

“区块链+射频识别技术”赋能食品溯源平台研究

Research on “blockchain + RFID” enabling food traceability platform

刘宗妹

LIU Zong-mei

(广东司法警官职业学院信息管理系, 广东 广州 510520)

(Department of Information Administration, Guangdong Justice Police Vocational
College, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

摘要:文章阐述了大数据时代利用区块链技术和射频识别技术构建的“区块链+RFID”两位一体协同共享模式,该模式采用联盟链方式构建食品溯源系统,在 Fabric 使用 Go 语言开发链码,利用 Node.js 进行客户端程序的编写,移动端通过扫码实现食品溯源查询,客户端利用证书认证账号来查询网页。通过食品流通各个环节的互联互通,实现食品安全事件快速定位责任方。

关键词:区块链技术;食品溯源;RFID;Fabric

Abstract: The “Blockchain + RFID” two-in-one collaborative sharing model constructed by blockchain technology and radio frequency identification technology in the era of big data is described. This model uses the alliance chain to build the food traceability system and Go language is used to develop the chain in Fabric Code. Node.js is used to write the client program. The mobile terminal realizes the food traceability query by scanning the code, and the client uses certificate authentication account to query the web page. Through the interconnection of all aspects of food circulation, we can quickly locate responsible parties for food safety incidents.

Keywords: blockchain technology; food traceability; RFID; Fabric

根据世界卫生组织数据显示,每年全球大约有 10% 的人患过食源性疾病^[1]。2019 年的人造鱼翅事件、农夫山泉“质量门”事件、老鼠肉冒充羊肉门事件、毒大米事件,一个个食品安全问题骇人听闻,引发了消费信任危机。食品从原材料到成为商品进行买卖,经历了较长的时间和空间跨度,易出现各种问题^[2],是由于食品安全问

题根源在于溯源系统不健全,法律惩罚力度不够。2019 年 5 月,中共中央、国务院印发的食品安全工作意见中提出了构建食品安全追溯体系,实现食品信息化追溯和政府监管有效对接^[3]。

区块链利用密码学技术、分布式存储技术、网络协议和共识机制实现了去中心化、不易篡改性、可追溯性和透明性。区块链的广泛应用在新的产业变革中将起着非常重要的作用,未来将成为一种创造信任的协议^[4]。目前,区块链技术的发展不仅推动了产业创新,还推动了与经济社会的融合发展,已受到多个领域的极大关注,但食品溯源方面的成果较少,通过将区块链技术与食品供应链管理的创新融合,优化食品产业结构,保障消费者权益,实现从“田间到舌尖”的全程品质监管。

射频识别技术(RFID)利用无线电波将标签中的数据读取到阅读器,是一种数据捕获(AIDC)和自动识别技术^[5]。RFID 标签中天线负责获得读写器发射的电磁波,在标签芯片中作为电源,读取芯片中的数据,并返回给读卡器^[6]。RFID 读卡器接收标签返回的射频信号,通过解析数据完成目标识别,根据具体应用场景,将数据传送到数据库的 SASS 软件处理。RFID 为商品从种植、采购、生产、运输、销售提供了精细化的跟踪,可实现信息流和物流的精准定位。

食品安全监管体系为食品信息化追溯和政府监管吹响了号角,技术层面的提升需依托先进的信息技术,通过系统的改善推广,借助于大数据分析手段,提升量化粒度,进而做归因分析,有效风险预警,拓展智慧监管,引领食品监管的风潮,政府监管层面需探索纳入政府监管体系,完善构建法律体系,改进监管措施,助力构建食品生态环境^[3]。研究拟以优化食品溯源为主线,探索搭建基于区块链技术和 RFID 的去中心化、可溯源的应用平台,通过食品流通各个环节的互联互通^[7],实现食品安全事件快速定位责任方,以为食品溯源的有效开展提供技术支撑。

基金项目:国家自然科学基金(编号:61702109);广东省省科技计划项目(编号:2019B020208001)

作者简介:刘宗妹(1981—),女,广东司法警官职业学院讲师,硕士。E-mail: lzcslg@163.com

收稿日期:2020-03-19

1 食品溯源现状

当前为保障食品安全采取了一系列措施,但由于不能保证溯源信息的准确性,缺少一种民众认可的信任共识,即便在食品中附上溯源码,也很少有顾客扫描查询。经调研,问题主要存在于以下方面:① 供应链管理的理念落后,甚至是“一个企业十几个用户”的模式,产品销售过多地依靠中间商,增加了投入成本,提高了商品的销售价,降低了民众购物的幸福指数。② 食品供应链需要信息流、资金流和物流的全面衔接,但企业和供应链各自为政,信息不能透明传播,信息孤岛现象严重,难以形成协同效应。③ 食品溯源系统通过电子产品代码系统(EPC)、RFID、物联网等实现信息的收集^[8],但这种中心化的运作方式缺乏必要的可信度和公信力,出现安全事件较难查找根源,无法使民众“吃得放心”^[9]。④ 生产商、供应商、零售商为自身私欲随意修改数据库记录,随便伪造防伪标识,真假难辨,进而降低消费者对信息的信任度。⑤ 目前已有部分应用于食品溯源中的区块链技术落地,如京东的“跑步鸡”“飞翔鸽”等项目^[10],虽然现有成果解决了食品溯源中数据的永久记录和共享,但企业经济效益不高。

2 区块链技术特征与食品溯源契合度分析

区块链中的数据利用链式结构存储,时间戳有效记录创建时间,数据验证上链则无法被篡改,实现食品供应链中数据的可靠存储;区块链是点到点的、去中心化的存储结构,节点地位平等,即使个别节点出现故障也不影响整个系统的使用,可保证系统 7×24 h 持续工作,实现食品供应链中数据的透明、安全传输;食品流通过程中利用链码记录原材料、生产、存储、流通过程的详细认证信息、食品质量检测报告也需上链保存,利用 RFID 标签实现数据的可溯源性,客户可根据自己的需求选择查看详细认证信息和质量检测报告,实现食品的有根可寻^[11];利用非对称加密算法实现基于公钥的数据传送,匿名状态下完成工作,避免了食品供应链中经销商隐私的泄露;通过智能合约按制定的规则自动更新,通过共识机制保持系统的一致性,节省了食品供应链中的人力和物力资源^[12]。

3 “区块链+RFID”食品溯源系统分析与设计

将农户、生产者、经销者、消费者加入 Fabric 网络,通过文件配置使其具备运行环境。在食品包装表面粘贴 RFID 标签,它是网络中标识虚拟身份的数字加密标识符^[13],使用认证通过的账号将一系列 RFID 读写器收集的信息上传到区块链保存,区块链中的数据分为多个区块,区块之间利用哈希函数计算所得的哈希值互连。

最后进行程序的开发,使消费者可在移动端利用扫描 RFID 标签来进行食品溯源,客户端利用账号查询网页^[7]。

3.1 系统需求分析

3.1.1 数据存证共享 食品原始数据在录入核心业务层后,自动发往区块链接口。区块链 API 和 SDK 接收并格式化数据,上链存证核心数据签名并生成生产、流通全过程证书。程序的表现形式有移动终端和电脑客户端。

3.1.2 数据追溯查验 用户可通过扫码 RFID 标签,获取食品溯源信息和食品质量检测证书,以校验食品是否绿色安全。食品溯源时进行数据批量调取,保证调证效率。实时监控交易过程,对客户反馈的违规信息及时处理,形成审计报告,及时召回不安全食品,并给予消费者适当补偿和对商家实施处罚。

3.1.3 信用监管机制 通过协同服务平台,浏览食品生产的各环节,包括商家信用承诺、生产环节信用分级评价、流通环节信用检测,实现监管的“视角”覆盖整个食品链流程。基于大数据形成食品的综合评价,出现安全问题的节点自动识别为黑节点。

3.2 区块链基础设施平台设计

区块链与传统的数据库有相似之处,但可以省去较多中间环节,简化开发流程。由于区块链的链上代码,需建立块,但建块的流程较复杂,执行过程中会浪费很多算力,因此研究将大多数的功能置于应用系统中,可进行增加、删除、修改、查询等操作,而使用哈希算法所得的摘要信息等少部分的功能置于链上代码中,只能进行增加和查询操作。区块链负责所有环节交易的索引信息,对外提供一个商品的 ID,交易的哈希作为值上链,对于用户手机号码、身份证号码等易遭受暴力破解的数据需加上盐值再哈希上链。智能系统的运行中引入监管检查,制定黑名单,出现违规即刻停止,去除恶意节点的危害。区块链基础设施服务平台框架图如图 1 所示。

3.2.1 应用程序层 API 是 Fabric 使用 gRPC 协议与底层通信提供的接口;事件是 Fabric 通过监听链码中的事件提供的事件通知,事件发生时执行相应的函数;SDK 是 Fabric 在 API 之上安装了不同语言的接口,其是 Fabric 的开发工具,需配置通道名称、链码名称、配置文件路径、组织名称。

3.2.2 交易层 身份模块通过底层的成员服务模块验证用户的身份信息;交易模块分发各功能节点进行校验及记账;账本模块可查询区块链的交易,包括交易哈希、交易编号等;智能合约制定了资产的可执行代码。

3.2.3 底层 成员服务用于成员的注册和登录、交易加密及签名;共识服务中排序节点与组织中的主节点使用 gRPC 进行通信,各组织内部使用 gossip 通信;链码服务

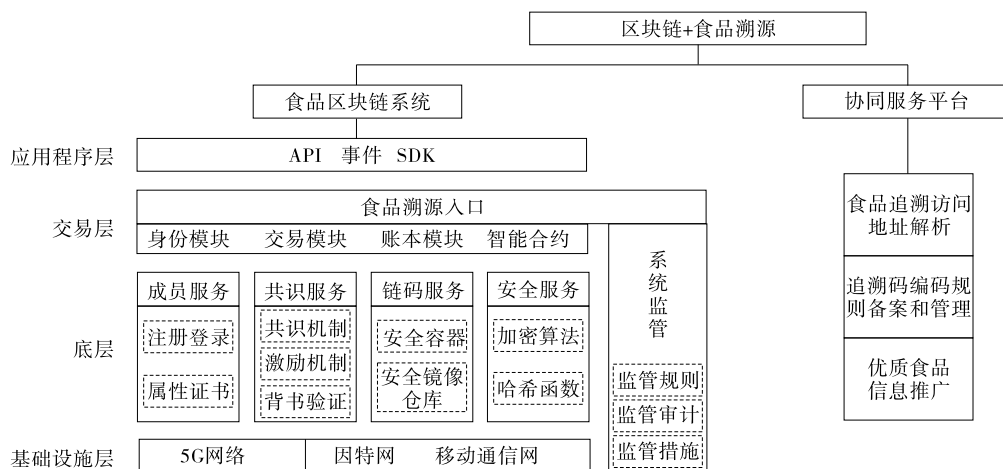


Figure 1 Blockchain infrastructure service platform framework

中使用 docker 运行链码,完全隔离用户数据。

3.2.4 基础设施层 5G 是第 5 代的移动通信系统,极大提升了带宽、降低了延时、实现了海量接入,基于 5G 网络为供应链提供实时高速的信息数据流传输,通过食品云服务器和高性能数据库实现流通数据的存储、转发。区块链采用 P2P 技术来组织网络节点,每个节点利用多播实现路由、数据传播和新节点识别等功能。

3.2.5 系统监管 监管措施快速接入,全网有效,为全网协同提供有效的可操作性。监管机构掌握合约的发布权限,运行过程中利用监管规则检查,对违规账号采取冻结措施,恶意节点直接剔除,对小概率的错误由监管审计处理,信誉良好则可利用积分来简化审核流程。

3.3 网络拓扑结构

网络拓扑结构见图 2。客户端加入区块链网络后,通过 SDK 构建一个交易提案。发送交易提案到指定的背书节点,背书节点使用成员服务提供者(MSP)验证签名

并确定请求者是否被授权进行提案。背书节点按交易提案发送给智能合约模拟执行,并对执行结果签名,将交易签名并返回给客户端,客户端对背书结果进行校验。然后将所有背书结果、交易提案以及自己的签名打包成一个交易发送给排序节点(orderer)。排序节点将所有收到的交易按时间排序,然后打包成交易区块分发给通道中的所有节点。节点收到交易区块后验证其交易。当节点验证该区块中的所有交易无误后,写入账本中,节点发出事件通知客户端。

3.4 系统流程设计

利用区块链技术实现原材料信息、加工信息、物流信息、销售信息、消费者评价信息均写入普通数据库,原材料认证信息、加工认证信息、流通认证信息等哈希算法所得摘要编码写入 RFID 标签的 EPC 编码体系中,每个 RFID 芯片有全球唯一编码(TID),使其不易被篡改^[14]。系统流程示意图如图 3 所示。

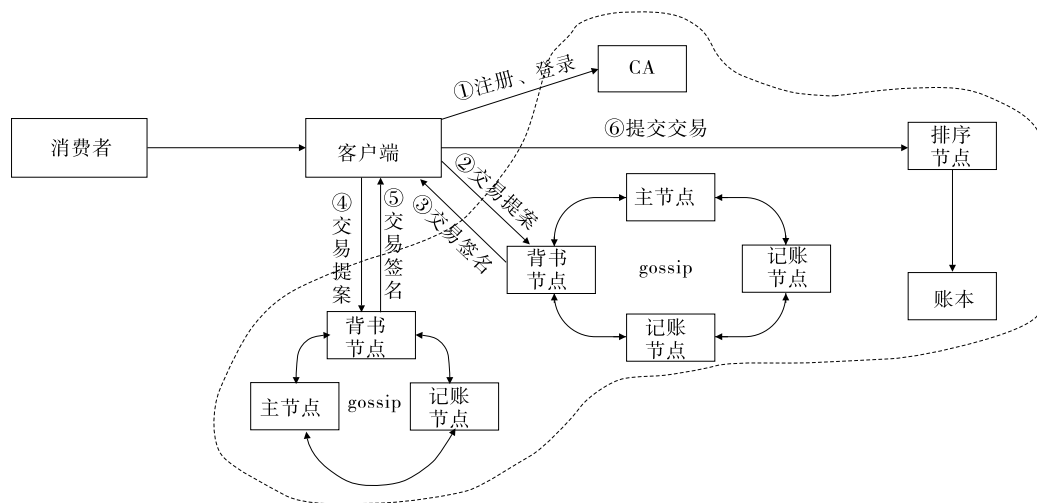


图 2 网络拓扑结构

Figure 2 Network topology

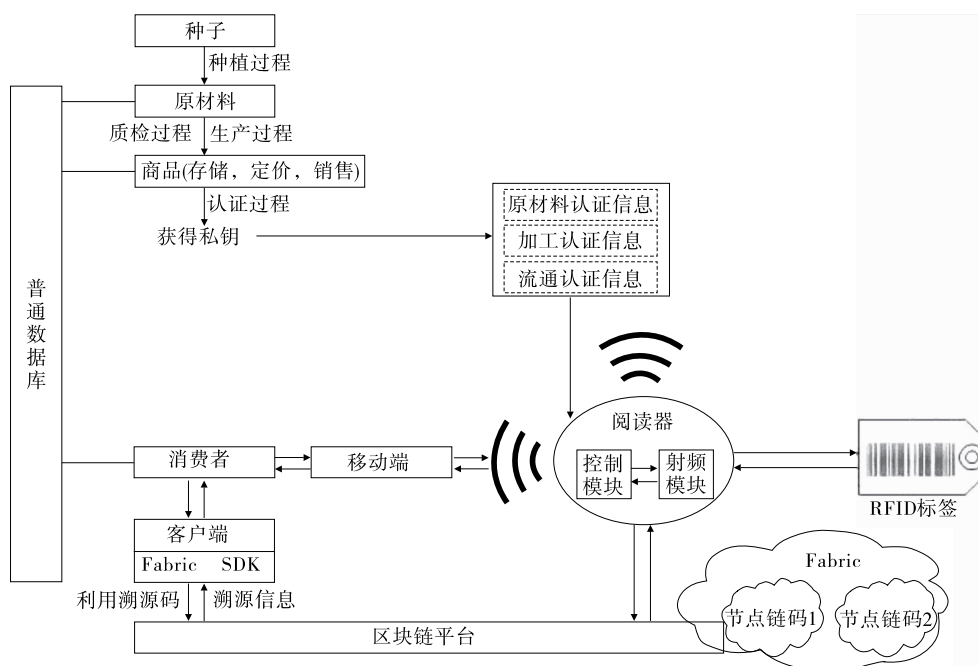


图3 “区块链+RFID”系统流程示意图

Figure 3 Schematic diagram of the “blockchain + RFID” system

3.4.1 数据信息录入 原材料供应商将 RFID 标签贴于食品上,农作物种植认证信息(种子、施肥次数、生长环境)均存于标签。生产商利用 RFID 标签将食品生产过程认证信息(原材料检验结果、员工健康状况、生产过程、食品批次、生产日期、有效期)录入区块链。商品运输过程中经销商将流通认证信息(发货地址、发货时间、收货地址、收货时间、流通过程中的检验及审核情况)录入区块链^[5]。

3.4.2 数据信息共享 Fabric 是基于证书认证的区块链平台,利用 PKI 公钥管理基础设施规范生成的证书^[7]。区块链中所有信息都可通过公开接口进行查看,实现了公开透明,对隐私数据利用非对称加密算法来保护,只有授权用户才可查看。当通过移动端扫描 RFID 标签时,会发送食品溯源请求,利用哈希地址查找记录,消费者利用 RFID 标签快速获取信息。也可基于客户端通过注册时的 ID 进入区块链网络来实现信息溯源。

4 “区块链+RFID”的应用开发

4.1 开发环境

Web 前端界面包括信息录入界面和信息查询界面,通过智能合约接口与区块链交互,协同服务平台与普通数据库交互;信息录入界面使用运行于服务器端的编程语言 Node.js 的中间件 Passport.js 来验证是否符合对应权限,消费者可用交易 ID 或扫描 RFID 标签来实现数据溯源^[15]。后端代码使用 Go 语言编写,实现封装合约并存储数据于 Fabric 中^[16]。

4.2 共识机制

确定事务顺序,拒绝错误事务。只有当事务通过共识验证后才有效的,该节点发布的信息才能被其他诚实节点记录在自己的区块链中,从而实现有效性。系统使用 Kafka 共识机制保证系统高效稳定运行。数据上链存储使用加密体系中国加密标准的 SM3(哈希算法的国密)。

4.3 智能合约功能设计

为了避免智能合约漏洞影响区块链的运行,需运行于隔离环境^[16],虚拟机和容器的资源隔离优势相似,但容器实现的对操作系统的虚拟化,不仅更易移植,而且效率更高^[17]。开发平台 Hyperledger Fabric 用 Docker 容器作沙盒环境,符合耦合设计原理,使用 Linux 运行环境^[18]。启动网络中节点,需先安装 DockerCompose、Docker、Go 语言环境,再通过配置 Compose 文件实现启动节点^[19]。Hyperledger 封装底层技术,在此基础上提供 API 接口,用 chaincode 编写智能合约,经验证后在区块链中运行^[20]。代码层封装查询链码,管理层负责链码的安装和调用^[21]。部分 chaincode 代码如下:

```
//商品
type Commodity struct {
    Name string //商品名
    ID string
    Origin string //产地
}
//订单
```



```
type Order struct {
    Commodity * Commodity //商品
    DAddress  string//配送地址
    ID  string
    DTime  time.Time //配送时间
    Quantity  int//数量
}

//实现 Invoke 接口调用智能合约
func (t * Food) Invoke ( stub shim.ChaincodeStubInterface) pb.Response {

    funcName, args:= stub.GetFunctionAndParameters

    switch funcName {

    //创建商品
    case "createCommodity":
        return createCommodity(stub, args)

    //创建订单
    case "createOrder":
        return createOrder(stub, args)

    }
}
```

4.4 系统实现

基于 B/S 系统架构、Windows 下安装虚拟机 VMware、操作系统为 Ubuntu、内存为 2 GB、硬盘为 30 GB、IE 浏览器进行仿真试验。溯源平台界面见图 4，产品信息图举例说明见图 5。



图 4 溯源平台管理界面图

Figure 4 Management interface of the traceability platform



图 5 产品信息图

Figure 5 Product information diagram

通过在未来复杂化传统溯源监管平台的基础上,引入区块链技术,针对性地解决了数据不安全、系统易攻击等问题^[22],系统性能对比见表 1。虽然基于区块链的平台有诸多优点,但区块链与算力有较大关系,若算力遭受黑客攻击,也可能破坏去信任化^[23]。

表 1 系统性能对比分析表

Table 1 System performance comparison and analysis table

平台	安全性	共享性	透明性	采集性	溯源速度	可信度	全程留痕
传统监管平台	中心化存储易被篡改	缺乏统一管理不能有效共享	不公开	不统一	慢	低	否
基于区块链技术的监管平台	去中心化存储无法篡改	管理统一有效共享	公开透明	统一	快	高	是

5 结束语

“区块链+RFID+食品供应链”实现的科技与民生问题的结合,有利于进一步推动构建算法式的可信社会^[22]。文章设计了“区块链+RFID”两位一体的食品溯源平台,利用区块链不易被篡改的特性,实现食品供应链流程的公正透明。利用食品附有的“身份证”实现客户端可查来源。利用 RFID 技术通过阅读器识别产品的 ID 并读取食品电子信息^[24]。利用链上时间戳和哈希值实现可追去向。从终端追溯到出产地需 20 h 以上,而借助此技术只需 10 s 即可实现,极大提升了追溯性能,客户可以实时溯源数据变化的全流程,具有法律效力,保证了数据的可信

度。后续将对食品溯源平台的数据进行探索分析,通过大数据、人工智能、数据挖掘等技术,进行风险预警和追责溯源,进一步向智慧监管迈进^[25]。

参考文献

[1] 汪普庆, 翟翔, 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(9): 82-90.
[2] 赵维. 基于区块链技术的农业食品安全追溯体系研究[J]. 技术经济与管理研究, 2019(1): 16-20.
[3] 张浩. 泛在网在食品安全领域的可行性研究: 以建设泛在食品安全网为例[J]. 食品与机械, 2019, 35(11): 89-93.
[4] 刘宗妹. 区块链的应用: 安全威胁与解决策略[J]. 通信技术,

- 2020, 53(1): 142-149.
- [5] 班海琴. 区块链和 RFID 技术在商品溯源防伪中的应用研究[J]. 电脑知识与技术, 2019, 15(23): 237-239.
- [6] WANT R. An introduction to RFID technology[J]. IEEE Pervasive Computing, 2006(1): 25-33.
- [7] 禹忠, 郭畅, 谢永斌, 等. 基于区块链的医药防伪溯源系统研究[J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(3): 35-41.
- [8] 刘尧. 基于 RFID 物联网的猪肉信息跟踪追溯系统开发[D]. 南京: 南京农业大学, 2012: 3-4.
- [9] 肖程琳, 李妹萱, 胡敏思, 等. 区块链技术在食品信息溯源中的应用研究[J]. 物流工程与管理, 2018, 40(8): 77-79.
- [10] 陈腾. 浅谈区块链防伪溯源[J]. 互联网经济, 2018(12): 26-31.
- [11] 王红梅, 于跃成. 基于区块链的食品安全溯源技术研究[J]. 电子设计工程, 2019, 27(13): 16-20, 25.
- [12] 蔡维德, 郁莲, 王荣, 等. 基于区块链的应用系统开发方法研究[J]. 软件学报, 2017, 28(6): 1 474-1 487.
- [13] 曾小青, 彭越, 王琪. 物联网加区块链的食品安全追溯系统研究[J]. 食品与机械, 2018, 34(9): 100-105.
- [14] XIAO Yang, SHEN Xue-min, SUN Bo, et al. Security and privacy in RFID and applications in telemedicine[J]. IEEE Communications Magazine, 2006, 44(4): 64-72.
- [15] 张亮, 张翰林, 孔凡玉, 等. 基于 Ethereum 的房地产供应链系统设计与实现[J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(3): 214-223.
- [16] 吴远. 基于区块链技术的食品安全追溯方法研究[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2019: 10-11.
- [17] 周博轩, 满毅, 刘宁宁, 等. 基于 Hyperledger Fabric 的生物数据安全治理[J]. 网络空间安全, 2019, 10(4): 55-60.
- [18] 田承东. 同态加密在物联网区块链数据安全中的应用[J]. 网络安全技术与应用, 2018(3): 34-36.
- [19] DANNEN C. Introducing ethereum and solidity[M]. Berkeley: Apress, 2017: 2-3.
- [20] 刘宗妹. “区块链+”智慧监狱应用研究[J]. 通信技术, 2019, 52(9): 2 271-2 277.
- [21] 李丹. 基于区块链技术在社会公益领域的应用初探[J]. 信息技术, 2019(10): 149-153.
- [22] 李明佳, 汪登, 曾小珊, 等. 基于区块链的食品安全溯源体系设计[J]. 食品科学, 2019, 40(3): 279-285.
- [23] 张旭凤, 宛如星, 郑忠义. 基于区块链技术的农产品物流信息系统模式[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(15): 263-268.
- [24] 侯宝佳. 基于智能手机和 RFID 技术的农产品物流信息系统[D]. 北京: 中国地质大学, 2010: 1-2.
- [25] 作冀颖, 杜聪, 马志远, 等. 应用于食品追溯体系的区块链架构设计[J]. 计算机应用与软件, 2019, 36(12): 46-50, 86.

(上接第 86 页)

- [9] 吴锁连, 康怀彬, 李冬姣, 等. 动物食品中磺胺类药物残留的分析方法[J]. 农产品加工(下半月), 2017(20): 64-67, 73.
- [10] 蒋文晓. 动物性食品中喹噁啉类药物代谢物和磺胺类—喹诺酮类药物多残留免疫分析方法研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014: 143.
- [11] 杨璐齐, 李蓉, 高永清, 等. UPLC-Q-Orbitrap HRMS 同时检测水产品中磺胺和喹诺酮类药物残留[J]. 食品与机械, 2017, 33(8): 38-43.
- [12] 李杏翠, 李宝明, 田亚平. UPLC-MS/MS 法测定动物源性食品中 3 种磺胺类药物残留[J]. 中国药师, 2015(18): 38-41.
- [13] 张宁. 高效液相色谱法测定鸡肉中磺胺类药物研究[J]. 天津农学院学报, 2017(1): 34-37.
- [14] 刘洪斌, 姚喜梅, 蔡英华, 等. UPLC-MS/MS 检测鸡蛋中 16 种磺胺类药物残留[J]. 分析试验室, 2015(10): 1 141-1 144.
- [15] 李仪, 张炎, 张雅婷, 等. 微萃取超高效液相色谱检测磺胺类药物的研究[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2019(2): 156-163.
- [16] 刘桂英, 宋广军, 王召会, 等. 固相萃取—超高效液相色谱串联质谱法测定水产品中磺胺类药物残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2019(8): 2 240-2 246.
- [17] 刘思思, 杜鹃, 陈景文, 等. 加速溶剂萃取—高效液相色谱—串联质谱联用测定莱州湾海水养殖区野生鱼肌肉中 19 种抗生素及 2 种磺胺代谢产物残留[J]. 色谱, 2014(12): 1 320-1 325.
- [18] 王露, 汪怡, 杭学宇, 等. 磁性固相萃取—高效液相色谱法测定牛奶中 4 种磺胺类药物[J]. 理化检验(化学分册), 2017(5): 562-565.
- [19] 孙红祥, 许英雷. 抗菌药物与甲氧苄啶联合抗菌作用的测定[J]. 中国兽药杂志, 2001, 35(4): 25-27.
- [20] 楼立峰, 章学东, 张成先, 等. 商品乌鸡饲养管理技术要点[J]. 杭州农业与科技, 2013(3): 36-38.

(上接第 96 页)

- [26] 宋韶芳, 陈坤才, 刘于飞, 等. 广州市市售大米镉污染及健康风险评估[J]. 预防医学, 2020, 32(7): 723-725.
- [27] 段夏菲, 曾雅, 李映霞, 等. 食品安全指数法评估广州市海珠区果品中有机磷类农药残留的风险[J]. 中国卫生检验杂志, 2020, 30(1): 87-90.
- [28] 金征宇, 胥传来, 谢正军. 食品安全导论[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 255-257.
- [29] 生吉萍, 宿文凡, 罗云波. 食品流通领域风险分析与风险控制[J]. 食品工业科技. (2020-05-11). [2020-08-03]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20200511.1212.008.html>.
- [30] 刘宗妹. “区块链+射频识别技术”赋能食品溯源平台研究[J]. 食品与机械. (2020-06-02). [2020-08-03]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1183.TS.20200602.1350.008.html>.