够满足不断增长的客户需求。

目前,全球共有 100 多个国家(地区)采用这一标识系统,广泛应用于工业、商业、出版业、医疗卫生、物流、金融保险和服务业,大大提高了供应链的效率。GS1 系统用于电子数据