

王晓平,魏邳琦.农产品溯源研究进展与展望[J].江苏农业科学,2024,52(18):1-9.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.18.001

农产品溯源研究进展与展望

王晓平,魏邳琦

(北京物资学院物流学院,北京 101149)

摘要:随着信息技术的快速进步,构建溯源系统以提高农产品质量安全已逐渐被大众认可。基于国内外相关文献,对不同技术、背景、主体及农产品类型的溯源系统进行综述。本文总结各类技术在提高溯源系统存储量、查询效率、数据隐私及可信度等方面的作用。通过对比不同背景下农产品溯源系统,发现其在乡村振兴背景下会助力农业发展;在电商背景下会促进企业产品销售;在明确责任划分背景下会确保农产品的质量安全。对比不同搭建主体的农产品溯源系统,发现农业公司侧重于特定农产品,第三方科技公司倾向于搭建普适性平台,而政府组织多方参与的情况主要出现在乡村发展背景中。从不同农产品类型的角度综述相关研究成果发现果蔬类农产品溯源数据存在共享困难等问题;肉蛋奶类农产品需要提高溯源标准;水产品类的文献较少,仍处于初始阶段。综上,本文提出以下建议:进一步降低溯源系统成本,扩充可追溯性农产品种类,关注前端及溯源末端环节的数据造假问题,建立统一的溯源标准与平台。

关键词:农产品;溯源系统;区块链技术;供应链;研究进展

中图分类号:F252 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)18-0001-09

近年来,国内外不断涌现出不同程度的食品质量问题,如苏丹红鸭蛋事件、地沟油事件等,这使得人们对于农产品质量安全的关注度居高不下。对于农产品而言,其生产源头及加工运输等整条供应链的质量是否安全可靠是人们关注的重点。只有农产品的质量安全得以保障,人们才能“吃得安心”。“民以食为天,食以安为先”。国家及各部委的诸多举措充分体现出国家对于农产品质量安全方面也非常关注。如在 2002 年 12 月成立农产品质量安全中心;国务院于 2015 年、原农业部于 2016 年分别发布关于加快推进全国农产品溯源体系建设的有关要求;此外,2022 年 9 月 2 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十六次会议修订了《中华人民共和国农产品质量安全法》。近年来,我国在全面推进溯源业务一体化、信息共享化等方面取得了显著进展。综上,本研究根据关键词检索的方式将农产品溯源体系分为“不同方法下的农产品溯源系统”“不同背景下的农产品溯源系统”“不同搭建主体的农产品溯源系统”“不同农产品类型的

溯源系统”等 4 个方面,分别梳理各部分的发展现状,并进一步总结现有农产品溯源体系存在的问题,以期为促进我国农业类溯源平台建设与发展提供建议。

1 农产品溯源研究趋势及分类

1.1 农产品溯源

农产品溯源始创于 20 世纪 70 年代的欧美发达地区^[1]。随着各国食品安全事件不断引发社会的广泛关注,亚洲发达国家如日本相继建立了完善的农产品溯源体系。原农业部于 2006 年提出建立农产品质量安全追溯体系战略目标。该目标的不断普及,促进了我国农业现代化和食品安全事业的发展。这一时期的农产品溯源系统更多地是作为质量安全保障的有效措施被引入食品工业领域,并涌现出包括《食品安全法实施条例》、食品药品监督管理局《关于食品生产企业建立食品追溯制度的指导意见》在内的多项食品追溯相关的法律法规^[2]。

农产品溯源是指农产品供应的整个过程中对信息进行记录存储的质量保证系统,通常包括农产品的生产、流通、储存、二次加工、销售等相关信息。通过溯源系统,可以确定农产品的来源,保证生产加工过程中的质量安全,追究问题产生的责任,并建立快速的召回机制^[3]。

由图 1 可知,农产品溯源就是要根据需求对农

收稿日期:2023-10-02

基金项目:北京市教育委员会社科计划一般项目(编号:SM202010037008)。

作者简介:王晓平(1977—),女,山东潍坊人,博士,教授,主要从事农产品流通、物流信息化、电子商务与物流等研究。E-mail:bjwxp2004@163.com。

产品流通的全流程或局部进行跟踪和记录。通过正逆向追溯来收集农产品种植养殖、生产加工、运输和销售相关的信息,以确保农产品的质量。这种追溯工作包括农产品的商流、物流与信息流。通过农产品溯源,消费者可以了解到农产品的真实信息,农产品生产与经营者可以追溯问题并采取相应的改进措施。

相对于国外许多农业发达国家,我国农产品可追溯体系制度的建设起步较晚,但发展较快,基本形成与国外主流研究保持同步的趋势^[2,4]。同时,我国农产品溯源的主要方法可以分为利用技术手段搭建溯源平台以及利用农产品中的同位素进行溯源的农产品追溯方法。本研究主要分析利用技术手段搭建溯源平台的农产品追溯方法。

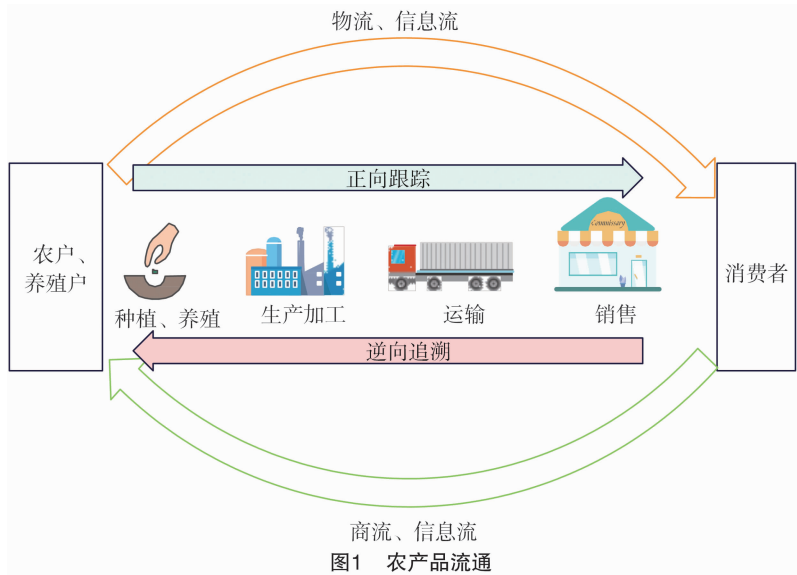


图1 农产品流通

1.2 农产品溯源研究趋势

随着信息技术的不断发展,可追溯系统的搭建越来越受到我国学者的关注,搭建农产品溯源系统的技术手段也愈发成熟。在知网搜索“农产品溯

源”,可得到该主题近年来的文献数量以及2023年的预计文献数量(图2)。可见,2006—2023年我国农产品溯源相关研究文献呈现迂回上涨的趋势,相关的学术关注度也相对较高。

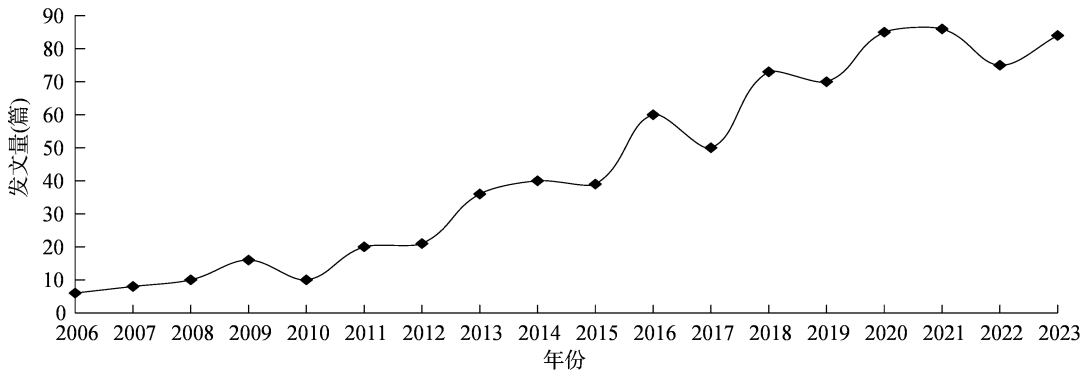


图2 2006—2023年我国农产品溯源相关研究文献发表趋势

随着溯源体系的不断发展,王东亭等对于搭建农产品溯源平台的各项问题进行研究并认为,我国可以在欧盟等其他国家完善的法律法规基础上制定农产品溯源相关的标准体系^[5-6]。

1.3 农产品溯源的主题分类

在知网中输入“农产品溯源”的相关主题词,在所有已发表中文期刊中进行检索,可获得2006—

2023年的期刊论文共743篇,将关键词生成词云图(图3)。

在删除“农产品”“农产品溯源”“溯源系统”等不具有划分意义的关键词以及“稳定同位素”“稳定同位素技术”等与本研究无关的关键词后,根据关键词的异同点归纳总结成4个主题(表1)。由于删除的关键词占比较高,本研究统计的论文共有396



图3 关键词词云

篇,仅为全部论文的 53.32%。

主题1包括“区块链”“物联网”等与搭建技术相关的关键词,共计150篇论文,约占统计论文的37.88%。国内外农产品溯源体系目前主流的搭建方法为通过物联网技术实现信息收集并呈现;通过区块链技术进行信息加工存储。因此,将主题1部分命名为“不同方法下的农产品溯源系统”。主题2包括“农产品电商”“农产品质量”等与搭建背景相关的关键词,共计133篇论文,约占统计论文的33.59%。根据搭建背景的不同,这些关键词可以进一步分成乡村振兴背景、电商平台背景、划分责任主体背景等3类。故将主题2部分命名为“不同背

景下的农产品溯源系统”。主题3包括“产地溯源”“安全溯源”等与搭建主体相关的关键词,共计66篇论文,约占统计论文的16.89%。根据搭建主体的不同,这些关键词可以进一步分成企业、第三方、多方主体等3类。故将主题3部分命名为“不同搭建主体下的农产品溯源系统”。主题4包括“生鲜农产品”“特色农产品”等与农产品种类相关的关键词,共计45篇论文,约占统计论文的11.36%。因为此类文章大多都是针对某一种农产品来进行农产品的搭建、方向划分较仔细,所以较难统计。故将主题4部分命名为“不同农产品类型的溯源系统”。以下文献梳理将围绕这4个主题进行。

表1 我国农产品溯源关键词分类

主题	主题名称	关键词
主题1	不同方法下的农产品溯源系统	区块链、物联网、区块链技术、二维码、物联网技术、大数据、二维码技术、农业物联网等
主题2	不同背景下的农产品溯源系统	农产品质量安全、农产品质量、溯源体系、质量安全、智慧农业、农产品安全、质量溯源、农产品电商等
主题3	不同搭建主体下的农产品溯源系统	产地溯源、安全溯源、溯源技术、研究与应用、信息溯源、防伪溯源、研究与实现、构建研究、构建与应用、管理系统等
主题4	不同农产品类型的溯源系统	系统设计与实现、食用农产品、农产品供应链、生鲜农产品、供应链、特色农产品、可溯源等

2 农产品溯源相关文献梳理

针对表1中的分类结果,对相关文献进行梳理,从中可以系统地了解不同主题下溯源系统的研究情况以及存在的问题和挑战。

2.1 不同方法下的农产品溯源系统

目前,我国农产品供应链主要呈现上游分散、下游零售渠道并行的情况,各环节间易出现信息不对称且缺乏信任等问题,难以确保信息的安全性^[7]。为解决以上问题,国内外学者在搭建农产品

溯源系统时引入区块链技术来提升供应链各环节的透明度,以增加溯源数据的可信度。同时,为解决溯源前端数据采集较困难、可信度低等问题,许

多学者在搭建溯源体系时选择引入物联网技术。基于上述方法所实现的农产品溯源体系架构见图 4。

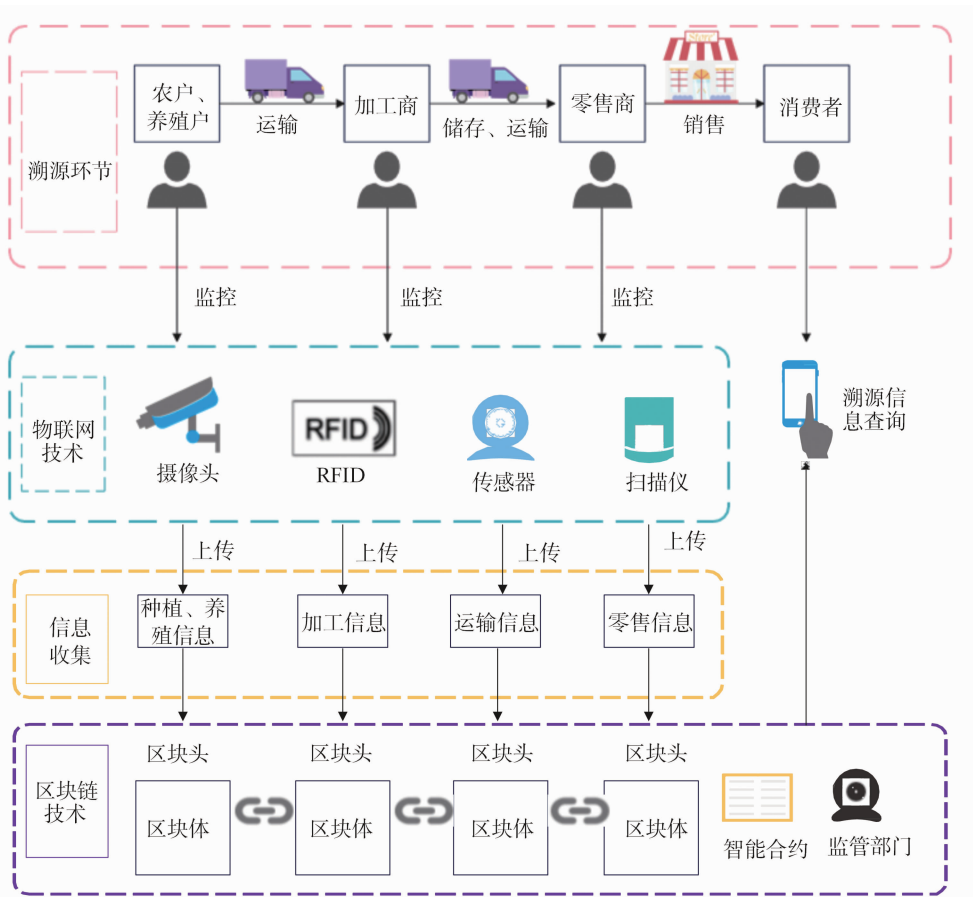


图4 农产品溯源体系架构

2.1.1 基于区块链技术的农产品溯源体系 自“区块链”一词进入大众视野之后,我国农产品溯源体系的发展也来到了新的高度。在互联网技术的推动下,区块链技术以其独特的不可篡改性、去中心化、安全追溯性和数据保密性等天然优势,成为当前溯源系统的理想技术之一^[8]。区块链技术是一种利用块链式数据结构来验证存储数据、通过节点共识算法来生成和更新数据、使用密码学的方式保证数据传输和访问安全、且由智能合约来编程和操作数据的技术手段^[8]。随着我国信息技术的不断发展,区块链技术也越发成熟,许多学者将农产品溯源与区块链技术结合起来以解决以下问题。

2.1.1.1 溯源数据存储量与系统查询效率问题 传统溯源体系由于数据量较大,导致系统响应时间长且查询效率低。为了应对这一问题,学者们采取分离数据的解决方案以实现数据的高效查询。陈明等建立多链存储结构,将大量数据存储于子链

中,主链中仅储存少量的映射数据,将溯源系统效率提高约 92.9%^[9]。弋伟国等设计一种“数据库+区块链”双存储方案,将大量数据存储在数据库中,提高了溯源系统的整体效率^[10]。刘孝保等设计图区块链映射模型,不仅实现果蔬供应链的深度溯源,也提升了系统的运行效率^[11]。李莹等采用多区块链技术减轻系统的存储压力,还促进了溯源系统的查询效率^[12]。可见,通过引入区块链技术并融合不同的数据处理方法,可以进一步优化农产品溯源系统的数据存储量,进而提高系统效率。

2.1.1.2 溯源数据隐私与共享问题 传统的区块链技术虽具备“去中心化”的优势,但链上数据的实时共享不可避免地会涉及到企业的商业机密等敏感信息,从而难以保证企业对于数据共享的隐私性。该因素成为阻碍供应链数据共享的一个核心问题。现阶段许多学者采用在区块链中加入各类算法或采用多链结构隔离数据以保证用户的隐私

安全,进而更好地实现数据共享。李莹等建立数据隔离和保密的多条供应链,将企业中的隐私信息隔离保密,保护企业权益,促进了数据安全共享^[12]。Yang 等在保证私有信息安全的前提下,实现区块链网络中的供应链数据安全共享^[13]。孙传恒等将数据划分为公开溯源数据与商用隐私数据,再对其进行处理,保证隐私数据的安全^[14]。通过提高数据的可信度和安全性,促进数据更高效、可信、便捷的共享。总之,区块链数据隐私与共享技术的研究尚需不断探索,以实现更好的效果。

2.1.1.3 前端数据可信度问题 农产品溯源体系要求从生产到销售全过程完整的信息录入,并要求录入的信息是真实可信的。区块链技术的优势在于可以保证数据在上链后的真实性,但上链前数据的准确性难以得到保障。为了解决这一问题,可以在溯源系统中运用多种技术手段,如刘双印等将前端数据自动加密成不可逆转的哈希值(hash 值)再上链,保证农产品溯源前端信息难以篡改,从而提升了溯源系统的可信度^[15]。李佳利等将区块链技术与 HACCP 体系加以融合,构建上链机制改进方法,提升了前端数据的可信度^[16]。高阳阳等采用多方验证的模式将信息进行上链,有效避免了数据篡改、丢失等问题^[17]。因此,在溯源系统中综合运用多种技术与区块链技术相辅相成,能进一步提高数据的可信度,促进系统发展。目前,区块链技术与农产品溯源系统的结合已经达到较完善的程度。与传统的溯源系统相比,基于区块链技术的农产品溯源系统在提高农产品质量安全方面具有显著的潜力。

2.1.2 基于物联网技术的农产品溯源体系 物联网主要指通过使用各种不同类型的传感器,采集需要监控、互动、连接的信息,并通过各种类型的网络接入,实现物与物、物与人的连接,实现感知、识别和管理的智能化,让能够被独立寻址的普通对象组成互联互通的网络^[18]。物联网技术的核心主要包括无线射频技术(RFID 技术)、二维码技术、传感器技术、GIS 技术等。基于物联网技术对农产品进行信息追溯,可以在很大程度上解决以下问题。

2.1.2.1 人力成本与数据源头真实性问题 在农产品溯源中,源头数据采集的可行性与真实性一直是痛点之一。传统的农产品溯源技术常人工手动录入数据,不仅成本较高,且数据的真实性难以保证。物联网技术普及后,部分学者利用传感器网络获取光照、土壤温湿度等信息,减少人工干预、降低

人力成本,确保数据源头的真实性^[19-20]。同时,利用 RFID 技术将农产品进行全球唯一编号,实现信息自动采集和农产品自动识别,从而保障供应链各环节源头数据的真实性。陈光晓等基于 RFID 技术对农产品采摘、仓储、物流、销售等流通数据进行自动记录,不仅改善了人力成本问题,还进一步提升了溯源系统的效率^[19,21-22]。通过传感器技术可以实现前端数据采集的自动化和透明化,而 RFID 技术的运用则会进一步降低人力成本。随着 2 种技术的不断完善,可以提升系统的整体效率与可信度。

2.1.2.2 溯源信息可呈现性问题 在农产品溯源过程中如何将溯源信息展现出来也是一个难点。二维码技术为农产品溯源提供了快速、高效的解决方案,大部分学者选择使用二维码标签来呈现整条供应链的溯源工作。在二维码中嵌入多种信息,用户可以方便地获取该农产品的溯源信息,也可以直接访问相关公司的网页,从而有效提升溯源系统的用户体验。同时,也可以通过二维码溯源平台实现农产品信息的在线交互,极大地方便了相关数据的查询。此外,王昆通过给农产品建立激光标签识别二维码,不仅实现了农产品的准确定位识别,还提高了溯源的准确性和效率^[23]。马腾等将监测网站存储于二维码中,并将数据进行加密,不仅解决了数据的安全问题,也保障了溯源信息的可呈现性^[24]。农产品溯源系统目前已经成功融合了区块链技术和物联网技术 2 种相对成熟的技术。未来随着更多创新技术的不断融入,农产品溯源系统将进一步完善,为农业产业链的可持续发展提供更多支持。

2.2 不同背景下的农产品溯源系统

农产品溯源系统的搭建在不同背景下发挥着不同的作用。本研究将搭建背景按照其目的分为以下 3 类进行阐述。

2.2.1 以促进农产品产地经济为目的的乡村振兴发展背景 随着信息技术的不断进步,为加速我国农村的繁荣发展,各级政府纷纷采用农产品电商直播带货,并搭配完整的农产品溯源系统的营销模式,在促进销售的同时也能保障农产品的质量安全,从而实现乡村振兴的宏伟目标。汪强等以农民专业合作社为例探讨溯源体系对农产品销售的带动作用,结果发现,通过溯源等手段不仅能增加农产品的销售效益,还能激发农民的积极性,提高农产品的质量^[25]。钱秦月等以江苏省的调研情况为例,将农产品溯源与乡村振兴结合起来,并提出建

立统一溯源平台、统一溯源标准的建议^[26]。张举将农产品溯源与电商平台充分结合,以苏北地区乡村发展为实证,进一步解决三农交锋的难题,推进乡村发展^[27]。可见,建立溯源体系对农产品的销售具有重要的带动作用。农产品溯源是推动农业产业可持续发展的重要手段,也是实现乡村振兴战略的重要措施之一。

2.2.2 以促进农产品销售为目的的农产品电商背景 为促进农产品的销售,许多电商平台和自营企业都选择搭建溯源系统。如天猫等电商平台采用统一监管的溯源码,而像燕窝等高价值产品的自营企业则选择搭建自己的溯源体系。Lee 等认为,跨境电子商务中的溯源体系可以有效防止假冒商品的扩散,进而更好地促进销售^[28]。黄毅英认为,有效的溯源体系对电商复购销售起促进作用^[29]。赵丙奇等通过比较大型农产品生产示范基地模式、“电商+追溯体系”模式、地理标志农产品模式、政府组织推广模式以及农业龙头企业模式等 5 种不同模式下的追溯体系,提出要协调人、物与技术的关系,因地制宜地分类实施数字农产品追溯体系的不同模式^[30]。因此,农产品溯源系统的应用不仅可以有效促进电商平台的销售,还能为消费者提供可靠的保障,使虚拟的电子购物方式变得可信,也更贴近消费者的实际需求。

2.2.3 通过明确划分责任主体以促进农产品质量安全的背景 农产品的流通环节十分复杂,包括种植、加工、储存、运输、销售等多个环节,涉及人员众多,往往在农产品出现质量安全问题时,责任都难以明确。因此,明确划分责任主体在农产品溯源体系中显得尤为必要。孙传恒等提出马铃薯防窜溯源模型,有效地解决了马铃薯窜货的风险问题^[31]。张学旺等在农产品溯源体系中引入公平盲签名技术,将数据传输者匿名化,可以有效避免责任方陷害问题的发生^[32]。景旭等通过在交易合同中引入编号,再将其与农产品数据、责任人与责任企业相关联,为农产品溯源体系提供了更全面且系统化的保障^[33]。通过建立有效的溯源系统,可以清晰地划分责任主体,并在农产品出现质量问题时快速追溯相关批次,进而实现迅速召回。这种追溯和召回机制有力地保障了农产品的质量安全,为消费者提供了可靠的保护。农产品溯源系统在不同背景下发挥着不同的作用。在未来的发展中,农产品溯源系统的作用将继续不断创新和完善,为农业的可持续

发展作出贡献。

2.3 不同搭建主体下的农产品溯源系统

农产品溯源系统搭建需投入较高的成本,而不同农产品的不同特点会进一步增加成本。因此,政府、从事特定农产品经销的农业公司以及第三方科技公司都需要考虑在搭建农产品溯源系统上投入资源。尽管各个主体的目的不尽相同,但他们都希望通过此系统来提高农产品的质量和安全性。本研究将搭建主体分为以下 3 类进行阐述:第 1 类是以从事特定农产品经销的农业公司为搭建主体的溯源系统。农产品溯源体系目前已成功应用于高端农产品,如燕窝、大闸蟹等领域,这些农产品溯源体系的搭建主体大多是其自营公司。郑琪等构建供应商和生鲜电商分别投资溯源系统时的供应链决策模型发现,当供应链投资追溯技术时,总利润可以获得显著提高^[34]。韩杨等认为,通过农产品溯源可以帮助企业扩大影响,实现更大的利润^[35]。第 2 类是以第三方科技公司为搭建主体的农产品溯源系统。当前我国农产品溯源体系仍面临一些问题,如由于溯源体系建设的主导方各自采用不同的溯源标准与平台,导致不同品类的农产品无法实现统一监管。为解决此问题,许多学者尝试搭建统一的以第三方科技公司为搭建主体的通用型溯源平台。冯一川设计出可行的溯源体系,进一步保障农产品的质量安全,并为第三方电商模式的发展提供有力的支撑^[36]。孙传恒等设计一种面向全体果蔬类农产品的溯源模型,并在模型中引入监管链,实现了主体链数据的共享与监管,进而为果蔬类农产品的安全提供更有效的保障^[37]。第 3 类是由政府牵头多方主体参与的农产品溯源系统。在农户、企业等参与方对农产品追溯支付意愿相对较低的情况下,溯源系统的主要推动力来自国家各级政府。然而,由于政府无法直接搭建平台,故经常出现政府牵头多方主体参与的情况,以此共同搭建农产品溯源系统。修文彦等分析农产品追溯体系的相关主体发现,政府奖补政策对推行农产品追溯效果明显,并从推行动力、环境等角度提出相应的建议^[38]。

不同搭建主体决定了农产品溯源系统的效果多样化。由农业公司搭建的溯源系统大多是为其公司中的特定产品服务的。由第三方科技公司搭建的溯源系统更像是针对大多数农产品搭建的普适性平台。由政府牵头多方参与的溯源系统更多地出现在助力乡村发展的背景中。每个不同的溯

源系统都有其自身的特点和价值,共同推动农业产业链的可持续发展。

2.4 不同农产品类型的溯源系统

当前我国农产品溯源体系中的溯源主体按照其生长环境及流通标准大致可分为 3 类:起点为农田种植且对运输要求较普通的果蔬类农产品、起点为农场主养殖且流通过程中涉及保鲜问题的肉蛋奶类农产品、起点为水产养殖且对运输要求较高的水产品。本研究分别梳理上述 3 种不同溯源主体的发展现状。

2.4.1 果蔬类农产品溯源研究进展 在果蔬类农产品供应链中,由于其供应链的各环节主体之间处于一种利益博弈关系,且各环节间信息资源不对等,造成追溯难等问题。目前,我国大多数果蔬类农产品溯源体系建设仍是专门针对某一种农产品开展的,覆盖面仍然较窄。尽管国内外学者已针对各类农产品设计出专属于其的溯源体系,如猕猴桃^[33]、芒果^[39]、藜麦^[40]、野生农产品^[41]等,但真正将设计转化为实践的农产品种类却较少,主要是贵价或特色有溯源需求的农产品,如燕窝、紫阳富硒茶^[42]等,该现象主要是由溯源体系的成本问题所导致的。因此,如何降低溯源成本、使其适用于更多农产品,仍然是农产品溯源发展的重要问题。基于我国适用于全体果蔬的农产品溯源体系较少的现象,孙传恒等搭建溯源链、共享链、隐私链、监管链的主体链追溯区块链系统,能够满足不同果蔬类农产品追溯主体的查询验证需求^[37]。同时,国内外也有许多学者以果蔬类农产品作为溯源系统的主体来探究区块链溯源体系中出现的各类问题,如溯源系统效率低^[10-11,39-40]、溯源数据真实性^[10,14,42]、溯源数据共享隐私^[11]、存储数据压力过大^[14]等目前溯源系统存在的普遍问题。通过搭建果蔬类农产品溯源系统将其流通的全过程进行连接,保障果蔬类农产品的质量安全^[43]。可见,针对果蔬类农产品的溯源体系建设面临多方面的挑战,未来仍需进一步完善和推进。

2.4.2 肉蛋奶类农产品溯源研究进展 不同于果蔬类农产品的种植环节,养殖环节是肉蛋奶类农产品供应链的起始点。在此类农产品的溯源体系中,主要问题在于源头数据自动获取较困难,且由于养殖环节中的行业人员文化素质普遍不高,导致采集的数据质量与真实性无法得到保证。国内外许多学者采用物联网手段来突破该问题。庞超等基于

现有的溯源系统,设计出一种将 RFID 技术与无线传感器网络技术无缝隙结合的新信息采集技术方法,增强奶牛养殖溯源系统的信息采集效率^[44]。任守纲等设计基于 RFID 技术和 GIS 技术的肉品销售跟踪及追溯体系,将农产品信息与地理节点进行整合,实现信息的自动化采集^[45]。同时,肉蛋奶类农产品也易受温度等环境因素影响导致变质,故在运输过程中要特别注意其保鲜程度,而养殖过程中也会涉及复杂的生态环境和生长管理。上述问题引起许多学者的关注。Bumblauskas 等详细介绍鸡蛋类农产品的溯源体系,进一步保证肉蛋奶类农产品的质量、提升供应链全过程透明度,建立更加快速的退召回机制^[46]。刘应等设计针对鲜奶供应链特点进行专门优化的溯源体系,有效提高生鲜奶产品的溯源精度和透明度^[47]。与果蔬类农产品相比,肉蛋奶类农产品的溯源体系建设研究较有限。但这些研究对于保障肉蛋奶类农产品的质量安全至关重要,可以为消费者提供可靠的保障。

2.4.3 水产品类农产品溯源研究进展 随着水产品在我国农业经济中的占比逐年增大,我国水产品的产量也在逐年增大。目前水产品交易中大多数的溯源体系还处于较传统的状态。冯国富等将关键信息数据采用星际文件系统(IPFS)存储的方式再上传至区块链网络,使交易信息不易篡改,加强水产品溯源信息的可信度^[48]。Zhang 等提出一种冷冻水产品追溯系统,可以有效缓解数据集中管理效率低下、安全性差等问题^[49]。李梦琪等设计主从多链水产品存储模型,可以保障供应链各环节水产品企业隐私数据的安全^[50]。赵海军等针对进口水产品搭建溯源体系,完善我国进口水产品质量监管领域的空白^[51]。

建立新型水产品溯源系统,有利于提升水产品全链各环节的质量安全,建立快速召回机制,明确责任主体。根据不同农产品来搭建针对此农产品的溯源系统是目前研究的主流方向。针对果蔬类农产品,研究者们致力于建立可信度高且高效的溯源系统;针对肉蛋奶类农产品,需要重点关注温度监控和定位问题;针对水产品,研究者们传统问题方面做出了努力。综上,针对不同种类的农产品,研究者们正专注于建立针对性的溯源系统,进而为农业产业链可持续发展提供支持。

3 农产品溯源研究述评

随着消费者对农产品的安全质量越来越关注,

农产品溯源已经逐渐走进大众视野,利用区块链技术和物联网技术来实现农产品溯源已经成为一个热点研究方向。本研究对农产品溯源相关文献进行综述,并对这些文献进行梳理评价。第一,农产品溯源研究领域的文献数量较多。目前在构建溯源体系方面,大部分学者采用区块链技术、物联网技术、大数据技术等智能化手段。通过区块链技术可以提高溯源信息存储量和查询效率,解决数据隐私与共享问题。而物联网技术可以进一步优化前端数据的可信度。第二,不同背景下的农产品溯源体系存在一定的差异性。在乡村振兴背景下,农产品溯源体系被视为促进农业发展的重要手段;在电商背景下,农产品溯源更多地用于促进该企业的产品销售或提升电商平台的客流量;在明确责任划分主体的背景下,溯源系统则是为了确定权责划分、实现农产品的快速召回。第三,不同搭建主体下的溯源系统也针对不同的溯源对象。由农业公司搭建的溯源系统通常只针对 1 种或几种特定的农产品,由第三方科技公司搭建的溯源系统则更适用于大多数农产品,由政府组织多方参与的溯源系统更多出现在乡村发展背景下。第四,主体不同的农产品溯源体系面临的挑战和问题也不尽相同。对于果蔬类农产品而言,由于其溯源平台各不相同,所以导致无法实现数据共享。对于肉蛋奶类农产品而言,其源头数据的真实性需要进一步改善。另外,由于此类产品运输的特殊性,所以对于溯源标准的要求较高。水产品溯源则存在相似的问题,缺乏统一平台,同时溯源文献较少,仍处在较原始的阶段。综上,农产品溯源是现代农业管理和消费者保护的重要任务,其研究和发展是非常紧迫的。但改进技术、完善政策、优化管理等工作还需进一步推进,以达到更好的农产品溯源效果。

4 未来与展望

随着我国经济不断上行,消费者对于可食用农产品的质量安全标准逐年提升。为了更好地销售农产品,生产商、供应商、销售商等就要尽量满足消费者的各类需求。搭建农产品溯源体系能更好地保障可食用农产品的质量安全、明确各方责任主体、建立快速的召回机制。

目前,我国农产品溯源体系主要是基于“物联网+区块链”技术来搭建的,创新点大多聚焦在技术创新上。未来应进一步降低农产品溯源系统成

本,使价格相对较低的果蔬类农产品也可以采用溯源手段。同时,由于现在的不法分子造假手段多种多样,如“真瓶假酒”、溯源的二维码被复制等问题。这些问题目前还无法在农产品溯源体系中很好地解决。吕婧淑等基于此类问题提出采用不同技术相融合的方式来实现双重验证的模型^[52]。但目前此技术暂时无法应用到农产品溯源体系中。因此,未来如何在体系中融入大数据、人工智能、数据库等技术来改善该现象,也是需要深入研究的问题之一。未来应建立统一的溯源标准与溯源平台,保证系统的兼容性,促进不同溯源主体之间的数据共享,形成农产品大数据库,解决农产品供应链中的“信息孤岛”问题。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 钱建平,吴文斌,杨 鹏. 新一代信息技术对农产品追溯系统智能化影响的综述[J]. 农业工程学报,2020,36(5):182-191.
- [3] 王晓平,张旭凤. 农产品流通中的分阶段追溯模式[J]. 中国流通经济,2015,29(4):108-113.
- [4] 杨 京,刘伊明,张巧英,等. 中国农产品溯源现状与对策[J]. 中南农业科技,2023,44(1):222-225.
- [5] 王东亭,饶秀勤,应义斌. 世界主要农业发达地区农产品追溯体系发展现状[J]. 农业工程学报,2014,30(8):236-250.
- [6] 张 驰,张晓东,王登位,等. 农产品质量安全可追溯研究进展[J]. 中国农业科技导报,2017,19(1):18-28.
- [7] 陈薇伶,黄 敏,郭 燕. 基于区块链技术的生鲜农产品供应链体系构建[J]. 商业经济研究,2021(9):123-126.
- [8] 蔡晓晴,邓 尧,张 亮,等. 区块链原理及其核心技术[J]. 计算机学报,2021,44(1):84-131.
- [9] 陈 明,孙 浩,邹一波,等. 基于区块链的河豚供应链可信溯源优化研究[J]. 农业机械学报,2022,53(9):295-304.
- [10] 弋伟国,何建国,刘贵珊,等. 区块链增强果蔬质量追溯可信度方法研究与系统实现[J]. 农业机械学报,2022,53(2):309-315,345.
- [11] 刘孝保,杨 林,易 斌,等. 面向果蔬供应链深度溯源的图区块链模型研究[J]. 食品科学,2023,44(17):1-10.
- [12] 李 莹,瞿红红,王 佳,等. 区块链多链防伪溯源模型设计与系统实现[J]. 湖南大学学报(自然科学版),2023,50(8):172-180.
- [13] Yang X T, Li M Q, Yu H J, et al. A trusted blockchain-based traceability system for fruit and vegetable agricultural products[J]. IEEE Access, 2021, 9:36282-36293.
- [14] 孙传恒,于华竟,罗 娜,等. 基于智能合约的果蔬区块链溯源数据存储方法研究[J]. 农业机械学报,2022,53(8):361-370.
- [15] 刘双印,雷墨鹭兮,徐龙琴,等. 基于区块链的农产品质量安全

- 可信溯源系统研究[J]. 农业机械学报, 2022, 53(6): 327 – 337.
- [16] 李佳利, 陈宇, 钱建平, 等. 融合 HACCP 体系的农产品区块链追溯系统精准上链机制改进[J]. 农业工程学报, 2022, 38(20): 276 – 285.
- [17] 高阳阳, 吕相文, 袁柳, 等. 基于区块链的农产品安全可信溯源应用研究[J]. 计算机应用与软件, 2020, 37(7): 324 – 328.
- [18] 葛文杰, 赵春江. 农业物联网研究与应用现状及发展对策研究[J]. 农业机械学报, 2014, 45(7): 222 – 230, 277.
- [19] 陈光晓, 陈辉, 问静波, 等. 基于物联网的农产品质量监管与溯源系统设计[J]. 计算机技术与发展, 2023, 33(1): 27 – 33, 73.
- [20] 张雅倩, 刘江平, 陈晨. 应用 Hyperledger Fabric 和物联网技术的农产品溯源系统设计[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2022, 42(6): 12 – 23.
- [21] 任守纲, 徐焕良, 黎安, 等. 基于 RFID/GIS 物联网的肉品跟踪及追溯系统设计[J]. 农业工程学报, 2010, 26(10): 229 – 235.
- [22] 杨武川, 钟依柔, 揣志增, 等. 基于区块链 + RFID 技术蔬菜溯源系统的研究: 以吉林市为例[J]. 南方农机, 2021, 52(24): 26 – 28.
- [23] 王昆. 基于激光标签的农产品追溯系统设计[J]. 激光杂志, 2019, 40(8): 159 – 163.
- [24] 马腾, 孙传恒, 李文勇, 等. 基于 NB - IoT 的农产品原产地可信溯源系统设计[J]. 中国农业科技导报, 2019, 21(12): 58 – 67.
- [25] 汪强, 郑光, 席磊, 等. 基于 F2C 模式的农产品可视化溯源体系研究[J]. 河南农业大学学报, 2023, 57(4): 667 – 676, 704.
- [26] 钱秦月, 光静奕, 邵心怡, 等. 数字乡村建设中农产品可溯化的现状分析与相关建议: 以江苏省为例[J]. 商展经济, 2022(9): 27 – 32.
- [27] 张举. 大数据在农产品电商平台创新运用研究[J]. 商业经济研究, 2019(9): 84 – 87.
- [28] Lee H, Yeon C. Blockchain - based traceability for anti - counterfeit in cross - border e - commerce transactions [J]. Sustainability, 2021, 13(19): 11057.
- [29] 黄毅英. 面向东南亚的跨境电商农产品可追溯性对消费者复购意愿的影响: 基于原产地的调节作用[J]. 现代商业, 2022(36): 52 – 55.
- [30] 赵丙奇, 章合杰. 数字农产品追溯体系的运行机理和实施模式研究[J]. 农业经济问题, 2021, 42(8): 52 – 62.
- [31] 孙传恒, 魏玉冉, 邢斌, 等. 基于智能合约和数字签名的马铃薯种薯防窜溯源研究[J]. 农业机械学报, 2023, 54(7): 392 – 403.
- [32] 张学旺, 林金朝, 黎志鸿, 等. 基于新型公平盲签名和属性基加密的食用农产品溯源方案[J]. 电子与信息学报, 2023, 45(3): 836 – 846.
- [33] 景旭, 秦源泽. 面向猕猴桃质量溯源的联盟链跨组织链上合同交易机制[J]. 农业机械学报, 2022, 53(5): 282 – 290.
- [34] 郑琪, 范体军, 胡斌, 等. 前置仓模式下的生鲜农产品供应链追溯技术投资决策研究[J]. 管理工程学报, 2023, 37(4): 165 – 178.
- [35] 韩杨, 陈建先, 李成贵. 中国食品追溯体系纵向协作形式及影响因素分析: 以蔬菜加工企业为例[J]. 中国农村经济, 2011(12): 54 – 67.
- [36] 冯一川. 基于区块链的农产品电商质量安全管控研究[J]. 现代食品, 2022, 28(19): 122 – 124, 149.
- [37] 孙传恒, 万宇平, 罗娜, 等. 面向追溯主体的果蔬全供应链区块链多链模型研究[J]. 农业机械学报, 2023, 54(4): 416 – 427.
- [38] 修文彦, 田岩. 对推行农产品质量安全追溯体系的思考: 基于相关主体分析[J]. 农业经济, 2022(2): 22 – 24.
- [39] Wong L W, Leong L Y, Hew J J, et al. Time to seize the digital evolution: adoption of blockchain in operations and supply chain management among Malaysian SMEs [J]. International Journal of Information Management, 2020, 52: 101997.
- [40] 韩珍珍, 王程, 杨文焕, 等. 基于区块链的藜麦溯源系统应用研究[J]. 河北省科学院学报, 2021, 38(1): 74 – 77, 89.
- [41] 殷文杰, 都牧, 贾凯文, 等. 基于区块链的野生农产品溯源系统[J]. 电子科技大学学报(社科版), 2022, 24(5): 88 – 98.
- [42] 杨萌. 农产品供应链质量安全溯源体系的构建: 以紫阳县富硒茶为例[J]. 辽宁农业科学, 2021(3): 33 – 36.
- [43] 李旭东, 杨千河, 姚竞发, 等. 基于区块链的农产品溯源技术研究综述[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(6): 16 – 24.
- [44] 庞超, 何东健, 李长悦, 等. 基于 RFID 与 WSN 的奶牛养殖溯源信息采集与传输方法[J]. 农业工程学报, 2011, 27(9): 147 – 152.
- [45] 任守纲, 徐焕良, 黎安, 等. 基于 RFID/GIS 物联网的肉品跟踪及追溯系统设计[J]. 农业工程学报, 2010, 26(10): 229 – 235.
- [46] Bumblauskas D, Mann A, Dugan B, et al. A blockchain use case in food distribution: do you know where your food has been? [J]. International Journal of Information Management, 2020, 52: 102008.
- [47] 刘应, 范洪博, 马首群, 等. 基于区块链的生鲜奶供应链可信追溯系统方案[J]. 电信科学, 2021, 37(5): 148 – 159.
- [48] 冯国富, 胡俊辉, 陈明. 基于区块链的水产品交易溯源系统研究与实现[J]. 渔业现代化, 2022, 49(1): 44 – 51.
- [49] Zhang Y, Liu Y, Jiong Z, et al. Development and assessment of blockchain - IoT - based traceability system for frozen aquatic product [J]. Journal of Food Process Engineering, 2021, 44(5): e13669.
- [50] 李梦琪, 杨信廷, 徐大明, 等. 基于主从多链的水产品区块链溯源信息管理系统设计与实现[J]. 渔业现代化, 2021, 48(3): 80 – 89.
- [51] 赵海军, 王伟, 王紫娟, 等. 区块链在湛江进口水产品溯源的应用探索研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(19): 7831 – 7839.
- [52] 吕婧娴, 操晓春, 杨培. 基于区块链和人脸识别的双因子身份认证模型[J]. 应用科学学报, 2019, 37(2): 164 – 178.