

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2021.05.025

后疫情时代基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系构建

Research on the construction of traceability system for food cold chain logistics based on blockchain technology in the post epidemic Era

李航^{1,2} 董瑞^{1,2}

LI Hang^{1,2} DONG Rui^{1,2}

(1. 中国民航大学临空经济研究中心, 天津 300300; 2. 中国民航大学经济与管理学院, 天津 300300)

(1. *Institute of Airport Economics, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;*

2. *Economics and Management College, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China*)

摘要:以后疫情时代为背景,对中国冷链物流市场发展现状以及食品冷链物流信息追溯体系痛点进行了分析,发现和总结出目前中国食品冷链物流追溯体系存在的问题。并基于区块链技术对食品冷链物流追溯体系进行构建研究,从参与方设置、体系框架设计和运作过程优化 3 个维度构建了基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系,并从政府、企业和消费者 3 个方面阐述了新构建的追溯体系的具体实现路径。

关键词:区块链技术;冷链食品;冷链物流;追溯体系

Abstract: Based on the background of the post epidemic era, the development status of Chinese cold chain logistics market and the pain points of food cold chain logistics information traceability system were analyzed in this review, and the existing problems were discussed and summarized. Based on the blockchain technology, the construction of food cold chain logistics traceability system was also investigated, by using three dimensions of participant setting, system framework design and operation process optimization, and the specific implementation path of the newly constructed traceability system from three aspects of government, enterprise and consumer was expounded.

Keywords: blockchain technology; cold chain food; cold chain logistics; traceability system

随着社会经济发展水平不断提高,人们的生活质量

也逐渐提高,因而对食品质量和种类的要求也逐渐“严格”,同时,随着技术驱动型的冷链物流企业不断转型升级,消费结构转变和物流技术升级共同促进了冷链物流的迅速发展。此外,《中国冷链物流发展报告(2020)》显示,中国的冷链物流市场正在进一步扩大,2017—2019 年冷链物流市场年均增长率为 17.5%,2019 年冷链物流行业的市场规模已经达到了 3 391 亿元^[1],并且随着中国生鲜、电商市场规模的逐步增长,以及中国居民消费能力和食品安全意识不断增强,电商平台的强劲发展有效地带动了国内冷链食品生产加工基地、消费市场新一轮结构调整,将有效激发冷链下游应用市场的发展潜力。

自新冠肺炎疫情爆发以来,中国频繁出现了冷链食品受病毒污染问题,如上海浦东机场、天津生态城海联冷库^[2]、深圳市龙岗区冷链食品病毒输入案例^[3],其中主要原因是进口冷链食品物流运输过程操作不规范以及食品质量监管不足,导致进口冷链食品在物流过程中容易接触病毒进而形成链式传播。为有效防御新冠病毒通过进口冷链食品传播新冠病毒,2020 年 11 月 27 日,国家卫健委发布《关于进一步做好食品冷链物流追溯管理工作的通知》,以进口冷链食品为重点,不断建立和完善食品冷链物流追溯管理系统,并成功上线运行了全国进口冷链食品追溯管理平台,进而基本实现 90% 全国进口冷链食品从海关进口检验检疫、贮存分销、生产加工、批发零售等全链条信息化追溯,以此实现冷链食品物流供应链上“信息可追溯、原因可清查、风险可管控”,保障进口冷链食品在国内绿色流通,但对于国内冷链食品追溯还需进一步加强。

目前,有关区块链技术在冷链物流中的应用研究较多,主要涉及物流供应链节点优化^[4]、区块链技术应用冷

基金项目:天津市哲学社会科学规划课题(编号:TJYJ20XSX-022);中央高校基本科研业务费项目(编号:3122017055)

作者简介:李航(1978—),男,中国民航大学副教授,博士。
E-mail:280229965@qq.com

收稿日期:2021-01-12

链物流可行性探讨^[5]、冷链物流管理全过程优化^[6]、区块链技术下冷链物流模式探讨^[7]、区块链技术应用于食品信息溯源平台的构思^[8]等方面,而有关食品冷链物流追溯体系构建的研究较少。为进一步探索食品冷链物流追溯体系的具体构建与应用,文章拟以新冠疫情为背景,将食品冷链物流结合区块链技术构建一个系统化、透明化、可双向信息追溯、可跨区域及政企融合的食品冷链物流溯源体系,为实现“早发现”“早控制”异常冷链食品、防御新冠病毒通过冷链食品“链式”传播提供依据。

1 中国食品冷链物流追溯体系痛点分析

1.1 跨区域平台对接困难

为进一步减少病毒通过冷链物流传播,截至2020年底,中国已建成并上线运行全国进口冷链食品追溯管理平台,目前全国31个省份全部建成省级追溯平台,并全部实现与总局平台数据对接以及跨区域平台数据互通互认^[9],但是现有的追溯平台受地域和技术限制,仍存在各地系统编码赋码不统一,无法实现跨区域各追溯系统间有机互连、各追溯主体间信息的互通互享。而这凸显出了中国各地区间的追溯信息管理平台“异地异构”短板,尤其是在结构和数据标准统一方面存在较大差异,从而导致地区平台间、冷链食品企业与地区平台之间等难以将关键信息和数据实现对接。此外,由于目前所运用的物联网技术多遵循从用户到云端再到后台的架构,对于进口冷链食品只能实现从海关入关到国内销售环节流程的信息追溯,但未覆盖进口冷链食品在原产地生产、加工、冷链仓储、物流运输、销售环节的全程信息管理,难以做到从生产源头保证冷链食品质量安全,并且现有的全国冷链食品追溯管理平台只针对进口冷链食品,未对国内冷链食品追溯作出相应措施,进一步威胁了冷链食品物流信息系统内部数据的真实性和完整性,无法对冷链食品传染病毒的输入进行实时全流程监控,为冷链食品健康绿色的流通埋下了隐患。

1.2 相关主体责任不明确

《2020年中国食品冷链行业市场现状及发展前景预测分析》^[10]指出,食品冷链需求占行业总需求约90%,是中国冷链物流需求的重要部分。其中所涉及冷链食品进出口商、生产加工商、物流仓储企业、冷链食品批发零售商、生鲜电商等多个主体,为全面掌握具体流程和运营企业资质加大了难度;此外,在新冠疫情的影响下,供应链不同主体为了保障自身经济利益,在某个环节篡改和漏填冷链食品的检验检疫信息、货物物流方向和位置等关键性数据,一定程度上为冷链食品溯源加大了难度。

1.3 信息难以全程可追溯

信息共享是物流供应链各个参与主体达成友好合作和实现共同目标的关键性因素,一方面削弱了市场信息

不对称所带来的存货滞销或者储备不足的问题,另一方面信息有效的正向和逆向流通有助于上下游企业了解市场变化积极采取风险应对措施,进而提升企业核心竞争力、促进物流供应链实现“降本增效”的效果、减少冷链食品物流供应链“断链”现象^[11]。另外,由于疫情具有现实影响和潜在威胁,冷链食品物流过程中,中国各地市场监管部门难以实时监督,进一步增加了冷链食品关键信息篡改的可能性。因此,实现“政府—企业—消费者”三位一体的统一监管、价值创造,就需要与新型移动互联网技术相互联系,不断完善食品冷链物流追溯体系^[12]。

1.4 法律监管体系不健全

2020年12月,中国山东省临沭县某市民在不熟知《关于实施进口冷链食品集中核酸检测和预防性全面消毒工作的公告》的情况下私自购进冷链食品,为中国疫情防控任务埋下了安全隐患,最终受到处罚,该事件之后一些省份开始逐步完善冷链食品购买秩序和监管体系,如河南省实行购买冷链食品实名制登记^[13]。中国冷链物流需要一个良好的法律监管体系,因此可以通过构建透明化和开放式的食品冷链物流追溯体系,实现更加有效的监控。

综上,新上线运营的全国冷链食品追溯管理平台虽然提供了数据接口以及标准,但仍面临着追溯体系兼容性较差、相关主体责任不明确、信息真实性和完整性问题、平台编码不统一等痛点。此外现有的全国冷链食品追溯管理平台主要针对进口冷链食品,在面对国内冷链食品病毒传染风险应对方面仍面临着更大的挑战。故文章将通过区块链技术重新构建一个互联互通、覆盖范围较完整、开放透明的食品冷链物流追溯体系。

2 区块链技术运用于食品冷链物流追溯体系的可行性

区块链技术是将记录的信息加盖时间戳按时间顺序组成数据块最后形成链式存储结构,并结合密码学原理,保障信息数据不可篡改、不可伪造的分布式账本,可以有效解决传统追溯技术中的封闭化、不透明化、数据易篡改的问题^[14]。因此,将区块链技术运用于食品冷链物流追溯体系的构建上,可有效保障关键信息双向追踪以及信息安全。

2.1 区块链技术的可追溯性

区块链技术通过分布式存储功能,使得每个区块之间依靠时间连接,因此可以按照时间顺序追溯到所需的信息数据^[15],在区块链上清晰记录着冷链食品销售信息以及整条供应链运作环节信息,有利于国家和地方监管机构及时追踪冷链食品的问题环节,可正向追踪、逆向溯源涉疫冷链食品相关信息,精准定位责任主体,做到及时销毁涉疫产品、清查冷链食品携带病毒的原因,做到及时有效的风险管控,降低冷链食品损耗,保障全供应链的绿

色健康流通,以保障“政府—企业—消费者”三方利益。

2.2 区块链技术具有不可篡改性

由于区块链运用了哈希计算以及密码学的方法将区块按照时间顺序连接和排列,加大了信息数据的篡改成本以及难度,维护了链上信息数据安全可靠^[16]。目前,中国冷链食品物流相关信息收集和存储在不同环节仍是中心化运作,中心化数据处理方式会导致信息数据在一定程度上上的封闭性,进而易于参与主体进行数据篡改,但是运用区块链技术,冷链物流供应链各个环节传输信息数据过程中将采用去中心化运作,不再依赖某个中心运作,可以在保障信息安全的同时实现多个网络阶段共同进行数据存储以及访问^[17],进而为涉疫食品正向可追踪、逆向可溯源、精准定位提供有力保障。

2.3 区块链技术的开放性

除加密节点私有信息外,区块链中数据的维护需要所有节点参与者进行统一维护,任何参与主体都可以查询、记录。目前,现有的物流信息追踪技术,如 RFID 技术、电子产品代码(EPC)技术等物联网相关技术手段,在进行信息收集时采用的原理都是中心化的储存,即将相关物流信息上传至中心平台进行存储,区块链具有公开透明的特性,整个冷链物流参与主体均可在保障信息的私密性以外查询和记录信息,因此冷链食品运营企业可以根据区块链所记录的信息了解冷链产品消费市场,以此有效预测产品供应需求和市场走势,而冷链食品物流商和零售商可根据链上信息数据降低采购成本和提高存货管理效率。

3 基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系构建

基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系是贯穿于冷链食品从原材料供应、生产、加工、运输、仓储、销售整个物流供应链的平台应用,可实现政府、企业和消费者对

冷链食品从生产到最终销售全过程的数据记录、风险管控、市场动态洞察和质量监管,进而形成“供—产—销—消”的信息化追溯体系。由金融机构、信息技术机构以及市场监管总局负责建设、运行和维护基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系,将政府、企业和消费者进行联动从而促进冷链食品信息可双向追溯和循环利用,以此挖掘区块链技术潜在的商业价值和社会价值。因此将从参与主体设置、结构框架设计和运作流程优化 3 个维度解析基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系^[18],并通过政府、企业、消费者 3 个层面阐述基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系的具体实现路径。

3.1 参与主体设置

根据冷链食品整体供应链体系,将食品冷链物流追溯体系划分为 3 类主体,第 1 类主体是监控冷链食品质量安全的监管机构,包括国家卫健委、地方监管部门等;第 2 类为与冷链食品相关全部企业参与者,包括冷链食品原材料供应企业、食品生产企业、冷链食品加工商、冷链食品零售商、农贸市场和超市等;第 3 类为最终消费者。

3.2 体系架构设计

依托于冷链食品全供应链信息需求,将基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系划分为网络层、核心层、数据层和应用层(图 1)。以网络层作为底层基础,将冷链食品的原材料、半成品以及成品相关“物”信息引入到平台上;核心层主要功能是保障全链信息审批与安全,依托智能合约和共识机制等区块链技术,以保证信息数据的真实性;数据层是对整个冷链物流过程所涉及到的相关信息进行存储,主要包括上述供应链各个环节所涉及到的所有信息数据;应用层主要是冷链食品物流供应链所有参与成员。依托食品冷链物流追溯平台可实现“人物关联,物可追溯”的效果。

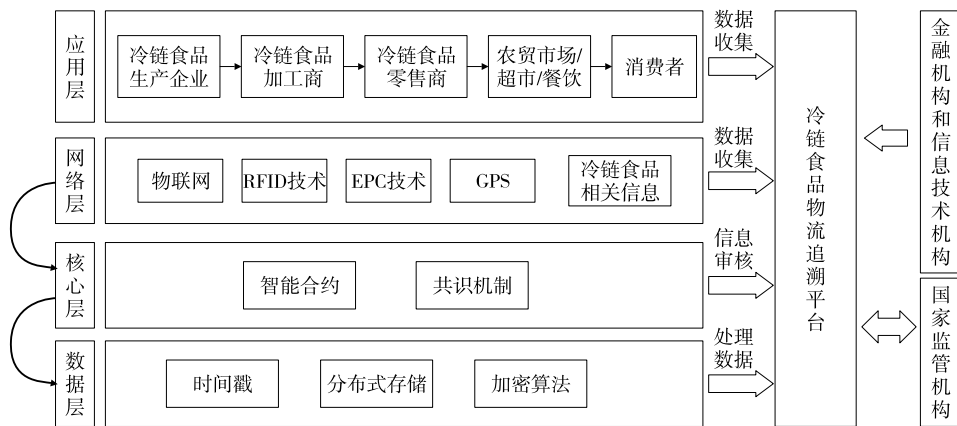


图 1 食品冷链物流追溯体系框架图

Figure 1 Framework of food cold chain logistics traceability system

3.2.1 应用层 主要为政府监管部门、冷链食品相关企业和最终消费者等多方参与主体提供食品信息查询、食品质量状态实时监控、物流信息可追溯的服务,可实现跨区域追溯平台相互联通,并与国家级平台实现联通,提供公开透明的信息查询服务,可保证政府部门的深度参与、及时双向追溯和精准定位“问题食品”,诸如携带传染病毒的食品,从“问题食品”的事后追责转变为实时防范,甚至达成事前控制,保障群众财产安全;对于消费者而言,可通过冷链食品溯源码实时查询所需冷链食品的关键信息,进而加强来自疫区的冷链食品的甄别能力,保障消费者的合法权益。

3.2.2 网络层 运用含有 RFID 技术、EPC 技术、云储存等在内的智能物联网核心技术对冷链食品实施数字化管理,可实现各个节点的信息追溯;智能化收集冷链食品生产、加工、运输、仓储状态等食品冷链物流追溯关键信息,防止人为因素干扰从源头将真实的信息数据传输上区块链,保证冷链食品的可靠性和相关性以增强信息收集和运用效率。网络层通过开放式的网络接口,将所采集冷链食品生产加工、运输贮藏等信息推送至上一层,实现不同主体间的信息共享。

3.2.3 核心层 将冷链食品质量安全标准、操作标准和监督管理规定等以智能合约的形式纳入区块链中,有利于信息数据在上链的过程中自动执行预先设定的相关管理条例,可以从源头上提高政府监管部门对冷链食品的监管力度以防止相关企业从中造假。由国家相关政府监管部门等引入食品冷链物流追溯体系共识机制,对食品冷链物流追溯体系的参与企业主体进行资质审核,通过后可以上链进行交易,并对食品的信息档案具有对应的更新和管理权限,以此增强冷链食品信息的可靠性和快速传递。每个环节会通过物联网技术(比如无线传感

器网络等技术)实时监测并更新平台上有关食品的关键信息,通过锁定违反智能合约和共识机制的错误数据信息可及时发现有问题食品所在环节,或者由所属环节主体及时通报相关监管部门并处理问题食品,同时对同批次食品的流向进行溯源倒查和定位,以此提高食品质量的监管力度,但受到技术限制以及人工操作的复杂性对于100%精准定位仍存在一定的困难。

3.2.4 数据层 冷链食品每条过程信息严格按照区块链格式进行输入并采取分布式存储系统进行存储,均具有一定时间顺列和唯一的加密签名,可有效地规避传统中心化存储方式数据容易篡改和失真的问题;此外,区块链的非对称加密算法可以将数据在传输过程中采用公钥加密、接收时数据私钥解密,进一步保证冷链食品物流信息的安全性。

3.3 运作流程优化

为有效推动食品冷链物流追溯体系落地实施,在冷链物流过程中及时确认引发问题的环节和相关责任人,进而形成双向可追溯,降低出现质量安全问题的可能性。图2为基于区块链技术设计的食品冷链物流追溯体系运作流程。

3.3.1 供应环节 主要角色是冷链食品材料供应商和生产基地。冷链食品材料供应商和生产基地登记信息在区块链中认证作为节点加入区块链,随后将双方的采购种子、幼禽、苗圃等产品电子采购合同输入到区块链中;在生产基地安装传感器、状态检测器等设备,实时搜集农作物、家禽等生长状况、环境等信息,将信息创建成文档以存储,同时通过智能平台及时传给生产基地。如出现与环境参数有偏差可及时调整,以有利于提高产量和质量。当进入下一环节时,当前责任方提出交易请求,并与冷链食品加工商利用私钥签署内嵌在区块链中的智能合约。

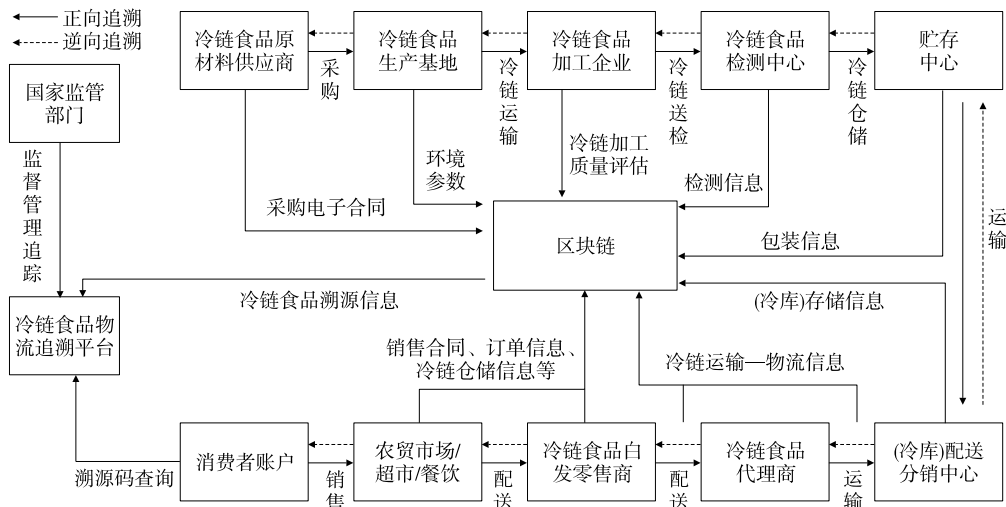


图2 食品冷链物流追溯体系运作流程

Figure 2 Operation process of food cold chain logistics traceability system

交易完成后,系统授权给接收方,加工企业成为新的责任方,负责跟进冷链食品检验检疫信息、质量信息、操作信息、物流信息等关键信息,并实时更新和维护信息文档。

3.3.2 加工环节 主要角色是加工企业。加工企业被授予了冷链食品信息文档的访问与维护权限。加工环节通过控制环境温度湿度、存放载体温度湿度,对产品加工并引入添加剂等其他原材料以保障产品质量,使其产生一定的价值,将冷链食品检测中心输出的检测信息同步至区块链,将通过质量安全检测的冷链食品进行包装后,输出产品包装操作的相关物流信息,比如时间、地点和包装材料等,为消费者提供查询基础。

3.3.3 仓储物流环节 主要是物流仓储企业。凭借物流企业专业的冷链运输技术、成熟的 GPS 定位跟踪系统,保证冷链食品精确的物流信息,在产品文档中增加配送方式、仓库环境、库内食品信息、出入库时间、运输途中温湿度监控、车辆 GPS 定位等信息。

3.3.4 销售环节 主要角色是冷链食品流通商、农贸市场、超市和餐饮店。到达销售环节的冷链食品,经手主体众多且来源复杂,因此每个参与冷链食品供应链环节的主体除了将销售订单信息上链,还应明确冷链食品来源信息,保证产品文档的完整性。

3.3.5 追溯环节 由政府市场监管部门、金融机构、信息技术机构等联合创建并保证食品冷链物流追溯体系平台有序、高效运行。其中,由政府市场监管部门牵头建设和运行冷链食品追溯体系,其可随时登录查询冷链食品物流信息、可实时追溯和定位“问题食品”所在供应链环节以及状态跟进,提高监管效率和精确度;金融机构主要为食品冷链物流追溯体系的构建给予资金支持、平台支付环节和企业信用资质评价等服务;信息技术机构等主要为食品冷链物流追溯体系平台提供相应的技术支持、平台维护等服务;此外,消费者可通过溯源码(冷链食品的唯一身份标识)辨别冷链食品的真伪以及食品质量状况。

3.4 具体实现路径

3.4.1 政府方面 目前中国标准体系存在政企标准交叉或冲突、体系覆盖不全面、标准体系与国际接轨率低等问题,比如中国食品行业国家标准对于国际标准采用率只有 23.42%,不利于国际间标准衔接及进口冷链食品的全程追溯^[19]。因此,政府应重视冷链食品的标准体系普适性、标准体系国际化和覆盖范围的完整性等多方面建设,同时将基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系的监管纳入法律法规中,保证冷链食品在原材料来源、生产、加工、物流、销售等各环节做到具有良好法律监管氛围,为市场监管部门管理冷链食品供应链运作打下良好的法律基础。

3.4.2 企业方面 企业需要加大区块链技术的运用以及相关技术人才的培养,并不断加强对冷链食品标准体系

的认知,为落实企业主体的相关责任和确保冷链食品关键信息安全,要求企业严格管理企业私钥,一旦发生丢失等情况,整个冷链食品供应链运作将会受到不可估计的影响;因此,企业应不断加强技术人员的编程能力,保证冷链食品追溯体系安全运作。

3.4.3 消费者方面 消费者在日常冷链食品购买时,培养主动通过溯源码查询和甄别食品来源与安全质量的意识和能力。若发现异常冷链食品,应积极上报当地相关市场监管部门或者在冷链食品追溯平台发起投诉,市场监管部门应根据具体情况予以受理,并运用基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系所存储的关键数据,定位冷链食品问题环节,并追究相关责任主体的法律责任,并对同批次问题产品及时召回,提高监管效率。

4 结束语

基于区块链技术的食品冷链物流追溯体系,能够明确划分相关主体责任、提高冷链食品质量和物流信息共享透明程度、保证冷链食品健康安全、有效促进跨区域平台对接合作,可进一步增强国家冷链食品方面的疫情防控、有效降低冷链物流行业“断链”现象发生的可能性,进而形成冷链食品信息可双向追溯和循环利用。但区块链技术仍面临难度高、成本高、基础设施建设不完善等难题,所以政府方面应完善相关的法律法规以促进食品冷链物流追溯体系区块链技术的应用,促进跨区域平台有效对接,以实现全国各个区域协同共进的局面。冷链食品企业应不断更新和提高行业标准,不断完善区块链技术,培养高操作水平和高度行业意识的物流人员、技术人员等;消费者需增强冷链食品的追溯意识,共同为冷链食品的质量安全和疫情安全防控铸造坚实的防护墙,从而促进冷链食品的绿色流通。

参考文献

- [1] 中国物流与采购联合会冷链物流专业委员会. 中国冷链物流发展报告(2020)[EB/OL]. (2020-12-24) [2021-01-05]. https://www.sohu.com/a/440302146_294443.
- [2] 上海浦东机场货站关闭,天津港进口冷链食品检出阳性后,多地紧急通报[EB/OL]. (2020-11-09) [2021-01-05]. https://www.sohu.com/a/430671687_227576.
- [3] 深圳龙岗 1 份进口冻鸡翅表面检出“新冠”[EB/OL]. (2020-08-13) [2021-01-05]. <https://www.cn-healthcare.com/article/20200813/content-540842.h>.
- [4] 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.
- [5] 张森, 剑叶, 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.
- [6] 王东. 区块链技术在农产品冷链物流管理中的运用[J]. 食品工业, 2020, 41(9): 423.

(下转第 155 页)

- 292-297.
- [2] 段晓嫣, 田艳, 邓放明. 火龙果色素生物活性及其提取纯化研究进展[J]. 食品与机械, 2017, 33(10): 214-219.
- [3] 王心哲, 孟祥敏, 游颖, 等. 微波辅助水提法提取黑米花色苷的工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(1): 94-96.
- [4] KAWAKAMI W, OSHIMA A, YANASE E. Structural characterization of proanthocyanidins from adzuki seed coat[J]. Food Chemistry, 2018, 239: 1110-1116.
- [5] AMAROWICZ R, ESTRELLA I, TERESA Hernandez, et al. Antioxidant activity of extract of adzuki bean and its fractions[J]. Journal of Food Lipids, 2008, 15(1): 119-136.
- [6] 金丽梅, 白静, 隋世有, 等. 响应面法优化微波辅助提取红小豆种皮花色苷及其稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(6): 187-194.
- [7] 韩涛, 甘育新, 李丽萍, 等. 红小豆种皮红色素的提取及其理化性质的研究[J]. 中国粮油学报, 1997, 12(6): 58-62.
- [8] 刘雪雁, 马爱红, 杨昌群, 等. 红豆皮提取天然色素的实验室研究[J]. 吉林工学院学报(自然科学版), 1999(2): 31-33.
- [9] 向明锋, 罗璇, 沈瑞敏, 等. 小曲酒酿造废水中高梁红色素的分离纯化工艺研究[J]. 中国酿造, 2018, 37(4): 127-131.
- [10] 房照龙, 扈本荃. 现代提取技术在天然色素领域的应用[J]. 广州化工, 2018, 46(8): 21-23.
- [11] 施燕. 膜分离技术在天然植物提取中的应用[C]// 第二届全国膜分离技术在食品工业中应用研讨会论文集. 北京: 膜科学与技术, 2006: 32-34.
- [12] 马乐, 韩军歧, 张润光, 等. 大孔吸附树脂在植物多酚分离纯化中的应用现状[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12): 364-367, 374.
- [13] 尹忠平, 上官新晨, 黎冬明, 等. 花青素类色素纯化技术研究进展[J]. 粮油加工, 2010(7): 111-115.
- [14] 王金秋, 朱倩, 郁蓓蕾, 等. 食品工业中膜分离技术的应用进展[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2017, 36(3): 252-256.
- [15] 李媛媛, 高彦祥. 膜分离技术纯化栀子黄色素的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(6): 113-117.
- [16] 胡建农, 郑晓英. 膜技术浸提玫瑰茄红色素工艺的初步研究[J]. 亚热带植物科学, 2004, 33(3): 19-21.
- [17] 韩涛, 甘育新, 李丽萍, 等. 红小豆种皮红色素的提取及其理化性质的研究[J]. 中国粮油学报, 1997, 12(6): 58-62.
- [18] 李洋, 韩小贤, 成军虎, 等. 基于正交试验法优化红小豆色素提取条件研究[J]. 农产品加工学刊, 2011(7): 23-25.
- [19] 徐蕊璐, 罗华, 来明月, 等. 超声波辅助提取玫瑰花色素及其稳定性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(11): 2830-2835.
- [20] 张小曼, 马银海, 李勇, 等. 膜分离技术提取山竺红色素的工艺优化[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 133-136.
- [21] 宋德群, 孟宪军, 王晨阳, 等. 蓝莓花色苷的 pH 示差法测定[J]. 沈阳农业大学学报, 2013, 44(2): 231-233.
- [22] 徐辉艳, 孙晓东, 张佩君, 等. 红枣汁中总酚含量的福林法测定[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(3): 126-128.
- [23] 杨勤, 谷文超, 周浓, 等. 苯酚—硫酸法与蒽酮—硫酸法测定地参多糖的比较研究[J]. 食品科技, 2020, 45(1): 343-345.
- [24] 蒋大程, 高珊, 高海伦, 等. 考马斯亮蓝法测定蛋白质含量中的细节问题[J]. 实验科学与技术, 2018, 16(4): 143-147.
- [25] 邸翔, 刘长涛, 高莉, 等. 红果小檗色素的提取及其稳定性研究[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(6): 184-189.
- [26] 龚金华, 张玥, 张智超, 等. 现代分离纯化技术在天然植物色素中的应用[J]. 中国食物与营养, 2014, 20(12): 54-57.
- [27] 余以刚, 梁泽明, 万志超, 等. 玫瑰茄花色苷的纯化及其热降解稳定性[J]. 现代食品科技, 2018, 34(12): 58-66.
- [28] 徐忠, 张丽亚. 大孔树脂对红豆皮色素的吸附性能研究[J]. 食品工业科技, 2002, 23(7): 35-36.
- [29] BELLONA C, DREWES J E, XU Pei, et al. Factors affecting the rejection of organic solutes during NF/RO treatment: A literature review[J]. Water Research, 2004, 38: 2795-2809.
- [30] 刘志强, 张初署, 孙杰, 等. 膜分离技术纯化花生衣中的原花色苷[J]. 食品科学, 2010, 31(20): 183-187.

(上接第 138 页)

- [7] 梅宝林. 区块链技术下我国农产品冷链物流模式与发展对策[J]. 商业经济研究, 2020(5): 97-100.
- [8] 李小玲. 基于区块链技术的生鲜食品冷链物流信息追溯研究[J]. 中国储运, 2020(11): 149-150.
- [9] 央视冷链调查: 对 21 个国家百余企业暂停进口, 溯源平台初建成[EB/OL]. (2021-02-08) [2021-02-26]. <https://baijiahao.baidu.com/s? id= 1691078784836783781&wfr= spider&for= pc>.
- [10] 中商情报网. 2020 年中国食品冷链行业市场现状及发展前景预测分析[EB/OL]. (2020-07-30) [2021-01-05]. <https://baijiahao.baidu.com/s? id= 1673614171063035262&wfr= spider&for= pc>.
- [11] 王玉龙. 后疫情时代生鲜产品冷链物流的区间结构和信息体系构建[J]. 商业经济研究, 2020(24): 86-90.
- [12] 和征, 王进富, 李勃, 等. 服务供应链信息共享的信任激励模型[J]. 技术经济与管理研究, 2017(11): 57-61.
- [13] 私自购买进口冷链食品! 临沂吴某某, 行政拘留! [EB/OL]. (2020-12-23) [2021-01-05]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_10521945.
- [14] NAKAMOTO S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system[EB/OL]. (2008-10-31) [2021-01-05]. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [15] 宋宇航. 基于区块链的我国医药冷链物流可追溯体系研究[D]. 天津: 中国民航大学, 2020: 9.
- [16] 李燕, 马海英, 王占君. 区块链关键技术的研究进展[J]. 计算机工程与应用, 2019, 55(20): 13-23, 100.
- [17] 周平, 杜宇, 李斌. 中国区块链技术和应用发展白皮书[R]. 北京: 工业和信息化部, 2016.
- [18] 周雄, 郑芳. 基于区块链技术的农产品质量安全溯源体系构建探究[J]. 中共福建省委党校学报, 2019(3): 113-117.
- [19] 高海伟, 李榛晔, 吕佳谕. 新冠肺炎疫情下, 冷链食品追溯体系建设的关键问题解析[J]. 印刷工业, 2020, 15(6): 34-36.