

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.08.021

肉鸡产业技术体系生产监测与产品质量可追溯平台设计*

陈长喜^{1,2} 张宏福¹ 飞顿经纬²

(1. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100193; 2. 天津农学院计算机科学与信息工程系, 天津 300384)

【摘要】 为增强畜禽产品可追溯的公信度, 开发了涵盖肉鸡生产与屠宰加工标准体系, 兼顾企业、政府与消费者三方利益, 具有第三方认证的肉鸡产业技术体系生产监测与产品质量可追溯平台。该平台包括雏鸡生产子系统、肉鸡生产子系统、肉鸡屠宰加工子系统、肉鸡储运子系统、肉鸡销售子系统、体系管理部门子系统、检验检疫子系统和一个用于各个子系统登录、消费者查询及体系管理部门信息发布的网站系统。平台采用 Java EE 构架开发, 整个项目的设计都建立在 SSH 框架之上, 遵循 MVC 设计模式。采用 Java 和 Action Script 3.0 语言设计, 用 Flex 技术实现视频即时通信功能, 数据库采用 SQL Server 2005, Web 服务器为 Apache Tomcat 6.0。该平台实现了肉鸡从生产、屠宰加工、冷链储运到销售所有环节信息的可追溯, 能够从操作层面保证肉鸡产品安全。

关键词: 可追溯体系 肉鸡 食品安全 系统设计

中图分类号: X954; S831; TP311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)08-0100-07

Traceability Platform Design of Production Monitoring and Products Quality for Broilers Industry Technology System

Chen Changxi^{1,2} Zhang Hongfu¹ Feixie Jingwei²

(1. Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

(2. Department of Computer Science and Information Engineering, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China)

Abstract

In order to enhance public trust of livestock and poultry products, traceability platform of production monitoring and products quality for broilers industry technology system was developed. It covered standard systems of broilers production, slaughter and processing, gave benefit consideration to enterprises, governments and consumers tripartite. It possessed of third-party authentication. The traceability platform included chicken production subsystem, broilers production subsystem, broilers slaughter and processing subsystems, broilers storage and transportation subsystem, broilers sales subsystem, the third-party administration subsystem and the inspection and quarantine subsystem and a site system for every subsystem login, consumer inquiries and information releasing of system administration. The design of project was built on SSH by using architecture of Java EE, and followed the MVC design pattern. Java and Action Script 3.0 language was used in design and implementation of platform, Flex technology was also adopted to implement real-time video communication. SQL Server 2005 was used as database, Apache Tomcat 6.0 was used as Web server. The platform realized the traceability of all broilers-related information, from the production, slaughter, processing, cold chain storage, and transport to sales. The traceability platform, from the operational level, ensured the safety of chicken products.

Key words Traceability system, Broilers, Food safety, System design

收稿日期: 2010-05-06 修回日期: 2010-05-19

* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD14B03)和现代农业产业技术体系建设专项基金资助项目(nycytx-42)

作者简介: 陈长喜, 博士后, 天津农学院副教授, 主要从事农业信息化技术研究, E-mail: changxichen@yahoo.com

通讯作者: 张宏福, 研究员, 博士生导师, 主要从事动物营养与标准化研究, E-mail: zhanghf6565@vip.sina.com

引言

世界范围内日趋严峻的食品安全形势,促使各国将“食品安全”提高到国家安全战略高度,纷纷立法来建立食品可追溯制度。我国自2004年起各地区、各部门开展了食品可追溯试点示范工作^[1-2]。在畜禽追溯领域国内已有比较成熟的追溯系统^[3-5],涵盖电子秤、条码技术、RFID卡、激光蚀刻技术与无线分频技术等,与硬件连接紧密;有的具有短信查询平台、触摸屏查询,较为完善。但与国外可追溯系统^[6-10]相比缺乏相应的标准体系,亦缺乏政府管理部门的监管及产品质量第三方认证,仅是直接从屠宰加工环节到销售环节而没有冷链储运环节的非全程追溯,追溯结果不能令人信服。这就导致了我国畜禽产品在国内的消费领域产品质量追溯缺乏公信力,面对国外出口也频频遭遇质量、卫生和技术标准等方面的技术性贸易壁垒。另外,我国的畜禽养殖生产比较分散,生产集约化程度不高,科技化、标准化水平较低;建立可追溯系统的成本相对较高,企业缺乏前期投入的动力。这些均是可追溯系统亟待解决的问题。本文针对上述问题,开发一套肉鸡产业技术体系生产监测与产品质量可追溯信息平台,实现以下功能:①可体现肉鸡从生产、屠宰加工、储运到销售的所有过程及环节信息。②能使企业生产与管理信息化,并通过信息化建设对产品质量安全进行全过程监控,能提高生产效率、降低管理成本、提升品牌优势,经济效益显著。③涵盖肉鸡饲养与屠宰加工等行业标准体系,具有政府管理部门的监管与肉鸡产业技术体系的第三方平台机构认证。④具备肉鸡生产疫情预警与肉鸡产品质量安全风险预警功能,便于企业生产管理与政府部门对肉鸡产品质量的监管。⑤兼顾生产者、消费者、监管部门三方的利益。肉鸡生产(屠宰加工)者能提高产品的品牌优势从而带来经济效益;监管部门能对肉鸡生产进行适时引导,对肉鸡产品的质量安全实行认证、检验、市场准入与责任认定以实现有效监管与安全风险预警,并且当发生质量安全事件时能落实到具体单位的具体责任人;消费者能通过信息查询服务平台(网络、短信、电话、超市触摸屏等)查询所购肉鸡产品从生产到销售的各个情况,保证知情权。

1 可追溯平台面向对象系统分析

使用面向对象的概念来分析、描述软件系统并构造系统模型,系统建模过程用统一建模语言(UML)。基于UML的信息系统软件建模遵循

Rational 统一过程(rational unified process,简称RUP)的核心思想和基本原则,即以Use Case(用例)驱动的、体系构架为核心的迭代化的面向对象分析和设计过程^[11]。遵循RUP进行系统建模具体步骤为:

(1) 识别可追溯平台的参与者

可追溯平台参与者包括消费者、肉鸡生产企业系统管理员与各栋舍饲喂信息录入人员、屠宰加工企业管理员与操作人员、检验检疫人员、体系管理部门管理员、储运企业管理员与信息录入人员、肉鸡销售企业管理与操作人员等。

(2) 识别用例,画出用例图

主要用例图如图1所示。

(3) 可追溯平台的操作流程

雏鸡生产、肉鸡生产、肉鸡屠宰与加工企业首先向第三方的肉鸡体系管理部门提出生产“无公害、绿色”肉鸡产品标识认证申请(申报信息包括所在地区、申请人全称、产品名称、商标、年产量等),第三方体系管理部门组织人员检测、检验后在网站上公布肉鸡生产企业名录,并对其产品进行宣传及发布购售信息。

雏鸡生产者记录肉鸡的祖代、父母代、商品代信息。

肉鸡生产者以肉鸡栋舍为单位记录每一栋舍肉鸡的饲喂信息。经过42~45d后生产出的肉鸡产品将由检验、检疫部门检测、检验,检验合格后送至屠宰加工部门。

屠宰加工者记录每批次肉鸡屠宰加工信息,生产的肉鸡产品经检验、检疫合格后方可进入流通及销售领域。

储运者记录储运环节的接收、入库、出库及货物发送信息。

销售者记录销售环节信息。

消费者购买肉鸡产品后可通过网络、短信、电话等媒介查询肉鸡从雏鸡生产、肉鸡生产、肉鸡屠宰加工、储运到销售环节的所有信息。发现产品质量问题可通过产品标识码投诉。

体系管理部门接受肉鸡生产者及屠宰加工者上报的信息进行审核管理、疫情预警及肉鸡产品质量安全预警。

这些过程可用UML的泳道活动图来描述,如图2所示。

(4) 可追溯平台的系统结构

通过对用例及操作流程的分析可知,肉鸡可追溯平台应包含7个子系统和1个用于各个子系统登录、消费者查询及体系管理部门信息发布的网站系

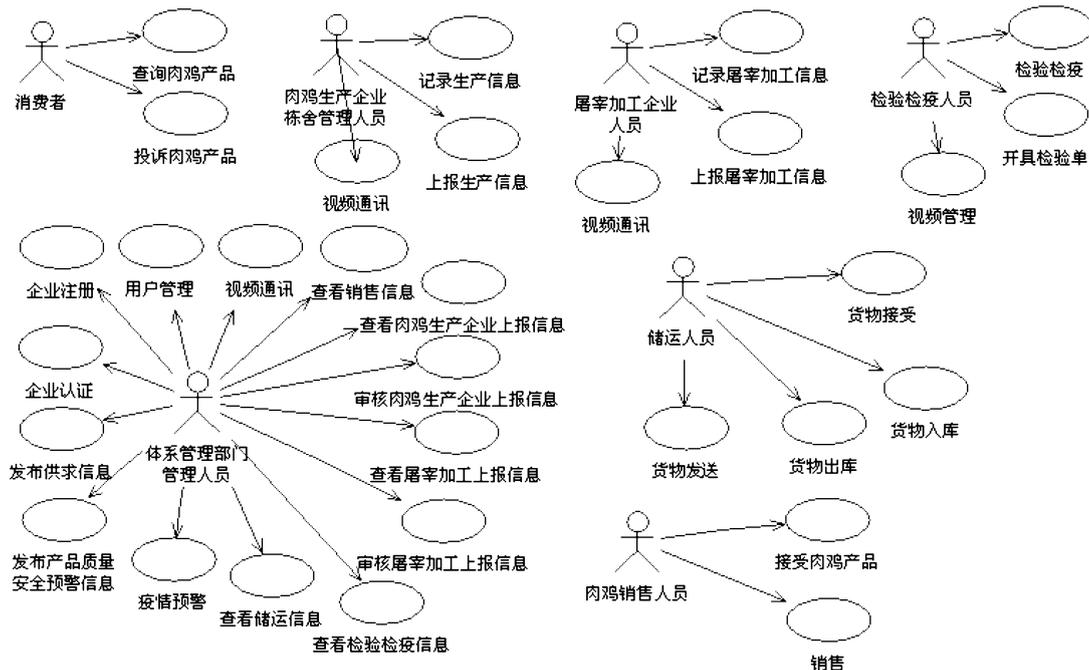


图1 肉鸡可追溯平台用例图

Fig. 1 Use case diagram of broilers traceability platform

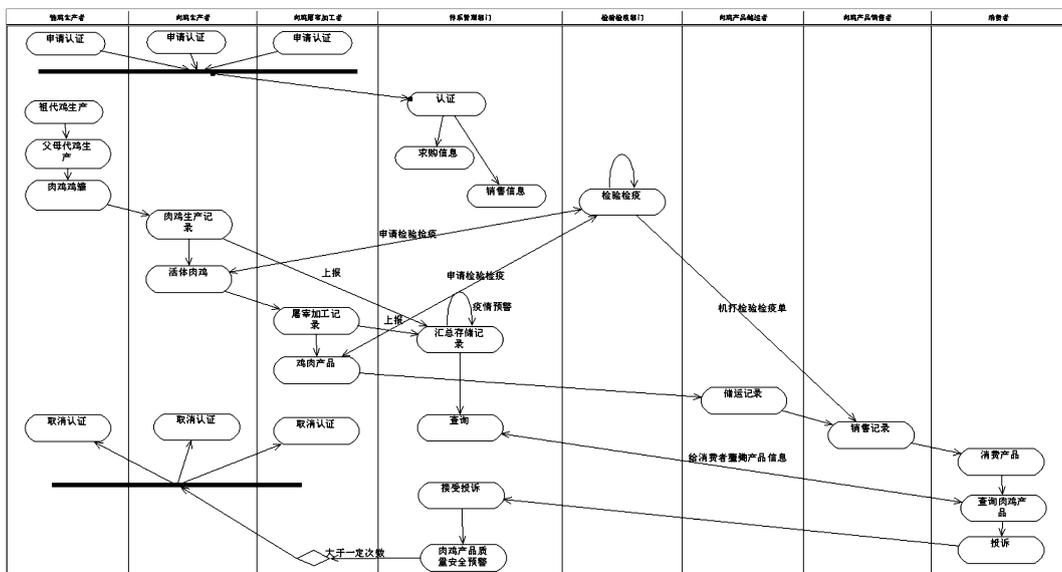


图2 肉鸡可追溯平台泳道活动图

Fig. 2 Swimlane activity diagram of broilers traceability platform

统。7个子系统包括:雏鸡生产子系统、肉鸡生产子系统、肉鸡屠宰加工子系统、肉鸡储运子系统、肉鸡销售子系统、体系管理部门子系统、检验检疫子系统。

(5) 对每个用例进行分析和用例实现,画出顺序图及协作图等。找出系统中的名词和动词,名词可成为系统的类名或属性,动词可成为类中方法。识别相关的接口类、控制类及实体类,画出类图,再生成组件图和配置图^[12](图略)。

(6) 按照文献[13]的方法从UML对象映射数据库字段。数据库显示略,可通过可追溯平台的实现图来展示有关数据库结构。

2 可追溯平台设计与实现

2.1 开发架构

考虑到肉鸡可追溯系统平台的复杂性及其未来的可扩展性,采用具有可伸缩与平衡负载能力的、“跨平台”性强的,能够高效、安全管理多层开发与部署的Java EE架构来开发。整个项目的设计都建立在SSH框架(即Spring、Struts、Hibernate 3种框架)之上,Struts主要起控制和视图作用;Spring主要是实现类与类之间的松耦合,核心是依赖注入(inversion of control,简称IOC)和面向方面的编程

(aspect oriented programming, 简称 AOP); Hibernate 做数据持久层^[14]。

2.2 可追溯平台软件体系结构

开发遵循 MVC 设计模式,将表示逻辑、业务逻辑与数据逻辑相分离。因此,相比于其他 B/S 系统,该系统具备了更高的复用性和更低的耦合度。整个系统分为 Web 展示层、业务逻辑层和持久层 3 层。展示层主要是页面展示和表示层逻辑;业务层提供业务服务,包括业务数据和业务逻辑,汇集了大部分业务逻辑处理;持久层主要负责数据的存储和组织^[15]。可追溯平台具体的体系分层结构如下:

(1) Web 展示层

该层负责雏鸡生产信息、肉鸡生产信息、屠宰加工信息、储运信息和销售信息等生产和销售模块的界面显示,通过该层将用户的请求发送至业务层,然后显示由业务层返回结果。

(2) 业务逻辑层

该层负责对用户的请求进行逻辑处理,通过与持久层交互,完成数据验证以及数据库的增、删、查、改等业务。对于 Web 展示层,该层被称作被调用者,而对于持久层,该层为调用者,该层具有承上启下的作用。在设计的过程中,遵循了面向对象接口设计的思想,有效地弱化了相互间依赖的关系。

(3) 持久层

该层功能包括数据访问与数据对象处理等,是一个相对独立的逻辑层面,专注于数据持久化逻辑的实现。与其它层相比,它具有较为清晰的逻辑界限。

如此分层的体系结构设计,在最大程度上减少了业务模块之间的耦合度、提高了内聚性,增强了软件的复用性,使得整个平台系统能够敏捷地适应业务规则的变化。

2.3 设计实现

2.3.1 开发环境及操作过程

可追溯平台使用 Java 和 Action Script 3.0 语言,结合 Flex^[16],在集成开发环境 IDE (integrated development environment) My Eclipse 7.0 Milestone-1 和 Adobe Flex Bulder 3.0 下编写实现。数据库采用 SQL Server 2005, Web 服务器采用 Apache Tomcat 6.0。搭建 SSH (Struts 1.3 + Spring 2.0 + Hibernate 3.0) 环境的实现步骤^[17]如下:

(1) 引入 Struts 和 Spring 框架所需要的包。

(2) 配置数据源,打开数据库视图,新建数据源,然后配置相关信息。

(3) 加入 Hibernate 框架,引入相关的包(由于加入了 Spring 框架,使用 Spring 自带的 Session Factory,将 Session 交由 Spring 管理,所以不用再创

建 Session 对象)。

(4) 映射数据库中的表,通过 My Eclipse 生成操作数据库的 Dao 类,并自动生成映射表的配置文件,配置文件会将相关配置自动加入 applicationContext.xml 中, Spring 通过加载 applicationContext.xml 来管理这些类的配置信息。

(5) 将 applicationContext.xml 放到 WEB-INF 目录下;配置 web.xml,加入监听。

2.3.2 可追溯平台具体实现

(1) 信息发布、查询及各个子系统登录的主网站与登录子系统的实现如图 3 所示。



图 3 信息发布与查询网站主界面及各子系统登录界面

Fig. 3 Website main interface of information release and query and subsystem login

(2) 体系管理部门子系统对认证企业上报信息审核及预警的实现如图 4 所示。

图 4a 为体系管理部门审核肉鸡生产企业上报信息,图 4b 为预警肉鸡产品质量,当输入投诉肉鸡产品次数大于 2 次时显示企业信息,图 4c 显示死亡率大于 5% 的肉鸡生产企业(此可预警疫情)。

(3) 肉鸡生产子系统的实现如图 5 所示。

(4) 屠宰加工子系统的实现如图 6 所示。

为了保持界面的友好和美观,屠宰加工子系统采用了 Flex 技术。

(5) 消费者查询肉鸡产品的实现如图 7 所示。

(6) 可追溯平台各个子系统用户间视频通信与管理的实现。

为了保证各个子系统间的即时通信,可追溯平台实现了实时视频通信功能,该功能类似于 QQ,可进行语音与文字通信。视频通信采用 Flex^[16] 进行开发,不但实现了各子系统用户间视频的即时通信与管理,而且对于偏远地区肉鸡养殖户可直接与在线养殖专家远程联系,进行在线咨询与鸡病的在线诊断(图 8)。

3 其他关键技术

3.1 可追溯平台采用 C/S 与 B/S 混合架构

大型肉鸡生产与屠宰加工企业的信息化建设较好,采用瘦客户端的 B/S 结构。许多肉鸡生产企业

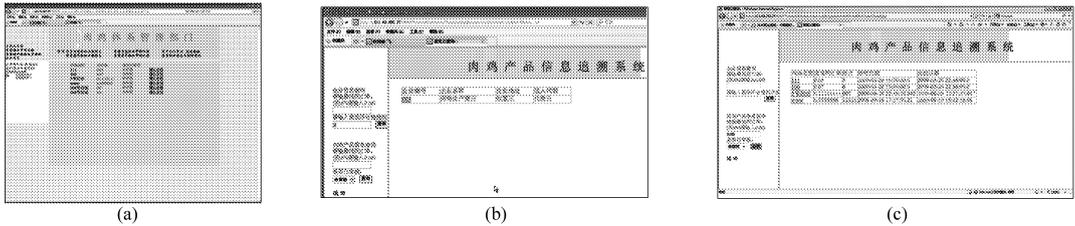


图4 体系管理部门审核及查询预警实现界面

Fig.4 Implementation interface of broilers industry administration auditing, query and early-warning

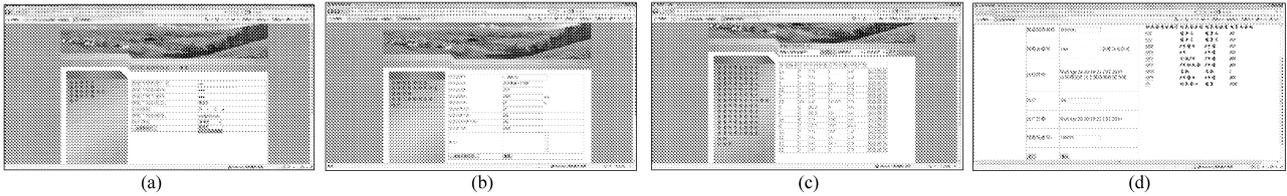


图5 肉鸡生产子系统管理员用户实现界面

Fig.5 Implementation interface of operation of broilers production subsystem's administrator

(a) 企业生产人员管理 (b) 饲养肉鸡的栋舍管理 (c) 管理录入的饲喂信息(如温度、湿度、光照、发病、免疫、通风等) (d) 上报生产信息

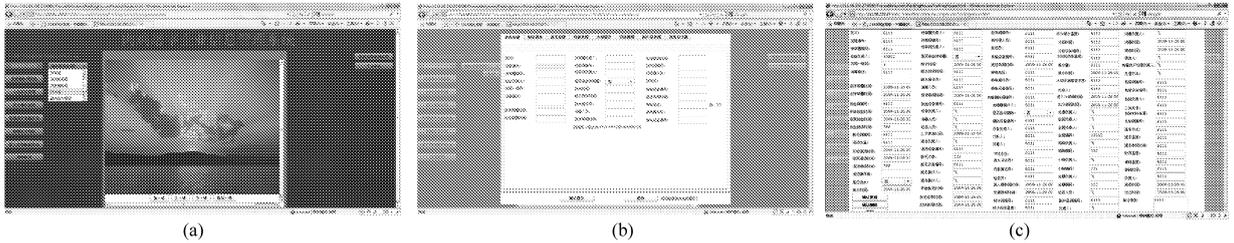


图6 屠宰加工子系统管理员实现界面

Fig.6 Implementation interface of operation of broilers slaughter and processing subsystem's administrator

(a) 屠宰加工企业管理员主界面 (b) 各操作流程信息录入 (c) 管理操作信息

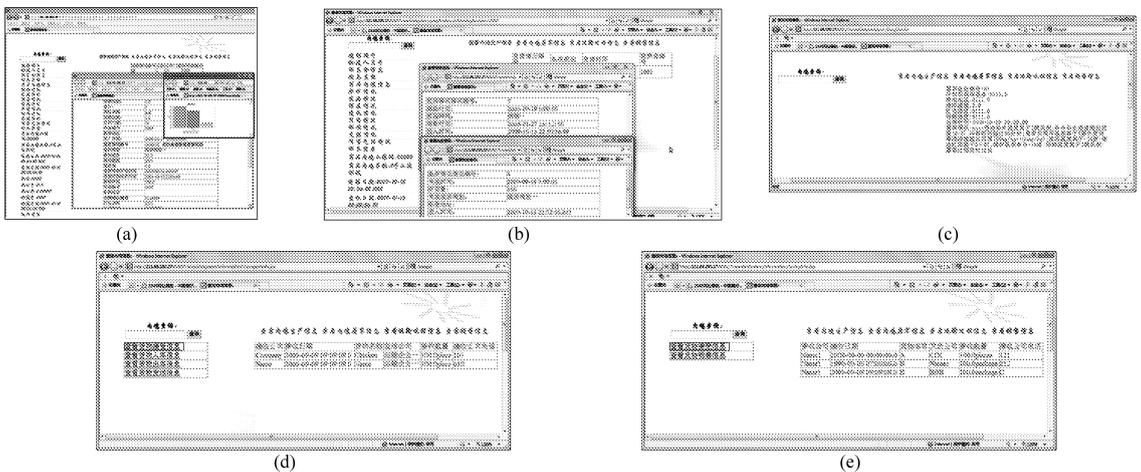


图7 消费者查询肉鸡产品信息实现界面

Fig.7 Implementation interface of consumers inquiry broilers products information

(a) 肉鸡饲喂情况 (b) 免疫及发病状况 (c) 屠宰加工情况 (d) 储运情况 (e) 销售情况

采用“企业加农户”的生产方式,有些养殖户无计算机,亦没有 Internet 网络,故肉鸡可追溯平台采用 C/S与 B/S 架构相混合的方式。没有计算机的养殖栋舍养殖人员配置 RFID 手执设备(内置编制好的录入信息程序)录入信息后,人工通过平台系统计算机终端设备将录入信息传送至可追溯平台。

3.2 系统安全性分析

当肉鸡产品发生安全事件时要落实相关责任单位与责任人,故可追溯平台各子系统管理人员与信息录入人员身份验证非常重要。身份验证采用登录名与密码登录,除了在数据库端采用 md5^[18]加密与解密手段,还在程序代码级上给出整个可追溯平台



图 8 可追溯平台各个子系统用户间视频通信实现界面

Fig. 8 Implementation interface of video communication between subsystems users in traceability platform

超级用户管理员身份验证及权限。可追溯平台各子系统用户采用分层管理,整个平台有一个负责创建各个子系统的超级用户,再由各子系统的超级用户创建子系统某企业的超级用户,企业的超级用户再创建本企业管理员与信息录入员,这样的层次化管理有利于落实责任。可追溯平台正处于推广阶段,待系统完善后可采用“数字签名”^[18]的方式,这样就更能保障可追溯平台的信息安全。

3.3 需保存单据实行机制打印

当前,许多畜禽产品纸制的、需保存单据均是手写开具,如检验、检疫合格证由检验检疫人员手写开具或只加盖“蓝章”,易被造假,也不能规范检验、检疫人员,本可追溯平台采用机制打印,即若在可追溯平台中找不到相关肉鸡信息或某一环节信息缺失,则打印不出检验、检疫单,不准流通到市场,保证了肉鸡食品安全。当所有环节信息均完整时,打印的

检验、检疫单载有检验检疫人员信息,能很好地落实责任,抑制腐败现象的发生。

3.4 追溯粒度

肉鸡不像大牲畜(如牛、猪等)实行每个牲畜一个唯一标识(通常是耳标),肉鸡产量大、生产周期短,个体小且不易固定标识,若每个肉鸡均有唯一标识,成本增加多。故在肉鸡生产阶段每个栋舍内的肉鸡均采用相同的标识,在肉鸡屠宰阶段采取相同生产标识的肉鸡集中屠宰,虽稍显繁琐,降低了屠宰加工企业生产效率,但增强了肉鸡产品的安全性。

3.5 标识

考虑到成本与效率因素,肉鸡可追溯标识采用条码与 RFID 相结合的方式,条码用于肉鸡产品包装与销售,RFID 标识用于产业链的信息传递。

参照国家农业部《畜禽标识和养殖档案管理办法》^[19]以及 EAN/UCC 编码标识^[20],可追溯标识设为 22 位。

4 结束语

肉鸡产业技术体系生产监测与产品质量可追溯平台真正实现了肉鸡从生产、屠宰加工、冷链储运到销售所有环节信息的可追溯。能够从操作层面保证肉鸡产品安全,当发现质量问题及可能发生的疫情能及时预警并落实相关具体单位与具体责任人。该可追溯平台包含肉鸡生产与屠宰行业的标准体系,能够提高企业生产效率、降低生产成本、提升品牌优势,从而突破贸易壁垒,扩大出口;能够便于政府管理部门监管;消费者可通过各种媒介查询肉鸡产品信息,保证了消费者的知情权。

参 考 文 献

- 施泽平,农产品质量安全实施 IC 卡监管的实践与思考[J]. 农业质量标准, 2005(6):24~26.
- 樊红平,冯忠泽,杨玲,等. 可追溯体系在食品供应链中的应用与探讨[J]. 生态经济, 2007(4):63~65.
Fan Hongping, Feng Zhongze, Yang Ling, et al. Appliance and discussion of traceability system in food chain[J]. Ecological Economy, 2007(4):63~65. (in Chinese)
- 谢菊芳,陆昌华,李保明,等. 基于 .NET 构架的安全猪肉全程可追溯系统实现[J]. 农业工程学报, 2006,22(6):218~220.
Xie Jufang, Lu Changhua, Li Baoming, et al. Implementation of pork traceability system based on .NET framework [J]. Transactions of the CSAE, 2006,22(6):218~220. (in Chinese)
- 咎林森,申光磊,段军彪,等. 基于 JSP 的牛肉质量安全可追溯网络化系统研究[J]. 中国农学通报, 2006,22(12):13~16.
Zan Linsen, Shen Guanglei, Duan Junbiao, et al. Research on management of traceability of beef safety system through the internet based on JSP[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006,22(12):13~16. (in Chinese)
- 白云峰,陆昌华,李秉柏,等. 肉鸡安全生产质量监控可追溯系统的实现[J]. 江苏农业学报, 2006,22(3):281~284.
Bai Yunfeng, Lu Changhua, Li Bingbo, et al. Realization of traceable system for broiler safe production monitoring[J]. Jiangsu of Agr. Sci., 2006,22(3):281~284. (in Chinese)
- Jansen-Vullers M H, van Dorp C A, Beulens A J M. Managing traceability information in manufacture[J]. International Journal of Information Management, 2003,23(5):395~413.
- Pettitt R G. Traceability in the food animal industry and supermarket chains [J]. Rev. Sci. Tech. Off., Int. Eplz., 2001,

- 20(2):584~597.
- 8 De Castro Nero M, Rodrigues M BL, Pinto P A, et al. Traceability on the Web—a prototype for the Portuguese beef sector [C]//EFITA 2003 Conference, 2003(2):5~9.
- 9 Mousavi A, Sarhadi M, Lenk A, et al. Tracking and traceability in the meat processing industry: a solution[J]. British Food Journal, 2002, 104(1):7~19.
- 10 DeeVon B. The evolution of identity preservation in red meat markets[J]. Managing for Today's Cattle Market and Beyond, 2002:1~4.
- 11 尤克滨. UML 应用建模实践过程[M]. 北京:机械工业出版社,2003:38~39,56~139.
- 12 Chen Changxi, Guo Lihong. Modeling of C³I system in laser countermeasure weapon system[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2008, 15(2):261~265.
- 13 胡于进,张志峰. 基于 UML 的对象-关系数据库设计[J]. 机械与电子,2004(3):42~44.
Hu Yujin, Zhang Zhifeng. Design of object-relation database based on UML[J]. Machine & Electronics, 2004(3):42~44. (in Chinese)
- 14 李刚. 轻量级 Java EE 企业应用实战[M]. 北京:电子工业出版社,2009:156~268.
- 15 思志学. 整合详解与典型案例-J2EE[M]. 北京:电子工业出版社,2008:178~245.
- 16 Jeff Tapper 等. Flex 3 权威指南[M]. 北京:人民邮电出版社,2009:278~324.
- 17 刘中兵. 开发者突击:Java Web 主流框架整合开发[M]. 北京:电子工业出版社,2008:161~317.
- 18 Charles P Pfleeger, Shari Lawrence Pfleeger. Security in computing[M]. 北京:机械工业出版社,2004:629~691,253~258.
- 19 中华人民共和国农业部. 畜禽标识和养殖档案管理办法[S]. 2006.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Livestock identification and breeding archives management measures [S]. 2006. (in Chinese)
- 20 杨信廷,孙传恒,钱建平,等. 基于 UCC/EAN-128 条码的农产品质量追溯标签的设计与实现[J]. 包装工程,2006, 27(3):113~114.
Yang Xinting, Sun Chuanheng, Qian Jianping, et al. Design and implementation of quality traceable label for farm products based on UCC/EAN-128 bar code[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(3):113~114. (in Chinese)
- 21 张欣露,王成,吴勇,等. 集成传感器电子标签在农产品溯源体系中的应用[J]. 农业机械学报,2009,40(增刊):129~133.
Zhang Xinlu, Wang Cheng, Wu Yong, et al. Sensors integration in RFID tags for agricultural traceability[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(Supp.):129~133. (in Chinese)

(上接第 93 页)

- 20 Hua J, Wu M, Kumar K. Numerical simulation of the combustion of hydrogen-air mixture in micro-scaled chambers part II: CFD analysis for a micro-combustor[J]. Chemical Engineering Science, 2005, 60(13):3507~3515.
- 21 Norton D G, Vlachos D G. A CFD study of propane/air microflame stability[J]. Combustion and Flame, 2004, 138(1~2):97~107.
- 22 Norton D G, Vlachos D G. Combustion characteristics and flame stability at the microscale: a CFD study of premixed methane/air mixtures[J]. Chemical Engineering Science, 2003, 58(21):4871~4882.
- 23 杨世铭,陶文铨. 传热学[M]. 北京:高等教育出版社,1998.
- 24 Poinsot T, Candel S, Trouw A. Applications of direct numerical simulation to premixed turbulent combustion[J]. Progress in Energy and Combustion Science, 1995, 21(6):531~576.
- 25 Chen G B, Chen C P, Wu C Y, et al. Effects of catalytic walls on hydrogen/air combustion inside a micro-tube[J]. Applied Catalysis A: General, 2007, 332(1):89~97.
- 26 Kim N I, Kato S, Kataoka T, et al. Flame stabilization and emission of small swiss-roll combustors as heaters[J]. Combustion and Flame, 2005, 141(3):229~240.
- 27 Barra A J, Ellzey J L. Heat recirculation and heat transfer in porous burners[J]. Combustion and Flame, 2004, 137(1~2):230~241.
- 28 Chen G B, Chao Y C, Chen C P. Enhancement of hydrogen reaction in a micro-channel by catalyst segmentation[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2008, 33(10):2586~2595.