

基于区块链的食品冷链质量安全信息平台构建

唐衍军^{1,2}, 许雯宏¹, 李海洲¹, 周小刚¹

(1.华东交通大学, 南昌 330013; 2.泰豪科技股份有限公司博士后科研工作站, 南昌 330013)

摘要: **目的** 研究区块链技术在食品安全领域, 尤其是在生鲜食品冷链物流质量安全监测中的具体应用, 以加强食品质量安全, 提高食品冷链供应链效益。**方法** 分析生鲜食品冷链物流质量安全管理中的薄弱环节, 论证区块链技术的食品冷链质量安全监测适用性基础上, 以区块链为底层技术构建食品冷链质量安全信息平台, 研究区块链技术的创新应用对食品冷链质量安全管理提升效果。**结果** 应用区块链技术构建了数据统一、运营高效的生鲜食品冷链质量安全信息平台, 对食品质量安全信息进行了实时采集, 实现了质量安全风险即时预警、质量安全问题有效溯源, 有助于重塑食品质量安全生态系统。**结论** 区块链作为分布式账本、数字签名、溯源存证等一系列核心技术的组合, 基于区块链技术创建食品冷链质量安全信息平台, 能够强化微生物污染监测、缩短食品冷链在途时间, 并使质量安全问题得到有效追溯, 对于加强食品质量安全、促进生鲜食品供应链优化有重要意义。

关键词: 区块链; 食品安全; 生鲜食品; 冷链; 信息技术

中图分类号: TS201 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)11-0039-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.11.006

Construction of Food Cold Chain Quality and Safety Information Platform Based on Blockchain Technology

TANG Yan-jun^{1,2}, XU Wen-hong¹, LI Hai-zhou¹, ZHOU Xiao-gang¹

(1.East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China; 2.Postdoctoral Workstation of Tellhow Sci-Tech Co., Ltd., Nanchang 330013, China)

ABSTRACT: This paper studies the specific application of blockchain technology in the field of food safety, especially in the quality and safety monitoring of fresh food cold chain logistics, so as to strengthen food quality and safety management and improve the efficiency of food cold chain supply chain. This paper analyzes the weak links of fresh food cold chain logistics quality and safety management, demonstrates the applicability of block chain technology in food cold chain quality and safety monitoring, builds a food cold chain quality and safety information platform with block chain as the underlying technology, and studies the promotion effect of innovative application of block chain technology on food cold chain quality and safety management. The application of blockchain technology to build a fresh food cold chain quality and safety information platform with unified data, efficient operation, real-time collection of food quality and safety information, real-time early warning of quality and safety risks, effective traceability of quality and safety problems, help to reshape the food quality and safety ecosystem. The food cold chain quality and safety information platform based on blockchain technology, a combination of a series of core technologies, such as distributed ledger, digital

收稿日期: 2021-01-12

基金项目: 国家自然科学基金(71863007); 江西省博士后科研择优资助项目(赣人社字〔2020〕321号)

作者简介: 唐衍军(1978—), 男, 博士, 华东交通大学副教授, 主要研究方向为区块链、农业经济。

signature, and traceability, can strengthen microbial contamination monitoring, shorten the travel time of food cold chain, and effectively track and trace the source of quality and safety problems. It is of great significance to strengthen food quality and safety management and promote the optimization of fresh food supply chain.

KEY WORDS: blockchain; food safety; fresh food; cold chain; information technology

食品安全是民生重中之重^[1]。产生食品安全问题的根本原因,在于信息不对称导致的逆向选择和道德风险^[2]。依托新技术构建现代冷链物流信息共享平台,实现食品冷链各环节质量安全问题的实时监控与及时预警,意义非常重要^[3]。当前冷链物流信息系统大都采用中心化的解决方案,出现了一系列信任问题^[4]。区块链具有去中心化、信息透明、数据不可篡改等特性^[5],为食品供应链管理提供了一种去中心化整合资源、消除信息不对称的解决方案^[6]。区块链在连通农产品与食品供应链、推动食品供应链优化、实现食品溯源、提高食品安全水平等方面的作用正引起学术界的广泛关注^[7-10]。2019年5月9日,中共中央、国务院发布《关于深化改革加强食品安全工作的意见》,提出建立基于大数据分析的食品安全信息平台,推进大数据、云计算、物联网、人工智能、区块链等技术在食品安全监管领域的应用。文中以食品冷链质量安全管理薄弱环节分析为基础,论证区块链应用于食品冷链质量安全监测的技术优势,并对区块链技术下的食品冷链质量安全信息平台及其运作机制进行阐述。

1 食品冷链质量安全管理薄弱环节

经营生鲜食品必须采用冷链系统,且应保证冷链各环节紧紧相扣^[11]。随着食品流通中冷链运输方式需求的不断扩大,冷链物流质量安全管理中的一些问题更加凸显。

1.1 包装破损导致交叉污染

水果、蔬菜、肉类等生鲜食品是参与冷链运输的主体^[12],若与其他物品混装运输和配送,容易导致包装破损、食品污染等^[13]。市面上现存不少小型冷链物流公司,因运输车辆价格较为高昂而使用同一运输车辆运送不同种类的货物。不同类型的食品及食材混合装载,若存在包装物强度不够或被物理损毁等情况时,会引起外物混入,甚至造成细菌微生物在不同产品之间交叉污染,容易酿成严重质量安全事故。包装破损后容器器具及包装物上细菌病毒的侵入,也是食品被二次污染、引发消费环节质量安全事故的一个源头。如美国在2020年5月发生一起因食用冷链金针菇而发生的感染李斯特菌事件。该事件一共造成30多人感染,其中有4人死亡,并有2名孕妇因病菌感染而造成流产。

1.2 冷链断链造成食品腐烂

温度是影响生鲜果蔬采后品质和货架期的关键因子^[14],冷链运输或储存温湿度不适宜、包装材料不标准等,都可能导致产品质量受损^[15]。当前国内冷链物流企业多数通过租用第三方冷库来储存货物,双方合作过程中缺少一站式的信息沟通媒介,冷链运输与低温仓储之间衔接不顺畅。我国冷链基础设施设备技术含量低,产地缺乏冷处理相关设施,造成冷链中断^[16]。部分冷链运输商在物流环节“能省则省”,运输途中将制冷机关闭,快到目的地时再打开,是造成冷链中断的另外一个因素。冷链断链使得生鲜食品长时间暴露在温湿度不适宜的环境下。果蔬和水产品等易腐食品在常温下不仅鲜度下降很快,而且腐败变质也更加迅速^[17]。腐烂变质的食品会产生黄曲霉素、亚硝酸盐等有毒有害物质,流入终端消费市场会诱发严重的质量安全事故。

1.3 质量安全问题难以追踪溯源

生鲜食品在物流配送环节最容易出质量安全问题^[18]。当前我国食品冷链基础设施建设落后^[19],生产商、分销商、物流企业及冷库之间,缺乏信息共享的平台和机制,不能有效保障生鲜食品质量安全。冷链物流行业整体的信息化水平较低,大大影响了生鲜食品在途质量监管的准确性和及时性。现有食品质量追溯系统往往将数据存储在中心化的数据库中^[20],这种集中式数据存储方式会带来两方面的问题,一是数据篡改问题;二是遭受黑客攻击或存储介质损坏时,数据资料可能损坏。此外,现有食品质量监管与溯源系统通常针对特定品种在较窄范围内进行质量追溯^[21],消费者不能查询到完整的质量安全信息,发生质量安全事故时问题产品也难以被有效追踪溯源。

2 区块链技术提升食品冷链质量安全的机理

区块链因其拥有分布式记账、数字签名及溯源存证等一系列核心技术,而与分布式架构的信息平台建设需求具有极高的契合度^[22]。以区块链为底层技术建设食品冷链质量安全信息平台,有助于强化微生物污染监测、缩短食品冷链物流在途时间,并助力对质量安全问题进行有效溯源。

2.1 分布式记账技术强化微生物污染监测

区块链数据库系统的本质是一个公开记账系统，整个区块链系统的运行机制都是公开的，区块链记录的信息在多个节点上均有备份。系统上的所有节点都能够通过区块链网络接口，对生鲜食品供应链上的所有相关信息进行查询。区块链上任何数据的修改和传递都需要各节点的认证，在密钥封装机制和数据封装机制的协助下完成加密过程。从种植饲养场地选择、产品加工过程到运输销售等食品生产的各环节，都以数据的形式记录到区块链中，并附上时间戳。根据区块链上的时间戳，可以确认时间，保障对产品质量信息的追踪。数据区块由整个系统中具有维护功能的节点来共同维护，生鲜食品在整个供应链中任何一个环节发生被污染的风险时，整个系统都能够收到报警信息，实现对生鲜食品冷链物流过程中微生物污染问题的实时监测。

2.2 数字签名技术缩短食品冷链在途时间

数字签名技术能够提供比手写签名或印章更多的安全保障，带来多场景模式下的便利流通^[23]。区块链采用数字签名技术使交易方在无第三方担保情况下实现互信，实现对产品质量的在途、实时监测，保障物流仓储环节的产品质量安全。数字签名规定两补的机制，一个用于签名，另一个用于验证。签名机制对物流运输中的所有车辆做数字签名，车辆类型、产品种类、车内温度等信息储存在公有链，同时以私有链的形式将签名发送到对应的仓储企业。验证机制确保仓储企业收到签名，并将空余仓位信息以唯一的代码发回至物流企业。区块链网络节点间的交易无需第三方审核，基于双方的即时签名和验证，实现物流需求与仓位之间的匹配，缩减生鲜食品冷链物流在途时间，降低因食品腐烂变质而诱发消费端质量安全事故的概率。

2.3 溯源存证技术助力质量安全问题溯源

区块链溯源存证技术实现信息流、资金流和物流等要素去中介化的自由流通^[24]，解决生鲜食品供应链上下游之间的信息不对称问题，完成食品质量与产地等信息的溯源存证工作。区块链数据库中的所有数据都能得到及时更新，基于溯源存证技术对数据和交易进行确认。数据区块由具有维护功能的节点共同维护，交易信息的真实性需要通过所有节点的共同认证，以消除数据存储系统遭受黑客攻击的系统性风险。区块链溯源存证技术为各利益相关方共建产品质量数据库提供技术支撑，质量追溯体系中的信息维护工作由各参与主体共同实施，降低个别参与主体篡改数据的概率。基于溯源存证技术构建质量安全溯源系统，能够保障系统稳定性与数据可靠性，对存在质量安全问题产品的批次、产地等信息进行有效溯源。

3 基于区块链的食品冷链质量安全信息平台构建

区块链技术促使信息技术朝着更加先进和科学的方向迈进^[25]。加快生鲜食品供应链平台化进程，不仅有助于降低生鲜食品物流成本，还能够对生鲜食品供应链体系进行优化^[26]。以下构建基于区块链的食品质量安全信息平台（图 1），为实现生鲜食品冷链物流质量安全的实时监测奠定设施基础。

3.1 质量安全信息采集模块

质量安全信息采集模块以实时数据库为依托，通过多用户多画面、远程控制设备、系统参数设置等，实现对食品冷链物流数据的实时收集。硬件方面主要采用 HMI 微控制器及传感器采集并处理数据。HMI 微控制器采用 Cortex-A8 高效能处理器，并自带即时精简内核的 LINUX 操作系统及 QTouch2.0 跨平台组态软件，通过串口连接 RS485 总线上环境传感器。通过 QTouch2.0 人机交互界面对可编程控制器进行逻辑控制，并通过传感器对冷链物流环境温湿度等数据进行即时采集。

3.2 技术资源模块

技术资源模块的硬件部分涵盖数据库服务器、WEB 服务器、接口服务器以及应用服务器等，各服务器之间采用 TTL 电平进行通信，并通过 OS, 4G/5G, Zigbee, WIFI 等现代数据传输方式进行数据传输。软件部分使用内置的 AT 指令，通过配置端口号与云端之间进行数据传输，保证数据传输的稳定性。技术资源层采用基于椭圆曲线算法的非对称加密技术，对数据传输过程进行加密，使冷链物流信息在各节点之间安全传输、防止数据被非法篡改。结构化数据在区块中哈希值、Merkle 树的形式存储，前后区块首尾相接构成相互关联的链式数据集。

3.3 质量安全实时监测模块

质量安全实时监测模块采用关系型数据库构造双模存储机制，基于 Hyperledger Fabric 技术并使用 GO 语言编写智能合约，在智能合约协议中设置数据存储标准及范围阈值。软件部分通过调用部署在区块链网络上的智能合约对数据存储与传输效果进行校验。冷链物流及交易信息即时在区块链网络中进行广播，各节点对上传数据达成共识后，再将经哈希算法转换生成的数据打包成区块保存到分布式账本中，最后在区块和数据之间呈现出——对应的映射关系，通过双模存储机制保存到关系型数据库中。

3.4 系统应用界面

为在系统应用界面形成可视化的系统操作界面，

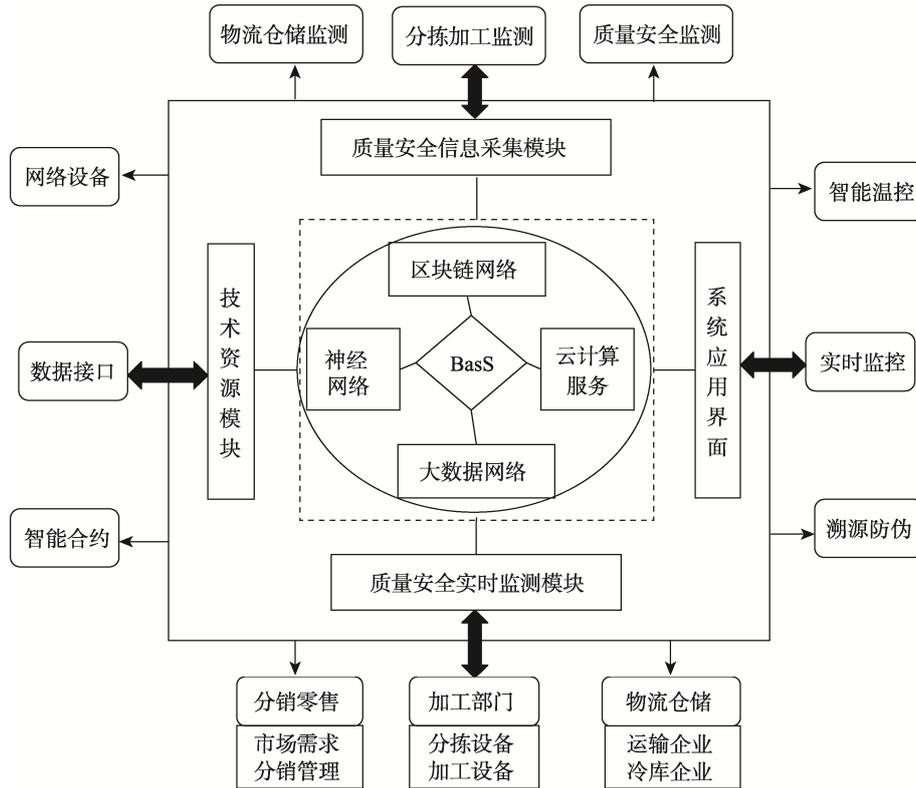


图1 基于区块链的食品质量安全信息平台

Fig.1 Food quality and safety information platform based on blockchain technology

以 Bootstrap、Query、Ajax 技术栈为基础，采用 JavaScript、Html、Css 语言进行可视化编程。通过门户网站调用后端服务器提供的 API 接口，实现用户注册、信息采集、信息查询、实时监控等各项功能。在调用用户注册信息时，区块链密钥封装机制赋予用户一个唯一的私钥。信息应用层，用户一般被授权使用私钥执行数据维护操作，同时使用公钥对数据信息进行查询。

4 “区块链+”食品冷链质量安全信息平台运作机制

基于区块链技术构建食品质量安全信息平台，对食品质量安全信息进行实时采集，在保障信息安全、数据透明的基础上实现风险预警、信息溯源，有助于重塑食品质量安全生态系统。

4.1 质量安全信息实时采集

生鲜食品冷链物流质量安全信息的实时采集工作，主要在冷链物流数据层应用新型无线射频技术（RFID）来完成。RFID 阅读器从 RFID 标签中获取无线电信号，将其转换为数字信息，然后将其发送至数据库中。生鲜食品生产环境监测主要由温湿度监测仪及微生物敏感测试仪器来完成，通过传感器和扫描设备将食品产地信息、品种规格、货号批号、生产人员

信息等输送至质量安全信息采集模块。在运输开始前开启 RFID 温度标签，可确定产品所处环境温度。带有 RFID 标签的产品通过安装在工厂或仓库关键点的 RFID 阅读器，标签就会被自动扫描和定位，产品的位置和温度信息也会在质量安全信息采集模块的数据库中自动更新。安全信息采集模块所采集的数据需通过区块链智能合约进行校验，并由通过哈希算法生成的二进制密码进行加密保护。

4.2 质量安全数据结构化存储

质量安全信息采集模块所获取的质量安全信息，需要经过数据清洗、数据转换、数据储存、数据传输等多个步骤的处理，最后在合约层形成结构化的数据信息。技术资源模块将食品质量安全数据传输到各终端节点，通过共识机制的验证后形成新的区块并增加到总区块链上。各终端节点硬件及操作系统存在差异，要求存储和传输的信息结构完整、格式统一。技术资源模块的软硬件设施可自动执行数据清洗和数据转换操作，通过神经网络、语言分析、图像和语音识别等智能化技术，将产品在途温湿度信息、车辆实时监控信息、冷链物流企业信息等半结构化、非结构化数据，转变为易于辨识和存储的结构化数据。

4.3 质量安全风险即时预警

区块链智能合约可自动执行代码设计中的原定

功能,对超出设定阈值的交易和数据自动报警,实现“代码即法律”的目标。基于智能合约编写设计面向冷链物流各相关方的数据接口,其中面向消费者的接口提供数据查询功能,面向冷链物流相关企业除查询接口外还增加了数据上传接口。智能合约为终端节点设计了统一的数据结构、阈值及自动判别机制,对包括产品种类、物流运输、仓储信息、质量信息、交易信息、环境信息等的链上数据进行自主审核。食品质量安全实时监测模块与信息采集模块之间通过神经网络技术实时通信,并实时生成并更新指令。通过设定质量特征参数变动的阈值,排除异常数据的影响并鉴别出潜在的食品质量安全风险事件。区块链技术下的网络体系依靠智能合约规则对食品质量安全风险隐患进行快速识别,并在去中心化架构下将质量安全信息向所有节点进行反馈。任意一个在线节点一旦感应到食品存储环境中的温度、湿度等参数超出设定的阈值,系统会自动对异常情况进行报警,并通过智能合约中的规则,对质量安全隐患及异常状况采取应急防范措施,降低食品质量安全风险。

4.4 质量安全信息有效追溯

应用界面为各终端节点提供了可视化的操作平台,信息采集、存储、传输与即时维护等工作可同步进行。授权操作人员根据设定的权限登录到界面,依据权限等级,执行信息录入维护或检索查询等操作。生产企业对相关产品的种植养殖信息、园区环境、水源状况、包装与溯源信息等进行维护。物流企业将产品备案、仓储运输及分装信息等实时上传至区块链,并即时查询上下游的供应与需求情况。分销商发布采购意向、询价情况以及其他交易信息,同时查询产品产地、规格、存储条件、质量状况等。零售商则可实时进行询价、发盘、接单及订单处理等操作,同时对所售产品质量情况及索赔信息进行即时维护。链上各节点之间实现数据即时互联互通,克服了传统物流信息平台普遍存在的数据壁垒等问题,确保食品质量安全信息能够有效得到追溯。在发生食品质量安全事故时,监管人员可以第一时间通过区块链溯源技术进行分析研判,使不合格批次食品及时下架及进行后续处理。区块链技术下的食品质量安全信息监测平台,由于采用了去中心化的网络体系架构,广大消费者也可以通过终端接口实时查询食品质量安全数据,并对质量安全信息进行实时反馈,在食品质量安全工作中形成群防群控的新格局。

5 结语

食品安全问题一直以来都得到全社会的广泛关注。应用现代信息技术对质量安全信息进行实时监测及风险预警,是保障食品质量安全的关键举措。基于

传统技术构建生鲜食品物流信息平台,存在数据中心化等问题,信息安全性、可靠性及可追溯性难以得到有效保障。区块链以其体系架构去中心化、交易流程透明、数据不可篡改等技术特性,与食品质量安全信息监测平台有很高的契合度。文中应用区块链分布式账本技术、数字签名技术及溯源存证技术,构建生鲜食品质量安全信息监测平台,对食品质量安全信息进行实时采集并转换成结构化数据,实现质量安全风险的即时预警及质量安全信息的有效追溯,在食品质量安全安全管理领域做出拓展性研究。

参考文献:

- [1] 刘金鹏,赵红,刘新星,等. 区块链在食品接触用塑料包装溯源系统的应用[J]. 包装工程, 2020, 41(17): 165—170.
LIU Jin-peng, ZHAO Hong, LIU Xin-xing, et al. Application of Blockchain in Traceability System of Plastic Packaging for Food Contact[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(17): 165—170.
- [2] 汪普庆,瞿翔,熊航,等. 区块链技术在食品安全管理中的应用研究[J]. 农业技术经济, 2019, 37(9): 82—90.
WAN Pu-qing, QU Xiang, XIONG hang, et al. Application of Blockchain Technology in Food Safety Management[J]. Agricultural Technology and Economy, 2019, 37(9): 82—90.
- [3] 杨玮,偶雅楠,岳婷. 基于AHPSO-SVM的农产品冷链物流质量安全预警模型[J]. 包装工程, 2018, 39(5): 71—76.
YANG Wei, OU Ya-nan, YUE Ting. Agricultural Products Cold Chain Logistics Quality and Safety Early Warning Model Based on AHPSO-SVM[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(5): 71—76.
- [4] 张森,叶剑,李国刚. 面向冷链物流的区块链技术方案研究与实现[J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(3): 19—27.
ZAHNG Sen, YE Jian, LI Guo-gang. Research and Implementation of Blockchain Technology for Cold Chain Logistics[J]. Computer Engineering and Application, 2020, 56(3): 19—27.
- [5] 唐衍军,黄益,赵建彬. 区块链技术优化饲料供应链探析[J]. 中国饲料, 2020, 31(19): 135—138.
TANG Yan-jun, HUANG Yi, ZHAO Jian-bin. Optimization of Feed Supply Chain by Blockchain Technology[J]. China Feed, 2020, 31(19): 135—138.
- [6] 高圣乔,刘新亮,高彦平. 基于区块链的食品供应链数据双链存储优化模型[J]. 食品与机械, 2020, 36(11): 63—70.
GAO Sheng-qiao, LIU Xin-liang, GAO Yan-ping. Data Double Chain Storage Optimization Model of Food Supply Chain Based on Blockchain[J]. Food and Machinery, 2020, 36(11): 63—70.
- [7] MALIK S, SINGH A, KUMARI R, et al. Leveraging

- the Potential of Agriculture Sector and Food Supply with Blockchain Technology-A Review[J]. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2018, 26(5): 116—119.
- [8] RAY P, OM HARSH H, DANIEL A, et al. Incorporating Blockchain Technology in Food Supply Chain[J]. *International Journal of Management Studies*, 2019, 6(1): 5.
- [9] SAIRAM S D, AMEER A A, AKASH K, et al. Trace and Track Food Supply Chain Based on Block Chain and EPCIS[J]. *International Journal of New Innovations in Engineering and Technology*, 2020, 11(1): 288—295.
- [10] KIBET V, MBURU L, OGAO P. Food Safety Solution Using Block Chain Technology[R]. *Easy Chair*, 2020: 1—21.
- [11] 刘颖, 刘锐. 自营网络食品质量安全控制研究[J]. *食品科技*, 2020, 45(11): 317—320.
LIU Ying, LIU Rui. Research on Self Operated Network Food Quality and Safety Control[J]. *Food Science and Technology*, 2020, 45(11): 317—320.
- [12] XIAO X, FU Z, ZHANG Y, et al. Developing an Intelligent Traceability System for Aquatic Products in Cold Chain Logistics Integrated WSN with SPC[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2016, 40(6): 1448—1458.
- [13] 王殿华, 莎娜. 基于消费者行为的网购食品安全风险防控研究[J]. *调研世界*, 2016, 24(10): 13—18.
WANG Dian-hua, SHA Na. Research on Food Safety Risk Prevention and Control of Online Shopping Based on Consumer Behavior[J]. *Research World*, 2016, 24(10): 13—18.
- [14] 郜海燕, 杨海龙, 陈杭君. 生鲜果蔬物流及包装技术研究与展望[J]. *食品与生物技术学报*, 2020, 39(8): 1—9.
GAO Hai-yan, YANG Hai-long, CHEN Hang-jun. Research and Prospect on Logistics and Packaging Technology of Fresh Fruits and Vegetables[J]. *Journal of Food and Biotechnology*, 2020, 39(8): 1—9.
- [15] 周尔民, 刘秋红. 基于交叉污染视角的冷链食品质量控制分析[J]. *保鲜与加工*, 2019, 19(3): 137—142.
ZHOU Er-min, LIU Qiu-hong. Quality Control Analysis of Cold Chain Food Based on Cross Contamination Perspective[J]. *Preservation and Processing*, 2019, 19(3): 137—142.
- [16] 周强, 傅少川. 智能化冷链物流综合防控技术体系研究[J]. *科技管理研究*, 2020, 40(13): 196—201.
ZHOU Qiang, FU Shao-chuan. Research on Integrated Prevention and Control Technology System of Intelligent Cold Chain Logistics[J]. *Science and Technology Management Research*, 2020, 40(13): 196—201.
- [17] ZHAO D F, LIU Z B, SHI H X, et al. The Reserch of Phase Change Materials Used in Household Frost-Free Refrigerator[J]. *Refrigeration & Air Conditioning*, 2017, 31(1): 1—8.
- [18] 岳向华, 许明辉. 基于 O2O 模式的生鲜冷链研究[J]. *商业研究*, 2015, 53(10): 41—48.
YUE Xiang-hua, XU Ming-hui. Research on Fresh Cold Chain Based on O2O Model[J]. *Business Research*, 2015, 53(10): 41—48.
- [19] 谢如鹤, 陈梓博. 基于变异系数的国际食品冷链发展水平对比[J]. *科技管理研究*, 2020, 40(1): 230—235.
XIE Ru-he, CHEN Zi-bo. Comparison of International Food Cold Chain Development Level Based on Coefficient of Variation[J]. *Science and Technology Management Research*, 2020, 40(1): 230—235.
- [20] 李博, 郑博, 郭子阳, 等. 区块链技术在金融方向应用的发展及展望[J]. *应用科学学报*, 2019, 37(2): 151—163.
LI Bo, ZHEN Bo, GUO Zi-yang, et al. Development and Prospect of Blockchain Technology in Finance [J]. *Journal of Applied Science*, 2019, 37 (2): 151—163.
- [21] 杨雅萍, 姜侯, 胡云锋, 等. “互联网+”农产品质量安全追溯发展研究[J]. *中国工程科学*, 2020, 22(4): 58—64.
YANG Ya-ping, JIANG Hou, HU Yun-feng, et al. Research on the Development of Quality and Safety of Agricultural Products in Internet Plus China[J]. *Chinese Engineering Science*, 2020, 22(4): 58—64.
- [22] 唐衍军, 黄益, 蒋翠珍. 区块链技术下的医院财务管理平台建设[J]. *卫生经济研究*, 2020, 37(7): 62—65.
TANG Yan-jun, HUANG Yi, JIANG Cui-zhen. Hospital Financial Management Platform Construction under Blockchain Technology[J]. *Health Economics Research*, 2020, 37(7): 62—65.
- [23] CHRISTIDIS K, DEVETSIKIOTIS M. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things[J]. *IEEE Access*, 2016, 4(2): 292—2303.
- [24] NATHAN J. Can Blockchain Connect Food?[J]. *Food Processing*, 2018, 79(3): 10.
- [25] 董云峰, 张新, 许继平, 等. 基于区块链的粮油食品全供应链可信追溯模型[J]. *食品科学*, 2020, 42(9): 20—36.
DONG Yun-feng, ZAHNG Xin, XU Ji-ping, et al. Credible Traceability Model of Grain, Oil and Food Supply Chain Based on Blockchain[J]. *Food Science*, 2020, 42(9): 20—36.
- [26] 丁慧平. 基于扎根理论的生鲜企业 O2O 平台化影响因素研究[J]. *中国流通经济*, 2019, 33(10): 33—42.
DING Hui-ping. Research on Influencing Factors of O2O Platformization of Fresh Food Enterprises Based on Grounded Theory[J]. *China Circulation Economy*, 2019, 33(10): 33—42.