

基于区块链技术的农产品质量溯源系统

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2020.06.011

王仕栋¹ 孙建明¹
李昭¹ 李炜颖²

1. 河南科技大学
包装工程系
河南 洛阳 471023
2. 机械工业第六设计研究院
有限公司
河南 郑州 450000

摘要:为实现农产品信息追溯,增强消费者对于农产品行业的信心,设计基于区块链的农产品质量溯源系统。系统主要包括供应链数据模块与反馈追责模块,前者主要解决农产品在产、运、销阶段的责任划分问题,通过传感器实时监控农产品性状,将不安全食品阻隔在终端消费之前;后者主要解决消费者维权、有关部门追责及产品召回问题,以降低消费者维权成本,提高消费者反馈效率,保证消费者的合法权益。基于区块链技术的农产品质量安全溯源系统可有效进行农产品质量信息溯源,对于解决食品安全问题有良好的效果。

关键词:农产品;区块链;质量溯源;食品安全

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2020)06-0080-06

引文格式: 王仕栋,孙建明,李昭,等.基于区块链技术的农产品质量溯源系统[J].包装学报,2020,12(6):80-85.

近年来,“毒生姜”“毒豆芽”“僵尸肉”等“毒”农产品安全事件时有发生。农产品安全关系到消费者的切身利益,也是社会稳定的重要基石。在农产品生产过程中,农药、化肥、激素等化学品的滥用使农产品中有毒药物的残留超标,这严重危害消费者的身体健康,使消费者对农产品行业的信任也不断地被侵蚀。实现农产品质量溯源是解决这一问题的有效途径^[1]。农产品质量溯源是利用信息化、智能化等技术,对农产品到达消费者餐桌前的全环节信息进行保真、不间断记录存储,以便于出现质量问题时原因可查清、责任可追究、产品可召回^[2]。区块链技术具有去中心化结构、分布式存储、非对称加密等优点,将其应用于农产品质量追溯体系中可以有效保证产品溯源信息的真实性^[3]。因此,本课题组拟构建基于区块

链技术的农产品质量溯源系统。

1 农产品质量溯源系统和区块链技术介绍

农产品具有种类多、区域广、流通层次多、时效性强等特点^[4],加之农产品加工企业众多,且企业规模相差较大,从业人员的素质参差不齐,导致农产品质量溯源数据存在流通不畅、无法保真、收集整理困难等问题。因此,在繁杂的市场环境下如何实现农产品质量溯源是设计农产品质量溯源系统的关键。

1.1 农产品质量溯源系统现状

目前我国部分地区采用的农产品质量溯源方式是粗犷的、碎片的、信息不完整的。现有的农产品质

收稿日期: 2020-07-11

基金项目: 陕西省印刷包装工程重点实验室开放课题资金资助项目(2017KFKT-01)

作者简介: 王仕栋(1995-),男,甘肃白银人,河南科技大学硕士生,主要研究方向为包装系统设计,
E-mail: 719649079@qq.com

通信作者: 孙建明(1978-),男,山东广饶人,河南科技大学副教授,博士,主要从事智能包装系统开发、食品保鲜包装、活性包装等方面的研究, E-mail: sunjianming@haust.edu.cn

量溯源系统是以中心化的数据库为基础, 其流程如图 1 所示。中心化数据存储系统, 易出现数据外泄或丢失的情况; 农产品生产、加工、物流运输、分销等环节的数据主要依靠人为上传, 易出现选择性上传的情况, 数据无法保真; 传统的溯源过程中责任主体较难划分, 消费者参与度低, 农产品出现质量问题后, 溯源过程繁琐, 成本高, 监管困难。另外, 由于各地区溯源体系差异较大, 标准化不足, 信息获取及流动力较弱, 因而数据对接困难、无法有效共享。

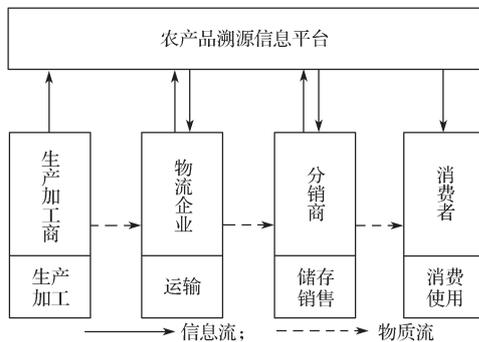


图 1 现阶段农产品质量溯源流程

Fig. 1 Traceability process of agricultural product quality at present

1.2 系统需求

构建农产品质量溯源系统的目的是保护消费者“菜篮子”, 重塑消费者对农产品行业的信心, 提高农产品质量。因此, 溯源系统需满足以下要求:

1) 可靠性。溯源系统能在规定的条件和时间内有效完成数据搜集、上传、核验等工作, 数据应保持真实可靠性。

2) 先进性。溯源系统应加强传感器、射频识别、路径规划等先进技术在流通仓储环节中的应用, 尽量消除或减弱人为操作对于信息安全及产品流通环节的影响。

3) 适用性。溯源系统需依据农产品特点进行设计, 保证其工作的适应性。

4) 便捷性。溯源系统的操作单元、操作界面应通俗易懂, 便于不同人员使用。

1.3 区块链技术

区块链是利用密码学、共识机制、智能合约等技术共同实现的多方可信、不可篡改、可追溯的分布式电子账本^[5], 其可以帮助缺乏信任的双方完成交易。链上每一个节点均拥有记账权, 且“公共账本”由链上所有人共享, 共识机制使得篡改数据成为了不可能。区块链采用了 Merkle 信任树结构, 每一个区

块都会有一个 Merkle 树, 每一个叶子节点都是一个交易哈希^[6]。叶子节点的数目均是双数, 若一个区块内的交易数目为单数, 则将最后一个节点复制凑成双数, 如图 2 所示。若二叉树结构中某个节点哈希值发生变动, 则根节点哈希值也会变化, 数据篡改痕迹将暴露无疑。因此, 一个交易哈希、一个树根哈希和一个 Merkle 路径即可验证是否包含某一笔交易。

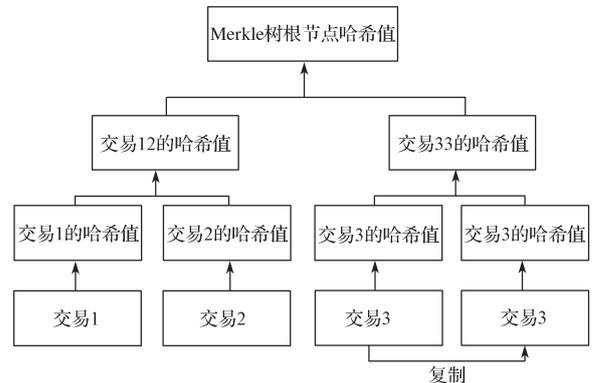


图 2 序列化交易记录

Fig. 2 Serialized transaction record

1.3.1 区块链优势

1) 去中心化。当前溯源系统的信息流动较为依赖中心, 系统内的所有信息都需要传送至中心保管, 使用时再由中心发送出去, 此模式不仅成本高, 而且极易遭受攻击, 丢失信息。而区块链采用去中心化, 所有节点都可以被视为中心, 当某一个节点遭受攻击时并不会影响整个系统的正常运行, 数据也不会丢失, 这是区块链技术最大的优势^[7]。

2) 数据不可篡改和自治性。由于系统层独特的算法, 区块链的各个节点信息是真实可靠的, 人为无法篡改数据。

3) 垃圾信息拦截。随着用户的逐渐增多, 垃圾信息已经充斥了互联网。当前处理垃圾信息的方式主要靠管理员及自动处理程序, 其效率极低, 且易出现误判。区块链中有一项重要技术——哈希算法, 其将字符转化为固定长度的代码, 并将长串数字转化为短的且不可逆转的散列数据, 且该散列数据易于检查。哈希算法通过增加工作量提高发送垃圾邮件成本, 以解决垃圾邮件问题。

4) 匿名性。每个区块节点的身份都是一条密钥, 且只有本人知道, 即使密钥被认出, 也不会影响其匿名性。

1.3.2 区块链选择

根据参与者的准入机制, 区块链主要分为 3 类:

公有链、联盟链、私有链，其特点如表1所示。考虑农产品质量溯源系统的参与者数量及信息安全要求，采用联盟链作为系统构建基础。联盟链能保证不同组织间的信任交流，去中心化程度适中，各个节点各司其职，均进行记账工作，效率较高且能耗较少^[8]。

表1 区块链3种类型

Table 1 Three types of blockchain

名称	参与者	去中心化程度	奖励机制	响应速度	系统能耗
公有链	任何人	高	有	最慢	最高
联盟链	联盟成员	适中	无	较快	较少
私有链	组织内部	弱	无	最快	最少

2 农产品质量溯源系统方案设计

农产品质量溯源的关键是实现农产品的生产、加工、物流等信息保真、实时流动，为供应链企业及终端消费者提供全面且可靠的农产品溯源保障。基于区块链技术的农产品质量溯源系统架构如图3所示。根据传统的农产品流通环节，农产品质量溯源系统的节点设有生产商、加工商、物流分销商、消费者、监管机构，各节点各司其职，保证信息实时上传及流动。

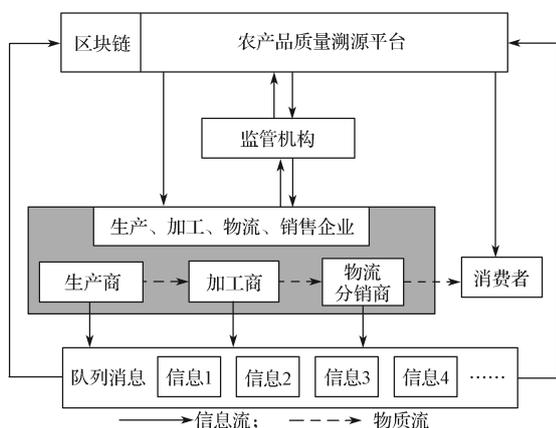


图3 基于区块链的农产品质量溯源系统架构

Fig. 3 Framework of agricultural product quality traceability system based on blockchain

2.1 系统工作流程

系统工作流程主要包括企业资质审核、生产加工和物流分销信息复核上传，以及产品出现质量问题后消费者维权、有关部门追责等。

1) 企业资质审核主要包括审核企业资质、车辆信息、从业人员健康证、检疫合格证等材料，且不定期进行农产品质量抽检。资质审核通过后，企业纳入供应链企业名录。

2) 生产加工信息复核上传。从业人员上传农产

品信息，系统检查合格后上链记录，并赋予农产品唯一且可查询的编码，完成农产品初步信息建档，随后上传农药使用情况、产品质量等级、品质性状、畜禽养殖等信息。监管部门以私钥方式对上述信息进行审查，以确保信息的准确性，最后生成二维码供消费者溯源。

3) 物流分销信息复核上传。运用5G通信技术、配送路径实时规划技术、传感器技术构建智能物流，可提高配送效率，保障农产品品质。农产品品质的变化会导致物流容器内的气氛变化，同时大气中温湿度的变化也会对农产品品质造成极大的影响^[9]。故农产品配送过程中，利用气体检测传感器（主要监测O₂、CO₂成分）和温湿度传感器监测农产品品质，同时通过5G通信技术，实时上传农产品信息。

4) 终端销售。消费者购买农产品时，通过扫描二维码可以获取农产品信息，同时可以进行商品反馈。当出现较多不良反馈时，有关部门启动产品问责机制并及时、快速召回相关产品，以保障消费者的合法权利。

2.2 系统功能模块设计

基于区块链技术的农产品质量溯源系统主要分为两个模块，供应链数据模块和反馈追责模块，如图4所示。供应链数据模块主要包括供应链企业的产品信息上传、数据处理、责任划分等功能。反馈追责模块包括维权、追责功能，监管部门负责召回商品、向企业追责。

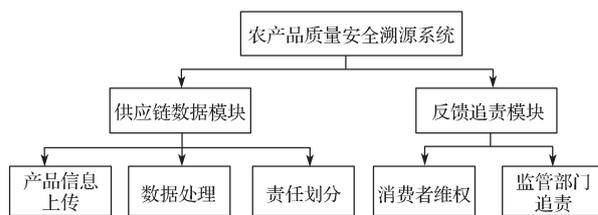


图4 基于区块链的农产品质量溯源系统功能设计

Fig. 4 Function design of agricultural product quality traceability system based on blockchain

2.2.1 供应链数据模块

在农产品的生产及流通环节中参与部门、从业人员为产品质量责任人。根据“向前一步，向后一步”的农产品质量溯源原则^[10]，理论上生产流通的各个环节可实现溯源。本课题组以区块链技术为重点，结合5G通信技术、射频识别技术（radio frequency identification, RFID）及传感器技术，构建农产品质量安全体系。基于联盟链，农产品加工、生产、流通

环节的参与者均可使用密钥加入区块链, 形成整个数据链条, 如图 5 所示。

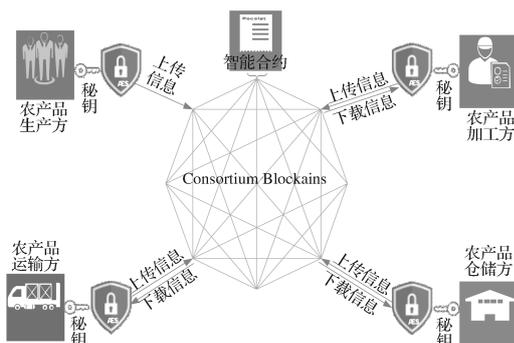


图 5 基于联盟链的农产品质量数据流动模块图

Fig. 5 Module diagram of agricultural product quality data flow based on alliance chain

1) 上传信息

生产加工方上传的信息经审核后上链。物流、仓储、销售环节通过数据采集设备对农产品物流全过程实时进行数据采集, 数据上传信息类型由农产品特性确定, 如表 2 所示。

表 2 上传信息

Table 2 Upload information

信息类型	上传内容	上传手段
生产环节	农药、化肥、饲料、检疫等信息, 如品牌、用量、生产批次、型号等	进驻人员监督上传
物流环节	实时监控物流环节中的各种信息, 如批次、位置、运输路径、车辆编码、驾驶员信息等	RFID、北斗定位系统
气氛、温湿度	实时监测农产品流通领域中容器的气氛及环境温湿度	O ₂ /CO ₂ 及温湿度传感器

信息的收集与上传主要依赖于 RFID、传感器及 5G 通信技术。将标签贴至转运容器或产品集合包装上, 写入产品编码及产品性状, 以构建 RFID 数据库^[11]。同时在运输工具及转运容器上加装 O₂/CO₂ 传感器、温湿度传感器及北斗定位系统^[12], 对容器内气氛及环境温湿度、车辆路径等进行实时监控。北斗定位系统可基于大数据对于运输车辆进行实时路径规划, 以保证运输时效性。以上数据均生成报告, 并通过 5G 通信技术实时上传区块链, 这既保障整个溯源环节信息的真实性, 又为农产品质量溯源系统的信息安全奠定基础。

2) 数据处理

农产品生产商将生产信息上传至数据中心后, 系统核查信息, 若信息无误, 则上传区块链记录。物流、

仓储、分销环节中, 气氛、温湿度、车辆路径等信息被上传至数据中心后^[13], 系统核验信息、分析反馈, 若信息无误, 则上链记录。若数据异常, 则人工核验; 若不符合标准, 则报废处理。系统数据处理流程如图 6 所示。

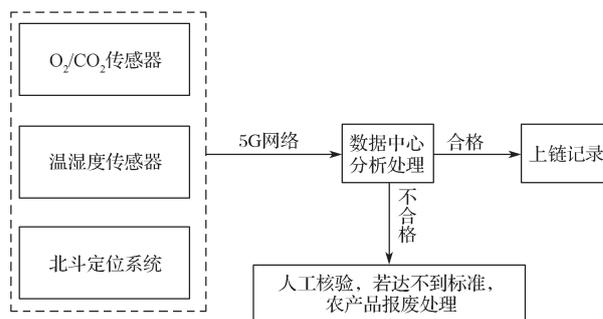


图 6 数据处理流程图

Fig. 6 Working framework of data system

3) 数据溯源

数据溯源是在加工、物流、分销环节中划分责任。农产品进入某一流通环节时, 企业先接收农产品, 再通过私钥方式下载前一环节的农产品数据, 并与农产品进行数据比对。若二者数据一致, 则进行正常流通操作, 反之生成报告, 上链记录, 并暂扣该批产品, 等待处理, 以确保将不合格农产品截留在终端消费之前。

2.2.2 反馈追责模块

一方面, 农产品质量溯源离不开监管机构的监督管理; 另一方面, 消费者在维权中, 往往处于弱势地位。故在反馈追责模块引入监管机构, 监管机构通过私钥方式下载消费者上传的消费报告, 便于为消费者维权, 当某一批次的农产品质量问题投诉较少, 则进行普通消费者维权处理, 当某一批次的农产品质量问题投诉较多, 则进行信息核实, 通过数据链定责, 追究相关企业责任, 同时由平台统一进行产品召回。反馈追责流程如图 7 所示。

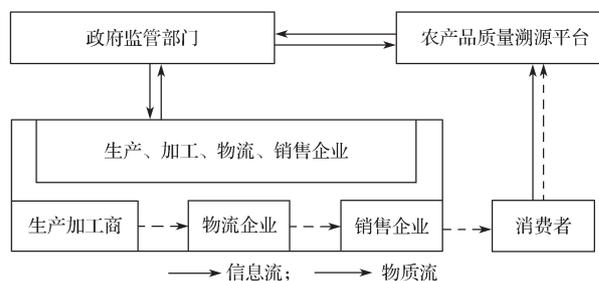


图 7 消费者反馈追责模块

Fig. 7 Consumer feedback accountability module

消费者购买农产品后,扫描产品二维码,获取产品溯源信息。若产品信息与观感性状不一致,则消费者可投诉维权。系统收到投诉后,先由系统客服人员进行处理,若消费者对于处理结果不满意,可生成投诉报告并上链,等待有关部门进行处理。

2.3 系统可行性分析

1) 技术可行性

作为近几年最火热的技术之一,区块链技术已成功应用于金融、供应链管理、国际物流运输、智能装备制造等领域。在农产品溯源流程中,区块链技术为信息安全提供了强有力保障,可以最大程度地杜绝传统农产品溯源系统中存在的信息造假问题,重塑消费者的信心。同时 RFID、5G 通信、传感器、路径规划等技术均已具有较为成熟的商业方案,故在技术层面,农产品质量溯源系统的开发风险较低,其具有较好的市场可行性。

2) 成本可行性

本系统所涉及的传感器、数据标签、转运容器等均可循环回收利用。以传感器为例,其可循环使用多次,均摊成本较低。且传感器、数据标签、转运容器等均具有较好的兼容性,可替换,这极大地降低了系统运行成本。

3) 政策可行性

2007年中央一号文件提出“加快完善农产品质量安全标准体系,建立农产品质量可追溯制度。”2017年6月,四川、广东、山东三省开始试运行国家农产品质量安全溯源平台。2018年为我国“农业质量年”,国家质量兴农战略的工作重点是完善绿色农业标准体系、增加绿色优质农产品供给、加强农产品质量安全执法监管等。与此同时,为加快农业现代化建设,国家先后出台了《关于促进大数据发展行动纲要》《关于促进农村电子商务加快发展的指导意见》《农业部关于推进农业农村大数据发展的实施意见》《农业农村大数据试点方案》等文件和政策,积极推动大数据在农业生产、经营、管理和服务等方面的应用。随着农业大数据基础设施建设的逐步完善,我国在实时获取农业信息方面的能力不断增强,建立基于大数据的农产品质量溯源体系能为农业现代化发展提供坚实基础。

3 结语

食品安全乃民生大事。近几年,食品安全问题成

为全社会关注的热点问题。本文以农产品信息安全为切入点,设计农产品质量溯源系统,将传统溯源系统使用的 RFID 标签及传感器技术与新兴区块链技术相结合,构建基于区块链、大数据的农产品质量溯源平台。本系统能对全产业链的农产品质量进行监测和溯源,为消费者提供可靠且安全的农产品。本系统可拓展到汽车零配件、精密设备等行业的质量溯源中。

参考文献:

- [1] 尹佑松. 基于区块链的农产品溯源系统的设计与实现[D]. 南昌: 华东交通大学, 2019.
YIN Yousong. Design and Implementation of Agricultural Products Traceability System Based on Blockchain[D]. Nanchang: East China Jiaotong University, 2019.
- [2] 全新顺, 吴宜. 食品安全的可追溯系统研究综述[J]. 物流工程与管理, 2010, 32(1): 126-128, 138.
TONG Xinshun, WU Yi. Overview of Food Safety Traceability System[J]. Logistics Engineering and Management, 2010, 32(1): 126-128, 138.
- [3] 段华伟. 区块链背景下智能包装产业新模式[J]. 湖南工业大学学报(社会科学版), 2020, 25(2): 51-58.
DUAN Huawei. The New Model of Intelligent Packaging Industry in the Context of Blockchain[J]. Journal of Hunan University of Technology (Social Science Edition), 2020, 25(2): 51-58.
- [4] 刘家新. 国农产品物流模式的发展困境与对策研究[J]. 冶金管理, 2020(11): 166-167.
LIU Jiabin. Study on the Development Dilemma and Countermeasures of China's Agricultural Product Logistics Model[J]. China Steel Focus, 2020(11): 166-167.
- [5] 李孟婷. 生鲜农产品温控供应链物流质量管控机制研究[J]. 中国储运, 2019(10): 148-150.
LI Mengting. Research on Logistics Quality Control Mechanism of Temperature Control Supply Chain of Fresh Agricultural Products[J]. China Storage & Transport, 2019(10): 148-150.
- [6] JIANG Z Y. Research and Design of Electronic Evidence Preservation Platform Based on Block Chain and Merkle Tree[C]//Proceedings of the 2018 International Conference on Transportation & Logistics, Information & Communication, Smart City (TLICSC 2018). Paris: Atlantis Press, 2018: 386-392.
- [7] 于泽伟. 基于区块链的农产品追溯系统设计与实现[D]. 大连: 大连理工大学, 2019.
YU Zewei. Design and Implementation of Agricultural

- Product Traceability System Based on Blockchain[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2019.
- [8] 刘亦琛. 基于区块链的供应链信息平台的设计与实现 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2019.
- LIU Yichen. Design and Implementation of Information Platform for Supply Chain Based on Blockchain[D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2019.
- [9] 袁 勇, 王飞跃. 区块链技术发展现状与展望 [J]. 自动化学报, 2016, 42(4): 481-494.
- YUAN Yong, WANG Feiyue. Blockchain: The State of the Art and Future Trends[J]. Acta Automatica Sinica, 2016, 42(4): 481-494.
- [10] 吕芙蓉, 陈 莎. 基于区块链技术构建我国农产品质量安全追溯体系的研究 [J]. 农村金融研究, 2016(12): 22-26.
- LÜ Furong, CHEN Sha. Research on Constructing Traceability System of Agricultural Products Quality and Safety in China Based on Blockchain Technology[J]. Rural Finance Research, 2016(12): 22-26.
- [11] 张 军, 梅仲豪. 基于物联网技术的物流包装及其应用研究 [J]. 包装工程, 2014, 35(17): 135-139.
- ZHANG Jun, MEI Zhonghao. Logistics Packaging and Application Based on the Internet of Things Technology[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(17): 135-139.
- [12] 陈克复, 陈广学. 智能包装: 发展现状、关键技术及应用前景 [J]. 包装学报, 2019, 11(1): 1-17, 105.
- CHEN Kefu, CHEN Guangxue. Intelligent Packaging: Development Status, Key Technologies and Application Prospects[J]. Packaging Journal, 2019, 11(1): 1-17, 105.
- [13] 秦琳琳, 陆林箭, 石 春, 等. 基于物联网的温室智能监控系统设计 [J]. 农业机械学报, 2015, 46(3): 261-267.
- QIN Linlin, LU Linjian, SHI Chun, et al. Implementation of IOT-Based Greenhouse Intelligent Monitoring System[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(3): 261-267.

(责任编辑: 邓 彬)

Agricultural Product Quality Traceability System Based on Blockchain Technology

WANG Shidong¹, SUN Jianming¹, LI Zhao¹, LI Wenying²

(1. Henan University of Science and Technology, Luoyang Henan 471023, China;

2. Machinery Industry No.6 Design and Research Institute Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China)

Abstract: In order to realize the information traceability of agricultural products and enhance consumers' confidence in the agricultural product industry, a quality traceability system of agricultural products based on blockchain is designed. The system mainly includes the supply chain data module and the feedback accountability module. The former mainly solves the problem of responsibility division of agricultural products in the production, transportation and marketing stages by monitoring the properties of agricultural products through sensors in real time, and blocking the unsafe food before the terminal consumption, while the latter mainly solves the problems of consumer right protection, accountability of relevant departments and product recall, so as to reduce the cost of consumer right protection and improve the consumer feedback efficiency, to ensure the legitimate rights and interests of consumers. The quality and safety traceability system of agricultural products based on blockchain technology can effectively trace the quality information of agricultural products, and has good effects on solving food safety problems.

Keywords: agricultural products; blockchain; quality traceability; food security

《包装学报》入选“RCCSE 中国核心学术期刊”

近日,《中国学术期刊评价研究报告》(第6版)(以下简称《报告》)正式发布,《包装学报》被评为“RCCSE 中国核心学术期刊(A-)”。

《报告》由杭州电子科技大学中国科教评价研究院、武汉大学中国科学评价研究中心、中国科教评价网研制和发布,是国内主流的七大期刊评价体系之一,于2009年3月正式推出第1版,现已有2000多家出版机构和800多个科研管理部门将《报告》的评价结果作为办刊质量评估和科研成果统计的重要参考工具。

学报取得今天的成就,是与校党委的正确领导、校内外广大专家学者的大力支持、学报编辑部全体同志的共同努力分不开的。这一成绩的取得,也反映了期刊界、学界对学报办刊理念和学术质量的充分认可。

在新的起点,学报将继续加大栏目策划力度,深入追踪研究热点,搭建更高水平、更为广阔的学术平台。同时热忱欢迎专家、学者踊跃投稿。

《包装学报》荣获“2020年度中国高校优秀科技期刊”称号

近日,中国高校科技期刊研究会公布了“2020年度中国高校杰出·百佳·优秀科技期刊”遴选结果,《包装学报》荣获“2020年度中国高校优秀科技期刊”称号。

“中国高校杰出·百佳·优秀科技期刊”由中国高校科技期刊研究会组织评选,每两年评定一次。此次评选是根据北大核心数据、CSCD数据、科技核心数据、知网学术评价数据等第三方客观数据,经过加权计算,从中国高校科技期刊研究会1000多家单位会员(期刊)中遴选出来。