

微波解冻猪里脊肉过程的优化设计研究

高文宏¹, 罗嫚¹, 唐相伟², 张斌¹, 李燕², 曾新安¹, 余旭聪¹, 韩忠¹, 孙大文¹

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640) (2. 广东美的厨房电器制造有限公司, 广东佛山 528311)

摘要:猪肉在我国是最重要的肉类之一, 而为了储存更长时间, 通常采用冷冻的方式保存。因此, 在进一步加工之前就需要经过解冻这一过程, 传统的解冻方式耗时长, 严重制约了生产效率。微波加热作为一种常用的加热方式, 与传统加热方式相比, 具有加热速度快、省时节能等突出优点。本文利用家用变频微波炉对冷冻猪里脊肉块进行解冻处理, 对解冻程序进行了优化设计, 并与微波炉自带的解冻程序进行了对比研究, 对肉汁渗出率、色泽以及质构特性进行分析。结果表明: 两种优化程序的解冻效果要优于微波炉自带的解冻程序, 样品能基本解冻完全, 肉汁渗出率较低, 能较好维持鲜肉的颜色, 经过优化后的微波解冻猪里脊肉温差更小, 质构特性更佳, 同时也缩短了解冻时间。

关键词:微波解冻; 猪里脊肉; 优化设计

文章编号: 1673-9078(2014)11-151-155

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.11.027

Optimization of Microwave Thawing of Pork Loin

GAO Wen-hong¹, LUO Man¹, TANG Xiang-wei², ZHANG Bin¹, LI Yan², ZENG Xin-an¹, YU Xu-cong¹,
HAN Zhong¹, SUN Da-wen¹

(1. College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2. Guangdong Midea Kitchen Appliances Manufacturing Co., Ltd, Foshan 528311, China)

Abstract: Pork is an important meat in China, and storage via freezing is commonly used for long storage periods. Thus, thawing is required prior to processing; however, traditional thawing methods are time consuming and severely limit the production efficiency. Compared to traditional thawing methods, microwave thawing has outstanding advantages such as fast heating speeds as well as decreased time and energy consumption. In this paper, a household variable frequency microwave oven was used to thaw pork loin. Several thawing procedures were optimized and compared with the existing defrost mode of a microwave oven, and the gravy leakage rate, color, and texture characteristics were analyzed. Two optimized thawing procedures were found to provide a better thawing effect than the existing defrost mode of the microwave oven. The samples were completely thawed, exhibited a low gravy leakage rate, and maintained the color of fresh meat. The pork loin thawed using the optimized microwave thawing method exhibited a smaller temperature difference, better textural properties, and a shorter cooking time.

Key words: microwave thawing; pork loin; optimization design

食品是人类赖以生存的基本保障, 它们与人类的生产生活密切相关。在所有的食品中, 肉类制品的消耗量和消费结构是衡量一个国家人民生活水平的重要标志。猪肉是我国最主要肉类消费品, 也是百姓餐桌上最常见的一种肉类食材。猪肉含有大量的水分, 丰富的蛋白质、脂肪等人体必需的营养物质。在实际生活以及生产中, 一般不以鲜肉进行保存与流通, 而更

收稿日期: 2014-05-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31301559); 中央高校科研业务项目(2013ZM0025); 华工大-美的微波食品联合研究项目

作者简介: 高文宏(1970-), 女, 博士, 副教授, 主要从事食品质量与安全与控制

通讯作者: 韩忠(1981-), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事食品绿色加工研究

为常见形式就是冷冻肉。低温可以有效的抑制微生物的生长, 从而长时间的保持猪肉的品质。冷冻肉不仅仅是肉类及肉制品加工产业中最主要的原料之一、更是国家重要战略储备之一以及调控猪肉价格的重要砝码。但冷冻猪肉在加工之前都必须经过解冻这一过程。解冻时, 由于冰晶融化会导致大量汁液损失, 从而导致猪肉风味下降。解冻方法或参数选择不当, 就会对原料肉的品质造成重大影响, 例如汁液及营养流失等问题, 同时影响后续的食用加工以及最终菜品的色香味^[1-2]。

微波解冻的方法是在 915 MHz 或 2450 MHz 频率的交变电场的作用下, 利用冷冻肉本身的介电性质产生热量, 从而达到解冻的效果。利用微波解冻的最大特点与优势就是速度快、效率高, 但在解冻应用中仍

存在加热不均等问题。在微波加热过程中,由于冰和水对微波的吸收量差别很大,当冰融化成水后,立刻吸收大量的微波,容易造成了局部过热甚至熟化的现象^[3-5]。

本论文对微波炉原有解冻程序(100 g 和 200 g)进行研究,并在其基础上进行优化,根据目前存在的问题有针对性的进行改进,设计出两种微波解冻的新程序,从肉汁渗出率、色泽以及质构特性等方面进行分析,检验优化后微波解冻的效果,为今后微波解冻方法的进一步优化提供一个切实可行的思路,有助于使微波解冻这一技术更好的服务于人们的生产生活。

1 材料与方法

1.1 材料

猪里脊肉(购于广州市五山世纪联华超市)。

1.2 主要仪器设备

美的变频微波炉, EV923KF8-NS, 由广东美的厨房电器制造有限公司提供; 色彩色差计, CR-400, 柯尼卡美能达公司; 热电偶温度计, USB TC-08, Pico Technology 公司; 质构仪, TA.XTplus, Stable Micro Systems 公司。

1.3 样品的预处理

一条猪里脊肉为一组, 将其切割成 50 mm×50 mm×15 mm 的方块, 保证每块重 40.0±2.0 g (超出此范围的弃用), 称量并做好记录之后装在密封袋里, 放在的冰箱中(-18℃)冷冻 24 h, 使中心温度达到-18℃。实验共 6 组平行。

1.4 微波解冻处理

1.4.1 微波炉原有解冻程序及优化程序设置

微波炉(EV923KF8-NS)自带的解冻程序是按照需要解冻的肉的重量进行设置, 每 100 g 为一档。100 g 的解冻程序采用 500 W 的功率, 解冻总时间为 96 s, 其中前 50 s 和后 16 s 工作, 中间 30 s 停止加热。而 200 g 的解冻程序和 100 g 类似, 采用间歇加热的方法, 解冻总时间延长至 192 s。每次解冻按照 1.3 预处理的三个样品一组进行微波解冻处理, 由于样品总质量在 100 g~200 g 之间, 因此我们选择 100 g 和 200 g 的解冻程序进行相关的研究, 并在原有的解冻程序上进行优化, 设计了两种优化程序如下:

程序 1: 40 s-20 s-20 s-20 s (共 130 s)

程序 2: 30 s-10 s-10 s-10 s-10 s-10 s-10 s-10 s (共

170 s)

注: -代表每两段加热之间间隔 10 s。

1.4.2 微波解冻及温度测定

将 3 块样品从冰箱(-18℃)中取出, 分别置于如图 1 所示的微波炉专用加热盘上的 1、2、3 号位置, 再将该加热盘置于微波炉的中央, 分别以微波解冻程序对样品进行解冻, 用电偶温度传感器测定。



图 1 微波炉加热盘

Fig.1 Heating plate for microwave thawing

1.5 指标测定

1.5.1 温度测定

利用 Pico 公司生产的 TC-08 型热电偶温度传感器监测样品的温度变化, 测定精度为 0.01℃, 数据采集频率为 1 s/次。

解冻处理完成后, 立即对 2 号位置边缘以及中间共 5 个点进行温度测定, 测定位置如图 2 所示, 测定深度约为 7.5 mm。

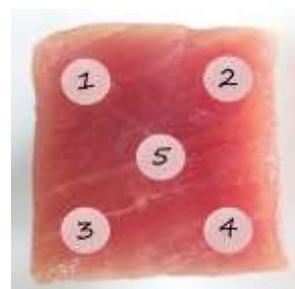


图 2 肉块测温点位置示意图

Fig.2 Points used to measure temperature of pork loin

1.5.2 肉汁渗出率

解冻处理前, 称取猪里脊肉块样品的质量 w_1 , 经过解冻处理后, 用滤纸轻轻粘去肉块表面的肉汁, 再次称量肉块的重量 w_2 , 然后按下式计算肉汁渗出率^[6]:

$$\text{肉汁渗出率} = w_1 / w_2 \times 100\%$$

1.5.3 色泽

以鲜肉作为参考, 通过色差仪测定加工前后肉的颜色, 可得出物体本身的颜色和光泽及各检测样品之间的色度值。其中, L^* 值表示样品的亮度, a^* 值表示样品的红度, b^* 值表示样品的黄度。

1.5.4 质构特性

从肉品的硬度和嫩度两个参数进行分析。

硬度采用 TA.XT Plus 质构仪的 TPA 模式进行测定, 平行 3 次, 取平均值。测定条件为: 探头型号为 P36R; 测前速率为 5.0 mm/s; 测试速率为 2.0mm/s; 测后速率为 5.0 mm/s; 压缩变形率为 50%; 探头两次测定间隔时间为 5.00 s; 数据采集速率为 200.00 pps; 触发强度为 5.0 g; 触发类型为自动。

嫩度采用剪切模式进行, 测定 6 次, 取平均值。测定条件为: 探头型号为 HDP/BSK; 测前速率为 10.0 mm/s; 测试速率为 2.0 mm/s; 测后速率为 10.0 mm/s; 数据采集速率为 200.00 pps; 触发强度为 5.0 g。

1.6 数据分析

色差及质构数据为 6 组平均值, 其余各指标均为 3 次平均值, 实验结果用 Excel 数据处理软件分析。

2 结果与分析

2.1 微波炉原有解冻程序及优化程序

微波炉 (EV923KF8-NS) 自带的解冻程序是按照需要解冻的肉的重量进行设置, 每 100 g 为一档。100 g 的解冻程序采用 500 W 的功率, 解冻总时间为 96 s, 其中前 50 s 和后 16 s 工作, 中间 30 s 停止加热。而 200 g 的解冻程序和 100 g 类似, 采用间歇加热的方法, 解冻总时间延长至 192 s。每次解冻按照 1.3 预处理的三个样品置于微波炉专用加热盘上的 1、2、3 号位置, 再将该加热盘置于微波炉的中央, 分别以微波解冻程序对样品进行解冻。由于样品总质量在 100 g~200 g 之间, 因此我们选择 100 g 和 200 g 的解冻程序进行相关的研究, 并在此基础上进行优化, 设计了两种优化程序如下:

程序 1: 40 s-20 s-20 s-20 s (共 130 s)

程序 2: 30 s-10 s-10 s-10 s-10 s-10 s-10 s-10 s (共 170 s)

注: -代表每两段加热之间停止 10 s。

2.2 解冻完成温度以及温升曲线

图 3 中的每组的五个柱形图分别对应了图 1 中肉块上的五个测温点, 水平坐标轴每个程序的三组数据分别对应了图 1 中微波加热盘上的三个位置。由上图可知, 经过 100 g 解冻程序处理后, 样品的温度均在 0 °C 附近, 解冻不完全, 200 g 程序下最高温已经超过 40 °C, 出现了严重的过度加热现象。由此可见, 微波炉自带的解冻程序在设计上存在解冻程序细分不够、解冻终点把握不准等问题。

对于优化后的解冻程序, 在每次间隔的时候对微

波加热盘上的 1、2、3 号位的 3 块肉的中心点进行测温, 得到其温升曲线如图 4 和图 5 所示。

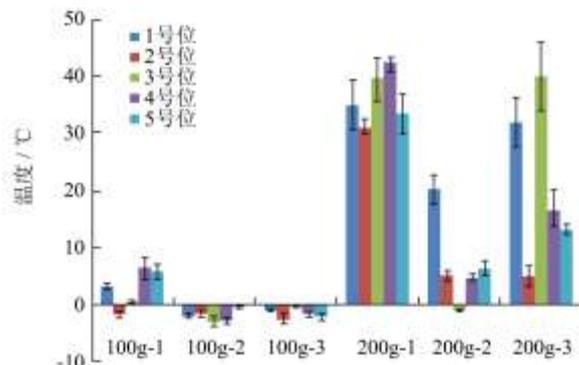


图 3 微波炉自带解冻程序的终点温度
Fig.3 End-point temperatures using existing defrost mode of microwave oven

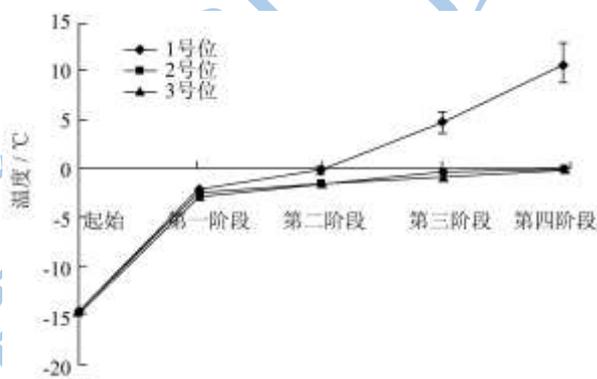


图 4 程序 1 解冻过程温升示意图
Fig.4 Diagram of temperature increase in optimized thawing procedure one

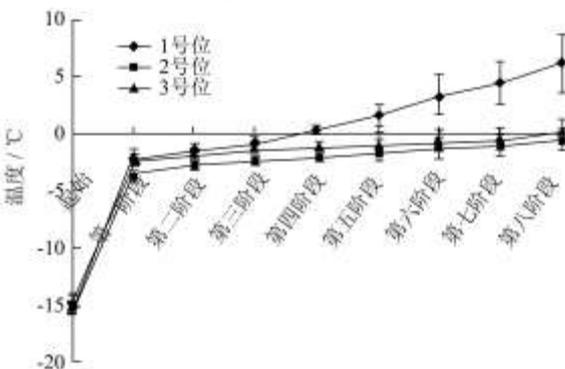


图 5 程序 2 解冻过程温升示意图
Fig.5 Diagram of temperature increase in optimized thawing procedure two

由图 4、5 可以发现, 经过优化后的解冻程序, 当 2 号位肉块达到解冻终点时, 1 号位的温度要远远低于优化之前的水平, 且温度升高过程更加平缓, 受热更加均匀。同时, 虽然程序 2 总耗时较长, 但多段短时间加热的方式表现出了更好的加热均匀性, 且由于温度升高平缓, 更容易精确控制解冻终点。

图 6 显示了在两种自带微波解冻程序下, 解冻完

成时各个肉块的状态。100 g 程序下解冻不完全，肉块大部分还处于冻结状态，而 200 g 程序则加热过度，甚至已经熟化。在微波加热盘的三个位置中，1 号位的加热速度最快。

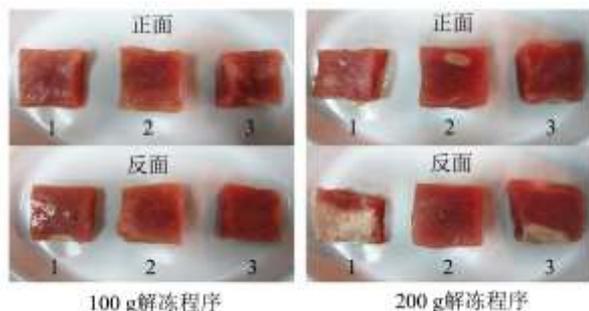


图 6 微波炉原有解冻程序解冻效果图

Fig.6 Images of thawing effect using the existing thawing procedures in microwave oven

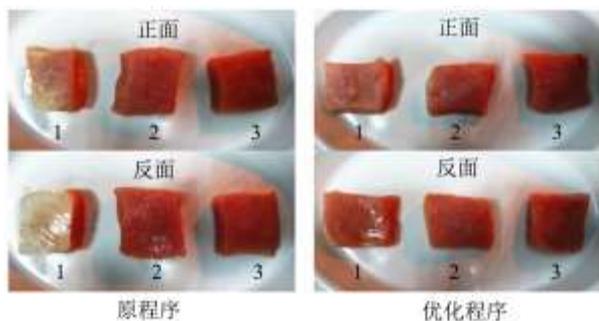


图 7 优化解冻程序解冻效果图

Fig.7 Images of thawing effect by optimized thawing procedures

图 7 显示了在两种优化的微波解冻程序下，解冻完成时各个肉块的状态。从图中可以看出，在优化后的微波解冻程序下，样品过熟区域较自带程序明显减少。1 号位的背面仍然过熟，这是由于解冻后期，肉汁渗出后集聚在底部，吸收微波的能力大大增强，导致温度迅速升高而使样品底面熟化。而对比两种优化程序可发现，增加微波输出的段数，减少每一段微波输出的时间更有利于热量的传递，从而使样品受热更均匀。因此，优化程序 2 的解冻效果优于优化程序 1。

2.3 肉汁渗出率

经过微波炉自带的 100 g 解冻程序处理后，肉品的大部分区域还处于冻结状态，肉汁渗出率较低。而经过微波炉自带的 200 g 解冻程序和两种优化后的微波解冻程序处理后，肉汁渗出率存在显著差异，其结果如图 8 所示。

如图 8 所示，在 200 g 解冻程序下，由于受热过度，导致肉汁渗出率较高，营养成分和风味物质损失严重，不利于保持肉的品质，也会对后续的加工生产造成十分严重的影响。经优化后的解冻程序肉汁渗出

率大大低于 200 g 解冻程序，肉汁渗出率基本可以控制在 5% 以下。此外，从图中可以看出，1 号位样品的肉汁渗出率明显高于 2 号位和 3 号位，这是由于 1 号位处于微波场强较大的区域，样品吸收更多微波，受热更快所致。

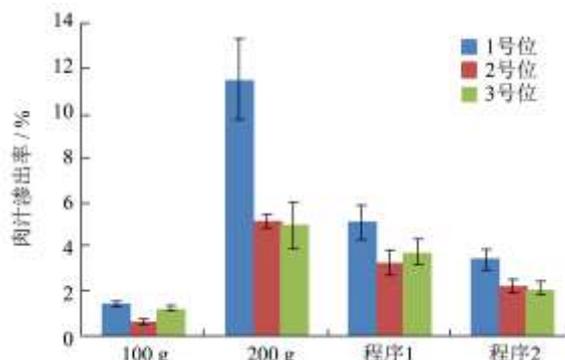


图 8 不同解冻程序下的肉汁渗出率

Fig.8 Gravy leakage rates using different thawing procedures

2.4 色差分析

肉品的色泽好坏会对人们的第一感官产生十分巨大的影响，因此，一块品质优良的肉需要具备色红均匀、有光泽等基本条件。运用色差仪可以将肉品所呈现的色泽通过客观的参数进行表征，本实验主要采用亮度 L^* 、红度 a^* 、黄度 b^* 这三个参数对肉品的色泽进行评价，在达到解冻终点时，对每块肉的正反面以及熟化的异常点分别测定三次后取平均值。其色差分析的结果如图 9 所示。

在自带的微波解冻程序下，样品的亮度和红度偏低，说明在处理后的肉色偏暗红，无光泽。而优化后，经解冻后，肉的颜色参数无论在亮度、红度还是黄度都能够恢复到接近鲜肉的水平，色泽感官更加良好。而分析正反面的颜色参数，通常反面的红度偏低，而黄度偏高，这是由于渗出的肉汁积聚在底部，液体吸收大量微波后温度迅速升高，而破坏了样品的色泽。

2.5 质构特性分析

在评定肉类品质的参数中，质构特性是十分重要的一项指标，它直接关系到食用时的口感。本小节采用 TPA 法和剪切法对解冻后样品的硬度和嫩度进行分析。测定结果如图 10 所示。

由图 10 可知，在硬度方面，由于 100 g 程序解冻未完全，200 g 程序加热过度导致肉块部分熟化，尤其是 200 g 解冻程序的 1、2 号位的肉块，硬度值已经接近熟肉水平，严重影响了肉的品质，不利于后续的加工。而经过优化后的程序解冻完成后，肉的硬度基本跟鲜肉一致，且 1、2、3 号位的硬度值也很接近，可

以视为解冻良好，同时，一定程度上解决了微波炉自带解冻功能存在的加热不均匀的问题。

鲜肉的颜色，同时，加热均匀性也在一定程度上得到改善。而两个程序也各有优势，其中优化程序1较省时，而优化程序2虽然耗时较长，但解冻效果更佳。

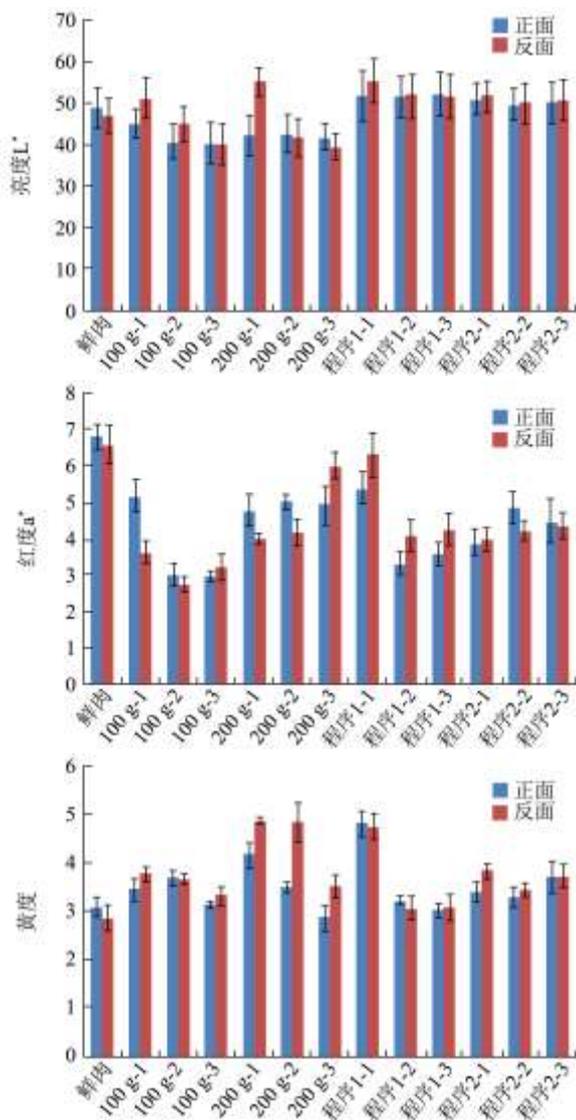


图9 不同解冻程序下的色差测定结果

Fig.9 Color differences using different thawing procedures

而在嫩度方面，微波炉原有的解冻程序难以将冻肉的嫩度水平还原至鲜肉水平，这也是由于加热不均匀和解冻终点不准确导致的。而经过优化的解冻程序则能将冻肉的嫩度值基本还原到鲜肉水平，而且均匀性大大改善。因此在质构特性方面，可以认为经过优化的程序的解冻效果要远好于原有的解冻程序^[7]。

3 结论

本文在微波炉原有的解冻程序上对加热程序进行了优化设计。采用间歇加热的方式，来缓解微波加热不均匀，冰将融化成水后温度跃升等问题，并缩短了微波炉自带解冻功能所需时间。实验结果表明，两种优化程序的解冻效果要好于微波炉自带的解冻功能，样品能基本解冻完全，肉汁渗出率较低，能较好维持

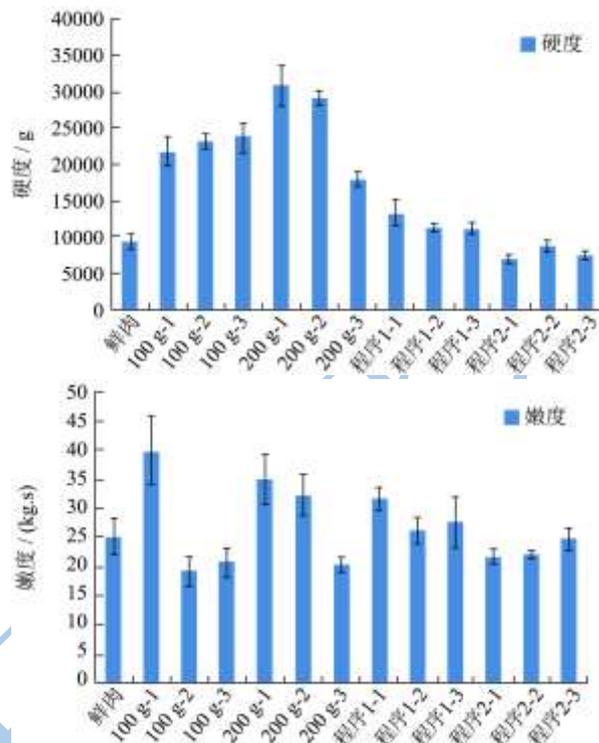


图10 不同解冻方法的质构参数图

Fig.10 Plot of texture parameters using different thawing procedures

参考文献

- [1] 余小颖. 冷冻和解冻工艺对猪肉保水性和组织结构的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2007
YU Xiao-ling. Study on effects of freezing and thawing on water holding capacity and structure of pork [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2007
- [2] 周梁, 卢艳, 周隼, 等. 猪肉冰温贮藏过程中的品质变化与机理研究[J]. 现代食品科技, 2011, 27(11): 1296-1302
ZHOU Liang, LU Yan, ZHOU Quan, et al. Changes in physical-chemical and sensory characteristics of pork under controlled freezing point storage conditions [J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(11): 1296-1302
- [3] 李昌文. 微波技术在肉类工业中的应用[J]. 肉类研究, 2011, 25(2): 53-54
LI Chang-wen. Recent advances in research on applications of microwave technology in meat industry [J]. Meat Research, 2011, 25(2): 53-54
- [4] 杨宏伟. 冻结肉解冻技术的探讨[J]. 肉类研究, 2005, 7: 43-44
YANG Hong-wei. Study on the meat thawing technology [J]. Meat Research, 2005, 7: 43-44

- [5] Schubert H, Regier M. The microwave processing of foods [M]. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2005
- [6] 尹忠平,夏延斌,李智峰,等.冷却猪肉pH值变化与肉汁渗出率的关系研究[J].食品科学,2005,26(7):86-88
Yin Zhong-ping, XIA Yan-bin, LI Zhi-feng, et al. Study on relationship between postmortem ph change and purge loss in chilled pork meat [J]. Food Science, 2005, 26(7): 86-88
- [7] 刘兴余,金邦荃,詹巍,等.猪肉质构的仪器测定与感官评定之间的相关性分析[J].食品科学,2007,28(4):245-248
LIU Xing-yu, JIN Bang-quan, ZHAN Wei, et al. Relationship analysis between instruments determination and sensory evaluation of pork texture [J]. Food Science, 2007, 28(4): 245-248

现代食品科技