

基于无线传感网的雪花牛肉信息溯源系统设计

林盛业^{1,2}, 梁琨¹, 彭增起³, 沈明霞^{1,*}, 刘龙申¹, 徐亚妮¹

(1.南京农业大学工学院, 江苏 南京 210031; 2.江苏省现代设施农业技术与装备工程实验室, 江苏 南京 210031;
3.南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095)

摘要:为实现雪花牛肉生产信息高效采集与追溯, 研发了基于无线传感网的雪花牛肉信息溯源系统。系统利用由STM32芯片、CC1101射频模块和SHT10传感器模块组成的节点采集温湿度数据, 利用电荷耦合器件相机采集雪花牛肉等级信息, 并发送信息至服务器储存。通过设计牛肉产品溯源编码将不同信息表链接, 实现Web端雪花牛肉信息的远程追溯。结果表明: 在低温高湿的生产环境中, 系统采集温度误差在 $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内, 湿度误差在 $\pm 1.0\%$ 内, 牛肉图片采集时间在6 s左右, Web平台牛肉信息溯源成功率可达100%。雪花牛肉信息溯源系统能够稳定可靠地运行, 从而实现各项功能。

关键词:雪花牛肉; 无线传感网; 信息溯源; 二维条码

Design of Snowflake Beef Information Tracing System Based on Wireless Sensor Networks

LIN Shengye^{1,2}, LIANG Kun¹, PENG Zengqi³, SHEN Mingxia^{1,*}, LIU Longshen¹, XU Yani¹

(1. College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China;
2. Jiangsu Province Engineering Lab for Modern Facility Agriculture Technology and Equipment, Nanjing 210031, China;
3. College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: A snowflake beef information tracing system based on wireless sensor networks was developed to trace and collect information on snowflake beef effectively. In the system, nodes composed of STM32 chip, CC1101 radio frequency module and SHT10 sensor module were used to collect temperature and humidity data. The system collected information about snowflake beef grading with a charge-coupled device (CCD) camera and sent the data to the server for storage. The system connected different data tables with the designed traceability code to achieve remote tracing of the information on snowflake beef on the web. Results showed that, in low temperature and high humidity environment, the temperature error of the system was less than $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the humidity error was less than $\pm 1.0\%$. It took about 6 seconds to photos of beef and the accuracy of tracing beef information on the web platform was 100%. The system could work steadily to implement each function normally.

Key words: snowflake beef; wireless sensor networks; information traceability; two-dimensional barcode

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201623013

中图分类号: TP274.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 23-0078-06

引文格式:

林盛业, 梁琨, 彭增起, 等. 基于无线传感网的雪花牛肉信息溯源系统设计[J]. 食品科学, 2016, 37(23): 78-83.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201623013. <http://www.spkx.net.cn>

LIN Shengye, LIANG Kun, PENG Zengqi, et al. Design of snowflake beef information tracing system based on wireless sensor networks[J]. Food Science, 2016, 37(23): 78-83. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201623013. <http://www.spkx.net.cn>

雪花牛肉作为高端牛肉产品, 具有良好的市场前景^[1-2]。因此建立完整精确的雪花牛肉信息追溯系统, 实现生产流通

全程信息透明化具有重要意义。在出现安全事件时, 监管者通过溯源系统可以快速召回问题产品, 减少相关损失。

收稿日期: 2016-02-16

基金项目: 国家现代农业(肉牛)产业技术体系建设专项(nycyt-38); 农业科技成果转化资金项目(SQ2011ECC100043); 江苏省产学研前瞻性联合研究项目(BY2014128-01; BY2015071-06)

作者简介: 林盛业(1991—), 男, 硕士研究生, 主要从事农业信息化研究。E-mail: 1139821287@qq.com

*通信作者: 沈明霞(1964—), 女, 教授, 博士, 主要从事检测技术自动化装置研究。E-mail: mingxia@njau.edu.cn

目前,国外在食品质量信息追溯方面已经有了较多的研究,研发了成熟稳定的农产品信息追溯系统^[3-4]。美国海鲜质量溯源系统^[5],对海鲜产品捕捞、加工、销售等重要环节信息进行跟踪,利用开放数据库连接与射频识别(radio frequency identification, RFID)技术进行全程数据记录。澳大利亚畜产品质量追溯系统是采用国家牲畜标识计划认证的耳标确定个体身份,将家畜生长和屠宰信息记录到追溯系统数据库中^[6]。

国内也进行了农产品有关的溯源信息系统研究,但是总体水平仍然落后于发达国家^[7-11]。谢菊芳等^[12]较早开展了安全猪肉可追溯系统的研究,实现了肉用猪及其相关产品的质量监控。申光磊等^[13]对牛肉质量安全信息进行网络化设计,使用RFID进行身份标识,同时利用JSP设计技术对牛信息进行展示。熊本海等^[14]对散养猪进行猪肉安全信息追溯研究,利用移动智能识读技术、通用分组无线服务技术与二维码标识技术提出了猪只在散养模式下的养殖信息采集技术方案,开发了基于嵌入式的猪只养殖信息采集系统。任守纲等^[15]利用RFID射频识别技术、物联网及电子产品代码技术设计肉品销售跟踪及追溯体系。综上所述,我国多数肉品信息追溯系统实现了肉类产品自身属性信息采集和管理,但是对生产过程中影响肉品质量的关键信息未能做到实时跟踪监控^[16-18]。目前,国内针对雪花牛肉的肉品信息溯源系统的研究成果较少,雪花牛肉作为高附加值的牛肉,出厂前会进行专业的雪花等级评定,评估牛肉多项指标,最终等级会对雪花牛肉销售定价产生直接影响^[19-22]。因此,雪花牛肉的信息溯源系统要对雪花等级等指标进行采集与追溯。

本研究采用无线传感网技术、ASP.NET技术、数据库技术和二维条码技术,设计雪花牛肉信息溯源系统,对雪花牛肉生产环节重要信息进行采集,用户可以查询雪花牛肉生产环境温湿度、雪花丰富度等级、用药检疫、分割包装等关键信息。

1 材料与方

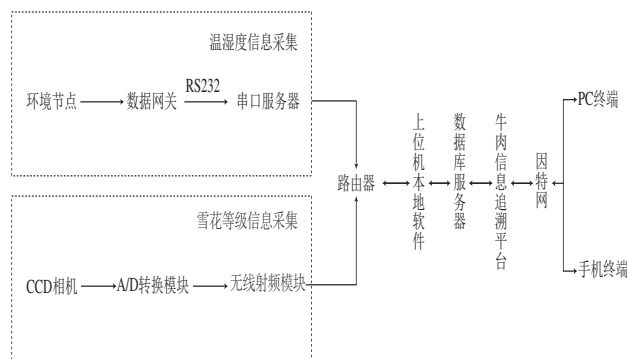
1.1 雪花牛肉信息溯源系统总体设计

雪花牛肉信息溯源系统需要具备3方面的要素,首先对雪花牛肉个体以及后续生产中胴体与部位肉进行标识,记录相关身份信息编码,实现雪花牛肉产品身份信息编码唯一性。其次,设计雪花牛肉溯源信息数据库,对雪花牛肉生产过程中环境信息、雪花等级等信息分类存储。最后要保证用户在溯源时能快速获取到全面完整的雪花牛肉信息。

雪花牛肉信息追溯系统主要功能是对雪花牛肉产品生产流通过程中关键信息进行采集,包括牛耳标编号、

胴体编号、温湿度环境信息、大理石花纹等级、检疫情况等信息,并且向用户提供溯源界面查询牛肉产品各方面信息。

通过对溯源系统功能分析,系统基本设计分为3个层面(图1)。数据采集层:由温湿度采集节点,网关实时采集上传生产环境温湿度数据,同时由雪花等级检测终端对胴体眼肌图片进行采集。数据存储层:由雪花牛肉信息数据库,各级路由组成的数据传输存储层面,将采集的数据实时上传、存储,并且向上位机提供所需数据进行处理。人机交互层:由基于C/S架构的客户端本地软件和基于B/S架构的雪花牛肉产品溯源网站组成人机交互层面,方便用户准确查询雪花牛肉产品信息。



CCD. 电荷耦合器件(charge-coupled device)。

图1 雪花牛肉信息溯源系统总体方案设计

Fig. 1 Overall design of snowflake beef information system

1.2 雪花牛肉身份信息编码



图2 雪花牛肉身份标签示例

Fig. 2 Example of identity label for snowflake beef

为了快速、有效地对雪花牛肉产品追踪,需要对每一份雪花牛肉产品进行身份编码的标识,以有效地区分牛肉产品^[23-24]。目前,主流的商品标识编码有ITF-14、UCC/EAN-128、EAN-8等^[25],均具备了良好的通用性和标准性,可以给雪花牛肉产品编码方式提供参考。根据对雪花牛肉生产过程分析,采取结合雪花牛个体编码与生产过程编码相结合的溯源编码方式,选取雪花牛自身编号、部位肉编号、部位肉雪花等级、生产企业编号、生产批次编号等信息作为编码关键信息,对雪花牛肉产品进行溯源编码,并利用此编码建立产品不同阶段信息

数据库之间的关联,最后将编码的二维码信息附于产品标签上(图2)。产品标签的记录信息为:在大连雪花产业集团有限公司生产批次1401348中,牛耳标号为524683,雪花丰富度为5级的牛胸部肉产品。

1.3 雪花牛肉信息溯源系统硬件设计

由于雪花牛肉生产现场环境复杂,分割流水线上有多种器械同时工作,从信息采集方便程度、设备布置成本考虑,适合采用无线传感网技术采集雪花牛肉生产信息。无线传感网络主要由温湿度采集节点、温湿度数据汇聚网关、雪花等级检测终端组成。

1.3.1 温湿度采集节点设计

本设计中温湿度采集节点由微控制器、温湿度传感器模块、无线射频通信模块、供电模块等组成(图3)。由于雪花牛肉生产对环境温度、湿度有较高要求,节点采用SHT10传感器采集温湿度。该传感器使用电容式聚合体测湿元件和能隙式测温元件进行温湿度测量,能耗低且反应快,工作电压在2.4~5.5 V;微处理器采用具有较高的执行效率与较低功耗的STM32F103,可以在低能耗的同时保证环境数据的采集;无线射频模块采用CC1101无线射频模块,该模块功耗成本均较低,有较好的抗干扰性能。

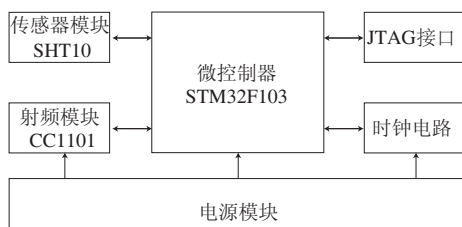


图3 温湿度采集节点结构框图

Fig. 3 Structural diagram of sensor node for collection of temperature and humidity data

由于节点中主要模块工作电压在3.3 V,故节点电源模块采用3节AA电池串联,经过降压电路降压至3.3 V给节点供电,使节点布置更加便利。

1.3.2 温湿度数据汇聚网关设计

环境数据汇聚网关主要实现温湿度数据汇聚上传的功能,由微控制器、射频模块、电源模块与外围电路组成。网关中微控制器选择STM32芯片,射频模块选择CC1101模块。网关一方面接收上位机平台指令,并将指令下发给环境采集节点,改变其工作模式或者调整数据采样间隔;另一方面,监听环境信息采集节点定时上传的数据,将数据上传至上位机软件。由于网关设计采用RS232串口输出,而在实际生产环境中网关与上位机管理端之间间隔较远,超出了串口线传输数据的有效距离,

所以采用“数据网关-串口服务器-现场路由器-上位机”的数据通信传输模式。

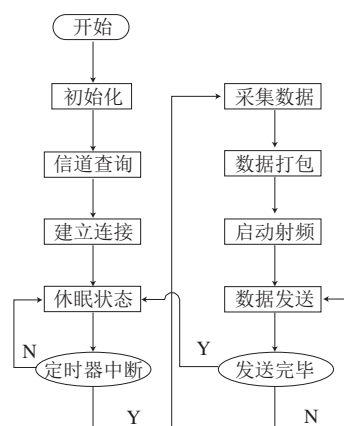
1.3.3 雪花牛肉等级检测终端设计

通过在大连雪花产业集团有限公司和陕西秦宝牧业股份有限公司调研得知,国内雪花牛肉生产厂家是在进行牛四分体分割时,对牛胴体第6、7根肋骨的眼肌切面大理石花纹分布、肌肉色、脂肪色、眼肌面积进行评级^[26]。本研究利用雪花等级检测终端对眼肌区域进行图像采集,并将图片保存至终端核心开发板Flash,最后通过无线模块上传至上位机软件进行大理石花纹定级。终端图像采集模块由CCD工业相机VS250DH、图像模数转换模块TVP5146组成,核心板选用了搭载TI DM3730处理器和800 MHz的具有高级数字信号处理的DSP核的Devkit8500D开发板,具有对雪花牛肉图像进行快速处理的能力,同时也具备低功耗的特点。由于眼肌图像清晰度要求高、图片较大,故采用通过USB接口与开发板连接的WF8000-U无线模块,将眼肌图像通过无线路由器直接上传上位机平台处理。

1.4 雪花牛肉溯源系统软件设计

1.4.1 节点温湿度采集

温湿度节点自上电后启动工作,首先进行各部分的初始化工作,包括对自身内部堆栈及外围设备的初始化过程,然后对通信信道进行查询,向目标网关发送入网请求,等待加入无线传感网。在加入无线传感网后,温湿度节点在定时器触发中断时采集温湿度数据发送至网关,随后处于休眠状态直到网关下发采集数据指令或者下一次定时器触发中断。节点上电后采集温湿度数据的流程见图4,节点上传温湿度数据的数据帧格式见图5。



N. 否 (No); Y. 是 (Yes)。

图4 温湿度采集流程图

Fig. 4 Flowchart for collection of temperature and humidity data

网关编号	节点编号	数据长度	温度高8位	温度低8位	湿度高8位	湿度低8位	CRC校验 高8位	CRC校验 低8位
1字节	1字节	1字节	2字节		2字节		2字节	

CRC. 循环冗余校验码 (cyclic redundancy check)。

图5 温湿度数据帧格式

Fig. 5 Data frame format of temperature and humidity

1.4.2 数据网关网络组建

数据网关在无线传感网中起管理者的作用, 协调整个网络的正常工作。网关在上电之后, 对通信协议栈及外围设备进行初始化, 利用PAN标识符标注合适的信道, 分配此网关的网络IP地址, 创建无线网络, 等待温湿度节点的加入请求。在与传感器节点进行组网之后, 网关负责接收终端节点采集的环境数据并将数据通过局域网发送至上位机, 也负责解析上位机下发的指令, 通过广播的方式下发至节点, 可使终端节点立即采集环境数据或调整采集频率。

1.4.3 上位机端管理软件设计

1.4.3.1 上位机本地软件设计

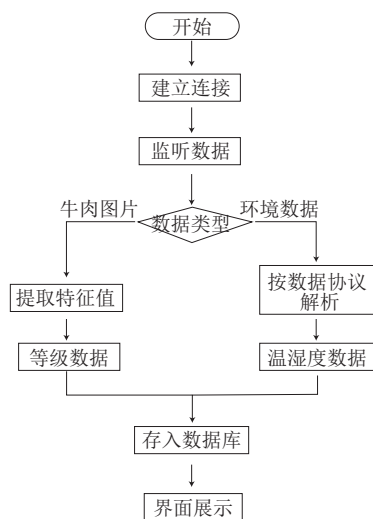


图6 本地软件流程图

Fig. 6 Flowchart of local software

上位机平台软件采用C/S架构, 软件主体使用Visual Studio 2010集成开发环境编写, 数据库使用结构化查询语言 (structured query language, SQL) Server 2008作为支持。系统采用多层分布式体系结构, 主要分为网络通信层、数据解析层、数据存储层、用户界面层。上位机平台首先与雪花牛肉信息采集设备在通信层中建立Socket通信连接, 随后接收由底层传感器设备采集, 经过无线网络发送至本地的牛肉溯源数据, 对接收到的数据转至数据解析层进行数据解析 (图6)。对于环境信息数据, 数据解析层按照数据协议处理数据帧, 先进行按位截取, 将不同种类的数据分离, 随后对数据进制进行转换; 对于雪花牛肉眼肌图像, 则通过图像处理算法获取

多项雪花牛肉丰富度数据。在获得相关数据信息后, 一方面将数据通过SQL指令存储至对应的数据表中, 另一方面将信息结果在用户界面层上展示。

1.4.3.2 雪花牛肉等级评定

雪花牛肉等级由雪花牛眼肌部位雪花丰富度、肌肉色、脂肪色、眼肌区域面积多种数据综合评定, 故系统需要对终端返回的牛肉眼肌图像进行处理, 提取相关的雪花等级与颜色信息, 存入数据库中便于以后追溯。

由于切面上存在细碎肉末和水分干扰, 首先对图像进行低通去噪等预处理, 减少图像干扰信息, 并将预处理后彩色图像另存至缓存中。其次对图像进行加权灰度化, 肌肉和脂肪颜色显著差异会使两部分的灰度值有很大的不同, 图像的灰度分布存在两个明显密集区域。然后使用二值化, 即将肌肉区域与脂肪区域进行分离, 此时二值化图像黑色区域为原图中肌肉区域, 白色区域为原图中脂肪区域, 并分别记录两区域像素点坐标, 通过比对像素点坐标在预处理后的彩色图像中分别提取肌肉与脂肪颜色信息。再对二值化图像中黑色连通区域进行逐个标记, 并按照区域内包含像素点数量多少对各个连通区域进行排序。由于眼肌部分是整个图像的主体部分, 所以包含像素点最多的连通区域即为眼肌区域。本课题组将眼肌区域包含的像素点数量记为眼肌面积值; 眼肌区域内代表脂肪部分的白色像素点数量与代表肌肉部分的黑色像素点数量的比值记为雪花牛肉的雪花含量值, 按照生产企业雪花含量定级标准对当前牛胴体雪花含量定级。

1.4.4 雪花牛肉信息追溯页面设计

本课题组使用微软ASP.NET技术开发雪花牛肉信息追溯平台, 为用户提供Web页面上追溯查询的功能, 用户可以通过雪花牛肉溯源码查询雪花牛肉的生产信息与雪花等级信息。同时, 系统设置管理员权限, 管理员通过登录账号可以进行系统信息管理。根据实际需求, 系统设计了如下Web页面: 1) 管理员登录页面: 本页面设置了管理员登录入口, 管理员登录后方可进行信息管理; 2) 管理员信息管理页面: 管理员在本页面可对系统注册企业信息、提供用户下载的相关资料、主页展示内容等进行增减、修改操作; 3) 企业用户注册登录界面: 企业用户需在本页面注册相关信息后, 才能登录使用本系统, 查看企业雪花牛肉产品信息; 4) 追溯信息页面: 普通用户通过产品溯源码可以查询牛本体信息、牛肉生产信息、花纹等级信息等, 数据可以通过表格或者曲线的方式呈现给用户。

1.4.5 雪花牛肉信息数据库搭建

本设计利用SQL 2008存储雪花牛肉溯源数据, 不同生产流通阶段的数据存储于不同数据表中 (表1、2), 此处展示了牛肉生产环境信息表与雪花等级信息表。

表 1 牛肉生产环境信息表

Table 1 Environmental information for beef production

字段名	类型	说明
Id	bigint	是本表的索引、主键。作为记录序号，该字段值不能为空，自动+1
Gatewaynum	int	数据网关编号
Segment	nvarchar (50)	牛肉生产环节名称记录，后期管理软件优化可扩展
Temperature	float	采集温度数据
Humidity	float	采集湿度数据
Time	datetime	采集数据时间

表 2 雪花牛肉等级信息表结构

Table 2 Snowflake beef grading information

字段名	类型	说明
Id	bigint	是本表的索引、主键。作为记录序号，该字段值不能为空，自动+1
Beefnum	nvarchar (50)	牛胴体编号
Marbling	float	眼肌大理石花纹含量
Meatcolor	float	眼肌切面肌肉颜色情况
Fatcolor	float	眼肌切面脂肪颜色情况
Grade	int	眼肌大理石花纹丰富度等级
Time	datetime	采集数据时间

2 结果与分析

本系统实验在大连雪龙产业集团有限公司的生产车间中进行，房间温度在0~3℃之间，湿度大于70%，长约30 m左右，牛肉胴体分布在房间两侧。测试时将路由器与数据网关放置在房间中间位置，温湿度节点放置于房间两侧，与数据网关保持同一高度，对牛肉信息采集情况进行记录分析。使用采集终端对牛肉眼肌图像进行采集传输，测试图片传输的成功率与传输时间，经过测试图片传输成功率在90%左右，传输耗时在6 s左右，雪花牛肉丰富度评级准确率在85%左右，此处给出了10组测试数据（表3）。

表 3 雪花牛肉胴体评级测试数据

Table 3 Beef carcass grading data

序号	采集时间/s	大理石花纹面积比	终端定级	人工定级
1	7.01	0.288 438	4	4
2	6.84	0.246 946	4	4
3	6.94	0.132 425	2	2
4	5.82	0.329 381	6	6
5	6.05	0.104 571	1	1
6	6.51	0.209 025	3	3
7	7.11	0.166 125	2	2
8	6.35	0.263 142	4	4
9	6.55	0.164 019	2	1
10	6.84	0.216 051	3	3

通过温湿度采集节点对生产环境的温湿度进行采集，将采集数据值与标准测量器具测量值进行比较，记录温湿度数据误差（表4）。由表4可知，系统采集温度误差在±0.3℃内，湿度误差在±1.0%内，数据误差均在正常的检测误差范围内，系统采集传输数据性能可靠。

表 4 温湿度测试数据

Table 4 Experimental data of temperature and humidity

指标	温度序号					指标	湿度序号				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
节点采集温度/℃	2.5	2.7	2.8	2.3	2.6	节点采集湿度/%	80.8	80.9	80.2	79.8	80.4
标准温度值/℃	2.8	2.5	2.6	2.5	2.4	标准湿度值/%	80.1	80.3	79.5	80.6	80.8
误差/℃	-0.3	0.2	0.2	-0.2	0.2	误差/%	0.7	0.6	0.7	-0.8	-0.4
绝对误差平均值/℃	0.22					绝对误差平均值/%	0.64				

最后对系统溯源成功率进行测试，在Web页面上输入标签上雪花牛肉身份编码，测试系统是否能够展示对应雪花产品的各项信息。在15次的追溯测试中，系统均能成功查找并显示产品各项信息，包括牛肉产品信息、雪花牛养殖信息和产品销售信息等，雪花牛肉信息页面如图7所示。

返回		查看详细信息	
牛肉产品信息			
产品部位	牛胸肉	产品批次	1401348
生产日期	20140426	雪花等级	5
雪花牛养殖信息			
耳标号	524683		
出生时间	20120218	入栏时间	20120815
肉牛品种	雪龙黑牛	牛舍编号	
雪花牛屠宰信息			
屠宰号	011500	屠宰时间	20140420
人员姓名	李云	人员工号	0005
雪花牛评级信息			
胴体等级	5	评级时间	20140425
肌肉颜色	良好	脂肪颜色	良好
产品运输信息			
车辆编号	000001		
人员姓名	程云	人员工号	0010
出发时间	20140501	抵达时间	20140503
始发地	大连	目的地	南京
产品销售信息			
企业名称	南京雪花牛业公司	交易日期	20140430
企业负责人	杨一	联系电话	12345678
企业地址	南京路1号		

图 7 雪花牛肉信息页面

Fig. 7 Interface showing snowflake beef information

3 结 论

雪花牛肉信息采集追溯系统结合无线传感网技术、数据库技术、二维条码技术和ASP.NET技术，通过环境节点实时采集生产车间温湿度信息，利用CCD相机采集雪花牛肉雪花丰富度等级信息，将信息发送至上位机管理软件存储于数据库不同的数据表，然后通过设计牛肉产品追溯编码将牛肉产品不同种类的数据表关联，实现了Web端雪花牛肉生产环节中雪花牛自身信息、生产环境信息、雪花牛肉丰富度等级信息的查询追溯。

在系统测试的过程中，数据传输过程中有时会有延迟、丢失的情况，这与牛肉生产车间低温高湿、牛胴体密集放置的环境有关。因此，后期需要对系统通信以及环境防潮能力方面进行加强，从而实现长时间稳定的雪花牛肉生产数据精确记录。

参考文献:

- [1] 桑国俊, 程强. 我国雪花牛肉生产现状与分析[J]. 中国牛业科学, 2013, 39(2): 1-5. DOI:10.3969/j.issn.1001-9111.2013.02.001.
- [2] 李小林. 嵌入式机器视觉技术在雪花牛肉品质检测中的应用研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2013: 1.
- [3] ALFREDO P M, ALEJANDRO A M, MIRA T, et al. Advanced traceability system in aquaculture supply chain[J]. Journal of Food Engineering, 2014, 122: 99-109. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2013.09.007.
- [4] BECHINI A, CIMINO M G, MARCELLONI F, et al. Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business[J]. Information and Software Technology, 2008, 50(4): 342-359. DOI:10.1016/j.infsof.2007.02.017.
- [5] YASUDA T, BOWEN R E. Chain of custody as an organizing framework in seafood risk reduction[J]. Marine Pollution Bulletin, 2006, 53(10/11/12): 640-649. DOI:10.1016/j.marpolbul.2006.08.015.
- [6] 翁道磊. 食品安全追溯系统的分析和研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2008: 15-17.
- [7] 王明, 陈明, 冯国富. 基于嵌入式Web服务的水产品货架期监测系统[J]. 传感器与微系统, 2013, 32(2): 90-92; 95. DOI:10.3969/j.issn.1000-9787.2013.02.027.
- [8] 刘喜峰, 刘成忠. 基于ZigBee的农产品冷藏车环境远程监测系统[J]. 传感器与微系统, 2013, 32(3): 131-133; 137. DOI:10.3969/j.issn.1000-9787.2013.03.039.
- [9] 赵晓峰, 朱瑞祥, 马辉, 等. 基于ARM的农产品冷藏车环境监测系统设计[J]. 传感器与微系统, 2010, 29(2): 98-100. DOI:10.3969/j.issn.1000-9787.2010.02.032.
- [10] 孙传恒, 杨信廷, 李文勇, 等. 基于监管的分布式水产品追溯系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2012, 28(8): 146-153. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2012.08.023.
- [11] 钱建平, 邢斌, 解菁, 等. 基于条码溯源电子秤的社区菜店交易管理与追溯系统[J]. 农业机械学报, 2015, 46(5): 273-278; 292. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.05.039.
- [12] 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. DOI:10.3321/j.issn:1002-6819.2006.06.048.
- [13] 申光磊, 管林森, 段军彪, 等. 牛肉质量安全可追溯系统网络化管理的实现[J]. 农业工程学报, 2007, 23(7): 170-173. DOI:10.3321/j.issn:1002-6819.2007.07.033.
- [14] 熊本海, 傅润亭, 林兆辉, 等. 散养模式下猪只个体标识及溯源体系的建立[J]. 农业工程学报, 2009, 25(3): 98-102.
- [15] 任守纲, 徐焕良, 黎安, 等. 基于RFID/GIS物联网的肉品跟踪及追溯系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2010, 26(10): 229-235. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2010.10.039.
- [16] 赵秋艳, 汪洋, 乔明武, 等. 有孔RFID标签在动物食品溯源中的应用前景[J]. 农业工程学报, 2012, 28(8): 154-158. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2012.08.024.
- [17] 王雅君, 张浩, 时君丽, 等. 基于过程的海产食品质量信息可追溯系统[J]. 农业工程学报, 2015, 31(14): 264-271. DOI:10.11975/j.issn.1002-6819.2015.14.036.
- [18] 颜波, 石平, 黄广文. 基于RFID和EPC物联网的水产品供应链可追溯平台开发[J]. 农业工程学报, 2013, 29(15): 172-183. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2013.15.021.
- [19] 刘璟瑛, 沈明霞, 彭增起, 等. 雪花牛肉大理石花纹粗糙度和细密度的测定[J]. 食品科学, 2013, 34(18): 170-174. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201318034.
- [20] CRAIGIE C R, NAVAJAS E A, PURCHAS R W, et al. A review of the development and use video image analysis for beef carcass evaluation as an alternative to the current ETROP system and other subjective systems[J]. Meat Science, 2012, 92(4): 307-318. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.05.028.
- [21] 李玮姿, 朱近, 杨德吉. 基于图像的牛肉大理石纹理自动评级方法研究[J]. 食品科学, 2011, 32(9): 40-45.
- [22] SHIRANIATA K, OTSUBO A, HAYASHI K, et al. Grading meat quality by image processing[J]. Pattern Recognition, 2000, 33(1): 97-104. DOI:10.1016/S0031-3203(99)00035-7.
- [23] 姜德科. 基于物联网的牛肉一站式供销服务系统的研发[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015: 11.
- [24] 王力坚, 孙成明, 陈瑛瑛, 等. 我国农产品质量可追溯系统的应用研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(11): 267-271. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201511050.
- [25] 赵岩, 王强, 吴莉宇, 等. 蔬菜质量安全追溯编码的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(17): 51-54.
- [26] 刘超超, 沈明霞, 彭增起. 机器视觉预测牛肉产量级研究现状及展望[J]. 食品科学, 2011, 32(9): 324-328.