

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.03.001

远红外低温解冻装置设计

王安敏, 王晓军, 李 锋, 赵志鹏, 王洛阳

(青岛科技大学机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘 要:为了满足酒店餐饮业对冷冻食品进行快速解冻的要求,设计了一种远红外低温解冻装置。该装置采用远红外辐射的方法解冻食品,控制系统基于STM32F103VET6,通过温度传感器采集控制信号自动控制解冻箱体的温度、湿度和解冻时间。经过解冻猪肉实验证明装置的快速解冻模式解冻速度较快,低速和常规解冻模式解冻速度稍慢但解冻后猪肉的品质更好,用户可根据需要选择不同的解冻模式。装置能满足不同用户的需求,具有较高的市场推广价值。

关 键 词:解冻装置;远红外辐射;解冻模式;STM32F103VET6 微控制器;温度传感器

中图分类号:TS251.5 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2017)03-0001-05

Design of Far Infrared Low Temperature Thawing Device

WANG Anmin, WANG Xiaojun, LI Feng, ZHAO Zhipeng, WANG Luoyang

(College of Electromechanical Engineering, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao, Shandong 266061, China)

Abstract: In order to meet the requirements of rapid thawing frozen food of hotel catering, a far infrared low temperature thawing device was designed. Adopted the radiant heating method to thaw food, control system based on STM32F103VET6. The temperature, humidity and thawing time can be automatically controlled by collecting the control signal through temperature sensor. The experiment of thawing frozen pork shows that thawing speed of low thawing mode and normal thawing mode is slightly slower than rapid thawing mode, but the quality of thawed pork is better. Users can choose different thawing modes according to the needs, the device can meet the needs of different users and has a high market promotion value.

Keywords: thawing device; far infrared radiation; thawing mode; STM32F103VET6 microcontroller; temperature sensor

在当今社会,冷冻食品扮演着非常重要的角色,冷冻食品的最终质量,不仅与冷冻技术息息相关,也取决于解冻技术。酒店餐饮行业必须根据不同顾客在不同的时间里提出的饮食要求,对冷冻食品进行快速解冻。解冻是使冻结物料融解恢复到冻结前的新鲜状态,肉的解冻过程实际上是冻结肉中形成的冰晶融解成水的过程^[1]。目前解冻肉的方法有很多种,解冻过程中冰晶体大小与分布及汁液流失均会对肉品质产生直接影响^[2-4],如色泽劣变、风味下降、脱水、脂肪氧化、蛋白降解及变性等^[5-8]。在品质要求方面,消费者要求冷冻肉在解冻过程中最大限度地保持住原有的品质、口感和营养成分等^[9]。因此,对冷冻肉类食品快速解冻的

研究有着重要的意义。

本文设计的远红外低温解冻装置,通过采集温度、湿度信息,控制解冻过程,解冻速度快,质量高,操作方便,成本低,具有较高的市场推广价值。

1 解冻装置总体设计

1.1 设备构成

所设计的远红外低温解冻装置的尺寸为800 mm × 760 mm × 900 mm,主要由箱体、控制系统、测温测湿模块、远红外线发生管、加湿模块和制冷模块等构成,结构如图1所示,实物如图2所示。

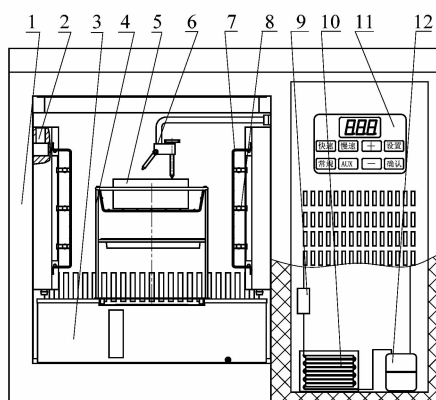
1.2 整体设计方案

本产品主要针对中小型酒店和餐馆,根据用户的

收稿日期:2016-11-18;修回日期:2016-12-06

基金项目:国家自然科学基金项目(51605238);山东省高校科技计划项目(J16LB07)。

第一作者简介:王安敏(1960),男,山东莱州人,博士,教授,主要研究方向为机电一体化、机电系统计算机控制及计算机辅助测试技术(CAT)。E-mail:992007179@qq.com



1—箱体;2—温湿度传感器;3—加湿装置;4—解冻架;5—解冻食品;6—测温头;7—保护罩;8—远红外线发生管;9—膨胀阀;10—冷凝器;11—控制面板;12—压缩机。

图1 远红外低温解冻装置结构示意图

Figure 1 Schematic diagram of structure of far infrared low temperature thawing device



图2 远红外低温解冻装置

Figure 2 Thawing device with far infrared low temperature

需求,设计解冻装置的解冻时间:20~30 min;控制温度:20~40℃;相对湿度:70%~90%;解冻能力:0~5 kg。

解冻箱体内部采用耐腐蚀和防锈蚀的材料,防止解冻的食品被污染。解冻架是相对一个独立的整体,可单独拆卸;远红外线发生管选用碳素黑丝红外线石英光波发热管,每根功率为300 W;温度传感器采用DS18B20,测温范围为-55~125℃,用于测量解冻食品表面和中心温度;测量解冻箱体空间温湿度,选用AM2302温湿度传感器,相对湿度测量范围为0~99.9%,测温范围为-40~80℃;控制系统以STM32F103VET6为核心,通过采集温度、湿度等信息,控制解冻装置的解冻过程。

1.3 主要部件设计

1.3.1 解冻装置母体和制冷模块

解冻装置以青岛宏泰良正电器有限公司生产的TD900FL冷冻柜作为解冻母体,并进行相应的改装。首先将出风口移至箱体的顶板位置,使冷风可以由上而下直接吹到食品表面,降温效果更好;同时将鼓吹冷风的风扇换成转速更快的型号。膨胀阀、冷凝器、压缩机保持不变,制冷模块的工作过程由控制器来控制。

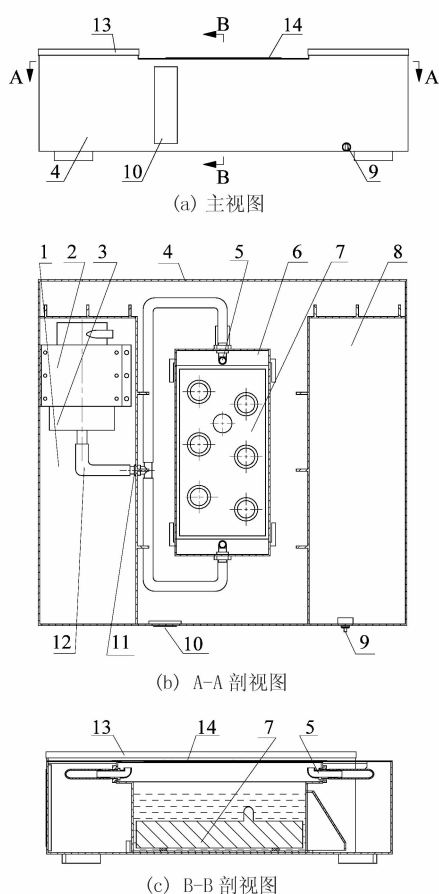
1.3.2 远红外发生装置

远红外线的传导方式为辐射型,不需要空气或水作介质。食品等有机物质由分子构成,具有固有的振动频率,当振动频率与放射的红外线振动频率一致时,食品分子由于共振产生更多的摩擦热。大部分食品对2~25 μm波长的红外线吸收效果比较明显,热效应大^[10]。经过大量实验,最终选用连云港元祥电器公司碳素黑丝红外线石英光波发热管(简称红外管),功率300 W,能产生波长约12 μm的远红外线,工作电压220 V,管径12 mm,管总长400 mm。圆管选用优级石英管,具有耐低温、防水防爆和耐酸碱等属性,能够满足解冻过程高温、潮湿的恶劣环境。在解冻箱体两侧平行放置3对红外管,并且与控制器连接,由控制器通过温度传感器采集的温度信号控制红外管的工作时间。

1.3.3 加湿模块

加湿装置的尺寸为460 mm×430 mm×150 mm,主要由水箱、喷气模块和成雾模块等构成,结构如图3所示。

解冻装置的加湿模块核心部件为深圳富银公司的6头超声波雾化器,产品参数如表1所示。雾化器固定放置在导向槽内,打开水箱盖可以给水箱加水;起雾最佳水位通过水位窥视玻璃人工控制,喷气嘴与导向槽固定联接,并且出气口朝上;气泵通过橡胶管与喷气嘴联接,当气泵工作的时候,喷气嘴产生的强大上喷气流可以将雾化器产生的雾气带到更高的位置,使整个解冻空间的加湿效果比较均匀。左侧隔断室与水箱里的水隔绝,气泵通过气泵安装架与水箱固定联接。为了减少震动,气泵安装架与水箱之间加一层软胶垫。为了对称美观,右侧隔断室与水箱之间联通。通过试验,发现雾化器工作过程会产生水柱,装置在出雾口的位置设计了压水网,网孔细密,可以阻挡大部分水柱从水箱里面溅出,但又不会影响水雾的产生量。装置的加湿效果明显,而且生产成本低,在设计上具有原创性,是加湿装置中的一种创新。



1—左侧隔断室;2—气泵安装架;3—气泵;4—水箱;5—喷气嘴;6—导向槽;7—超声波雾化器;8—右侧隔断室;9—放水塞;10—水位窥视玻璃;11—三通接头;12—橡胶管;13—水箱盖;14—压水网。

图3 加湿装置结构示意图

Figure 3 Schematic of humidification device

表1 雾化器产品参数

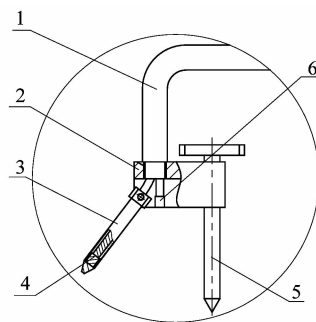
Table 1 Product parameters of atomizer

成雾量/ ($L \cdot h^{-1}$)	工作温 度/ $^{\circ}C$	工作电 压/ V	工作电 流/ A	输出功 率/ W	最佳水 位/ mm
3	0 ~ 90	48	3	150	55 ~ 75

1.3.4 测温测湿模块

为监测远红外低温解冻装置解冻空间的温湿度,选用 AM2302 温湿度传感器测量解冻箱体空间温湿度。AM2302 温湿度传感器内部集成数字模块与温湿度传感模块,产品稳定性高、响应能力快、抗干扰能力强。

设计采用 DS18B20 温度传感器监测解冻食品的表面温度和中心温度。DS18B20 的每个引脚都用热缩管隔离,这样可以防潮。为了能更方便的监测食品的表面温度和中心温度,测温头的设计变得非常重要。设计中测温头结构如图4所示。



1—万向管护套;2—安装头;3—套管;4—测食品内部温度用温度传感器;5—自攻钉形式钻孔工具;6—测食品表面温度用温度传感器。

图4 测温头结构示意图

Figure 4 Schematic diagram of temperature measuring device

设计的测温头带有钻孔功能,方案设计的灵感来自于红酒开瓶器。图4中的自攻钉能通过安装头上的螺纹相对安装头转动,并且可在食品上钻出一定深度的孔。测温头采用合金铝加工而成,质量小,抗腐蚀性强,硬度也满足要求。两个温度传感器分别安装在套管底部和安装头的底部,自攻钉式钻孔工具在食品上钻孔之后旋出,套管插到孔里,两个温度传感器可以分别测量食品中心和表面温度。

1.3.5 控制系统

装置的控制系统是设计的核心部分,负责对装置空间温湿度、冷冻肉的表面和中心温度的监控,并控制制冷模块、远红外线发生管及加湿模块的工作。控制系统主要由 STM32F103VET6 微控制器、CH452 键盘和 LCD12864 液晶显示屏组成,电气原理如图5所示。电源线入口设置熔断器和电源传输滤波器,传感器1和2为 DS18B20 温度传感器,传感器3为 AM2302 温湿度传感器。由于压缩机功率较大,继电器 KA4 为 35 A/277 VAC 大功率继电器,其他为普通传感器。为了在实验阶段保证各个电气设备的安全,均采用熔断器保护。

图6所示是控制盒的实物图,显示屏显示程序设置主页面。首先进入设置界面设置合适的参数,用户根据需要进行合适的模式,启动。解冻模式开始以后,制冷系统工作,直到解冻完全结束;红外管同时开始工作,当空间温度达到设置的最高控制温度时停止工作,低于最高控制温度 $2^{\circ}C$ 时继续工作;加湿装置在解冻模式启动的同时开始工作,当空间湿度达到设置的 90% 时停止工作,低于 70% 时继续工作。解冻过程中当食品中心温度达到 $-2^{\circ}C$,或解冻时间超过 30 min 时,解冻结束,并报警。

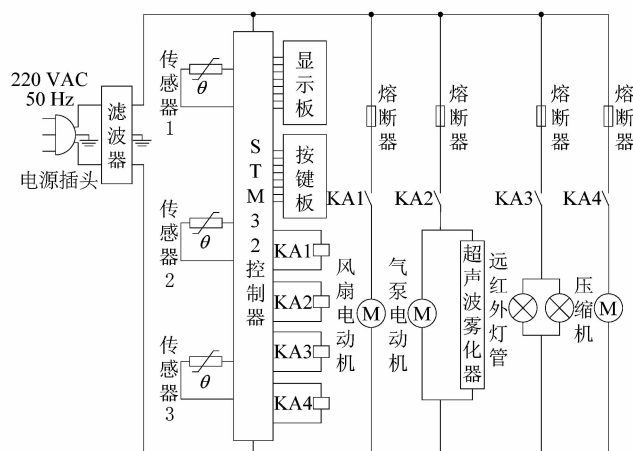


图5 电气原理图

Figure 5 Electrical diagram



图6 控制盒实物图

Figure 6 Physical picture of control box

2 解冻实验

2.1 解冻猪肉实验

解冻样本选取品质相同的猪肉 12 块,每一块的尺寸约 200 mm × 180 mm × 100 mm,质量为 2.5 kg。实验之前猪肉在冷冻柜冷冻 2 d,肉的中心温度稳定为 -15 ℃。解冻实验分 3 组进行,每组实验采用同一种解冻模式并进行 2 次实验,3 种解冻模式的参数设置如表 2 所示,采用双层解冻架放置解冻样本。解冻过程中,解冻肉中心温度每上升 1 ℃,记录 1 次解冻的时间,每做完一次实验,需要关闭所有设备,打开装置的门,使解冻箱体空间温度降到室温,然后再进行第 2 次实验。

表2 解冻模式参数

Table 2 Parameters for thawing mode

解冻模式	最高温度/℃	最长时间/min
快速	40	30
低速	30	30
常规	20	30

2.2 实验结果分析

根据 6 次实验得到实验数据如图 7 所示。

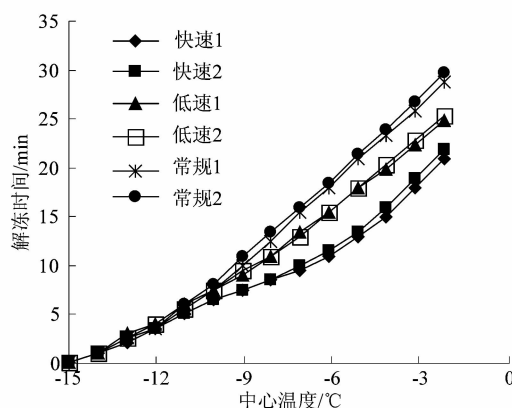


图7 解冻过程实验数据图

Figure 7 Experimental data figure of thawing process

由图 7 可以看出,快速解冻时间约为 22 min,低速解冻时间约为 25 min,常规解冻时间约为 29 min。解冻速度与解冻的最高控制温度有关,最高控制温度越高,解冻速度越快;从解冻的效果来看,最高控制温度越高,解冻的质量略微下降,食品表面也会出现少许的焦化;而选用解冻控制温度较低的低速或者常规模式,解冻后猪肉的汁液流失率更少、微生物菌落总数也大大降低,解冻后猪肉的色泽也更好。

3 结语

笔者设计的远红外低温解冻装置,以实用性为设计目标,采用远红外低温解冻技术,控制系统基于 STM32F103VET6,通过采集温度和湿度信息,控制解冻过程。解冻猪肉的实验结果表明,最高控制温度设置比较高的时候,解冻速度会更快,为了追求解冻速度,可以选择快速解冻模式;最高控制温度设置的较低时,虽然解冻速度稍慢,但是解冻后猪肉的汁液流失率较少、微生物菌落总数也大大减少,解冻后猪肉的色泽也更好,考虑解冻质量的话,可以选择低速或常规解冻模式。笔者虽然对 3 种工作模式都进行了一定量的实验,但是由于时间和条件的限制,很多实验工作未能充分进行。一方面,可以增加实验样品种类和数量,以期达到更广泛的适应性;另一方面,可以改善实验条件,以期达到更精确的实验数据,减小实验误差。随着研究的进一步深入,远红外低温解冻技术将得到进一步的完善,会对食品解冻领域产生一定的影响。

(下转第 8 页)