

陆昌华, 何振峰, 甘 泉, 等. 猪肉生产过程中质量损耗分析与预冷过程优化[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(2): 468-470.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2015.02.038

# 猪肉生产过程中质量损耗分析与预冷过程优化

陆昌华<sup>1</sup>, 何振峰<sup>2</sup>, 甘 泉<sup>3</sup>, 胡肄农<sup>1</sup>, 孙友珍<sup>3</sup>, 谭业平<sup>1</sup>, 刘 亮<sup>4</sup>, 田景福<sup>4</sup>, 郁达威<sup>1</sup>

(1. 江苏省农业科学院兽医研究所/农业部兽用生物制品工程技术重点实验室/国家兽用生物制品工程技术研究中心, 江苏南京 210014; 2. 福州大学数学与计算机学院, 福建 福州 350108; 3. 江苏省福润肉类加工有限公司, 江苏 连云港 222000; 4. 雨润控股集团有限公司, 江苏 南京 210041)

**关键词:** 片猪肉; 预冷; 损耗

**中图分类号:** S828 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2015)02-0468-03

## Weight loss in pork production and optimization of precooling process

LU Chang-hua<sup>1</sup>, HE Zhen-feng<sup>2</sup>, GAN Quan<sup>3</sup>, HU Yi-nong<sup>1</sup>, SUN You-zhen<sup>3</sup>, TAN Ye-ping<sup>1</sup>, LIU Liang<sup>4</sup>, TIAN Jing-fu<sup>4</sup>, YU Da-wei<sup>1</sup>

(1. Institute of Veterinary Medicine, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Veterinary Biologicals Engineering and Technology, Ministry of Agriculture/National Center for Engineering Research of Veterinary Bio-products, Nanjing 210014, China; 2. College of Mathematics and Computer Science, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China; 3. Jiangsu Furun Meat Processing Limited Company, Lianyungang 222000, China; 4. Yurun Group Limited Company, Nanjing 210041, China)

**Key words:** pork; precooling; loss

中国是世界第一肉类生产大国,却不是肉类加工强国,存在产业加工率低、质量安全保障程度不高等重大问题<sup>[1]</sup>。为此,要实现企业猪肉的利用最大化,就需控制影响猪肉质量的诸多因素,以保证猪肉品质量的安全,减少不同生产阶段猪肉质量的损耗。

### 1 猪肉质量损失因素分析

猪肉生产全过程在时间上是连续的。按时间顺序可分为:宰前饲养、运输、宰前静养、屠宰和分割、冷却成熟、猪肉运输 6 个阶段。每个阶段的处理均可影响本阶段或后续阶

段的猪肉质量损失,猪肉质量损耗影响因素见表 1。

#### 1.1 宰前饲养

宰前饲养是特指生猪从饲养场运出前的一段时间。生猪宰前饲养方式可避免或能显著影响此后的猪肉质量损失:在宰前 2~3 周饲喂高蛋白质、高脂肪、高粗纤维和低可消化淀粉的饲料可降低汁液流失<sup>[2]</sup>;在生猪屠宰前 5 d 额外添加 0.5% 的色氨酸,能够减少白肌肉(屠宰后胴体出现肉色泽淡白、质地松软、有汁液渗出现象),其发生频率可下降 1/3<sup>[3]</sup>。

#### 1.2 生猪运输

生猪在运输中,死亡和组织损伤发生最多<sup>[4]</sup>。超过 1% 生猪在运输后变得难以行走甚至死亡。因此,扩充每头猪的运输空间可减少生猪损耗,运输空间从 1 头猪 0.39 m<sup>2</sup> 增至 0.48 m<sup>2</sup>,其损耗将减少一半。然而,运输空间也不是越大越好,空间过大,将会出现猪只难以保持平衡,相互无所依靠。实际操作,运输空间与猪的大小相关联,大约 4.6×10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/kg<sup>[5]</sup>。损耗也与运输距离和季节有关,适宜运输温度 15~25 ℃<sup>[3,4]</sup>。

收稿日期:2014-12-15

基金项目:江苏省农业科技支撑计划项目(BE2011397)

作者简介:陆昌华(1942-),男,浙江定海人,研究员,主要从事畜牧兽医信息技术、动物卫生经济学与动物卫生风险评估研究。  
(Tel)025-84392969; (E-mail) changhualu@163.com

表 1 猪肉质量损耗影响因素  
Table 1 Influencing factors of pork weight loss

重点环节		影响因素				
宰前饲养	饲料					
运 输	个体空间	运输距离	环境温度			
宰前静养	时间	猪伤病情况	饮水	环境温、湿度	个体情绪	
屠宰与分割	体液流失	屠宰方法	屠宰时间	环境温、湿度	分割方法	分割时间
冷却成熟	产品初始温度	冷却时间	风 速	环境温、湿度	保水性能	
成品运输	产品初始温度	运输时间	保水性能	环境温、湿度		

1.3 宰前静养

生猪经初步检验检疫进入屠宰厂后,需静养禁食 12 ~ 24 h,保持外部环境安静,发现病猪和伤猪需剔除。静养 12 h 左右质量损耗不到 1%,可减少白肌肉产生率。补充电解质溶液、营养补充剂或糖蜜溶液可支持 24 h 静养,能提高猪肉产品质量<sup>[3,5]</sup>。

1.4 屠宰与分割

生猪电麻后、应在致昏 30 s 内放血,以免苏醒挣扎引起肌肉出血。放血造成质量减少约为 5%,其中只有 3% 左右能利用,其余伴随生产过程流失。另一种生猪气体击昏法在欧洲较为普及。它利用 CO<sub>2</sub>、氩气及其混合气体使动物失去知觉。从福利角度,动物在 80% 以上 CO<sub>2</sub> 密闭室中静置 15 ~ 45 s,就完全失去知觉,并维持昏迷状态 2 ~ 3 min<sup>[1]</sup>。有研究认为气体击昏法可降低汁液流失率<sup>[2]</sup>。

猪体经历去头、蹄、尾、内脏、劈半、分离板油、摘腰(肾脏)和修整成白条肉。经过冷却、运输,最终到达销售商。一般热剔骨会增加汁液流失<sup>[2]</sup>。胴体劈半、分割方式对肉保水性有影响。因劈半工具的不良或准确性不高,会破坏里、外脊完整性,加大肉的汁液损失<sup>[6]</sup>。

1.5 冷却成熟

猪宰杀后胴体从 40 ℃ 降至 4 ℃ 左右,以控制微生物繁殖,保证产品质量。采用强冷风直吹产品,迅速降低胴体温度的同时水分也受损失,这种损失称为干耗。中国干耗损失在 1.8% ~ 3.5%,远高于欧美<sup>[4]</sup>。一般认为,加快冷却速度可减少汁液流失,在不影响肉品嫩度的前提下应尽快冷却<sup>[3]</sup>。而胴体水喷淋也可减少干耗,间歇喷淋 8 h 以上能使片猪肉胴体干耗降低到 1% 以下<sup>[7-8]</sup>。

1.6 猪肉运输

生鲜产品运输需保证冷链条件下进行。中国大型屠宰企业使用的运输工具是冷藏车,而运输距离为 100 ~ 700 km,其产品处在冷风的不断冷却与保温下,质量慢慢降低。随着运输距离增加,质量减少更多。在超过 300 km 运输中,产品质量减少现象尤为明显。为实现猪肉冷链物流,应对环境温度、设施设备和温度信息采集等做出特殊要求<sup>[1]</sup>。

2 猪肉预冷过程优化

2.1 猪肉预冷过程现状

生猪致晕、刺杀放血后,经 60 ~ 65 ℃ 热水或蒸汽浸烫后,猪肉体外表温度很高,而体内新陈代谢仍在进行,释放热量,使猪肉温度继续上升 1.5 ~ 2.0 ℃;猪肉富含脂肪、蛋白质等多种营养物质,温度较高,微生物极易繁殖;较高的肉温将进一步促进乳酸发酵,导致白肌肉发生率提高。为保证品质,猪肉修整后,急需对其冷却,使猪肉后腿中心温度达到 7 ℃ 以下。由于猪肉在预冷过程中自身温度高,而周围环境湿度低,胴体表面水分将出现散失,即预冷损耗产生。损耗越大,损失越大,猪肉预冷过程中,如何控制损耗是预冷工艺的关键。通常情况下,冷却方式、冷库湿度、温度和风速是影响损耗的关键因素。

2.2 预冷过程建模策略

预冷过程会带来 1% ~ 3% 胴体质量损耗,影响肉类加工企业经济效益。基于现有企业生产条件,确定合理预冷过程已成为亟待解决的课题。为冷却环境建立精确流体力学模型(考虑风速、温度和湿度),从而较准确地预测损耗,但此策略要求采集大量信息,设置大量传感器,当前,国内肉类加工企业尚难以做到。针对目前企业现状,急需建立简单且有效的优化系统,即企业只需方便地确定适合自己的预冷过程,不一定要精确了解冷室内的物理过程,可尝试在软件指导下进行试验,以给出特定生产条件下(特定冷室、基本不变胴体摆放方式、胴体质量和品种等品质因素)较优预冷过程参数(预冷时间、各个时刻风速、环境温度、环境湿度),从而获得较少胴体质量损耗和较小的能耗参数。

为此,何振峰等<sup>[9]</sup>采用少量预冷试验数据,在猪肉预冷损耗控制中,提出一种预冷过程建模策略,定义了 2 种预冷过程向量:基于温度梯度的降温过程向量和基于当前损耗的损耗过程向量,分别用于描述胴体热量散失和物质流失规律<sup>[9]</sup>。针对每条试验记录,包括有风和无风 2 种工况,需要构建有风时的预冷向量和无风时的预冷向量,而 1 次试验中,既包括开风机的时间,也包括关风机的时间,要构建有风预冷向量就需要无风预冷向量,反之,要构建无风预冷向量

就需要有风预冷向量。对于这种存在相互依赖的不确定量的求解问题,多采用期望最大化算法(EM)。EM 算法常用于基于混合高斯模型的参数估计,通过迭代地分步估计各个样本的隶属度和各个高斯分布的特征,来获得各个高斯分布的参数,但它可以推广,用于估计各种相互依赖的参数。构建预冷向量给出结合限制的 EM 算法来同时拟合<sup>[10-11]</sup>;E 过程构建有风预冷过程向量,M 过程构建无风预冷过程向量,E 过程和 M 过程中施加 2 个向量间的偏序限制,均以云进化算法(CEBA)为优化算法<sup>[12]</sup>。该算法基于云模型,利用云发生器来发生子代,在子代中选择最优的个体集,再利用这些个体去发生下一代<sup>[12]</sup>。基于 37 条试验记录构建了预冷过程向量,却要分别构建出高维的有风和无风条件下的降温向量和损耗向量,困难较大,构建过程中应尽可能引入领域知识。从领域知识知 2 个预冷向量均存在“单调性限制”:温度梯度越大时,降温速度往往越快;已有损耗越多时,损耗速度往往越慢。由于进化算法更容易引入各种约束,常被用于解决复杂问题,故被选作构建 2 个预冷向量的优化算法,此法被用来模拟猪胴体的预冷过程,降温过程拟合的平均误差为 0.93℃,损耗过程拟合的平均误差为 0.151%。

该研究不需要精确定义物理过程的预冷过程优化,结合专家知识以更科学地评价预冷过程描述策略,从而确定较有效的特征参数形式,并用来描述预冷过程;探索一个迭代的预冷过程特征参数确定策略,指导企业更快更好地完成特征参数确定过程<sup>[13]</sup>。与传统冷却方式相比,加速冷却是采用超低的温度使猪肉快速降温;喷雾预冷是在较高的湿度环境下,快速降低猪肉表面温度,但降温速度不及加速预冷方式。猪肉预冷商业化运作中,可使用该策略分析企业实际猪肉预冷过程数据,形成一个综合损耗、能耗等多方面因素的预冷过程评价策略,将其应用于优化预冷过程参数,有助于对屠宰企业预冷损耗控制的改进,达到节能降耗,提高企业经济效益的目的。

### 3 结 语

综合性评价猪肉生产过程中,宰前饲养、运输、宰前静养、屠宰和分割、冷却成熟和猪肉运输 6 个阶段是影响猪肉质量的损耗因素。减少微小的质量损耗变化,可降低风险,给企业带来明显效益。

根据文献和现有试验数据,冷却过程(包括冷却时间、冷库温度、风速和湿度等)对于预冷效果影响较大。所以,本研

究猪肉预冷过程优化,首先只考虑冷却过程,将基于冷却过程来分析损耗。采用限制 EM 算法模拟猪肉预冷过程,便于对这种试验数据分散过程的规律性进行观察,数据的采集不会影响企业的实际生产,对于生产具有一定实用价值。

本试验基于 36 条试验记录较好地建模预冷过程,其中对降温过程的预测效果佳;降温过程预测的平均误差为 0.93℃,损耗过程预测的平均误差为 0.151%。

由于在预冷过程的前几个小时,胴体的温度和损耗变化速度最快,为保证产品质量及提高建模精度,企业还是需要科学合理地安排短时间预冷试验方案,以采集早期预冷过程数据。

### 参考文献:

- [1] 李春保,张万刚. 冷却猪肉加工技术[M]. 北京:中国农业出版社,2014.
- [2] 陈 韬. 宰后肌肉蛋白质和组织结构变化与冷却猪肉持水性的关系研究[D]. 南京:南京农业大学,2005.
- [3] 刘红林,陈 杰,徐银学,等. 猪肉品质及其影响因素(II)—影响猪肉品质的环境因素[J]. 畜牧与兽医,2001,33(1):40-42.
- [4] 周光宏. 肉品加工学[M]. 北京:中国农业出版社,2009.
- [5] 王继鹏,岳新叶,王家国. 生猪宰前静养与猪肉质量[J]. 肉类工业,2007(4):7-9.
- [6] 柳艳霞,高晓平,赵改名,等. 宰后因素对肌肉保水性的影响[J]. 安徽农业科学,2007,35(16):4846-4848.
- [7] 殷 红,葛长荣. 冷却猪肉生产条件的选择[J]. 肉类工业,2004(10):10-11.
- [8] 张向前,徐幸莲,周光宏,等. 季节和雾化喷淋冷却对猪半胴体干耗及品质的影响[J]. 南京农业大学学报,2007,30(3):124-128.
- [9] 何振峰,陆昌华,熊范纶. 基于限制 EM 算法的猪肉预冷过程分析[J]. 农业工程学报,2010,26(7):351-357.
- [10] 赵文举,马孝义,刘 哲,等. 多级灌溉渠配水优化编组模型与算法研究[J]. 农业工程学报,2008,24(2):11-16.
- [11] 邓 巍,丁为民. 基于 EM 算法的图像融合质量评价[J]. 农业工程学报,2007,23(5):168-172.
- [12] 张光卫,何 锐,刘 禹,等. 基于云模型的进化算法[J]. 计算机学报,2008,31(7):1082-1091.
- [13] 何振峰,熊范纶. 结合限制的分隔模型及 K-Means 算法[J]. 软件学报,2005,16(5):799-809.

(责任编辑:袁 伟)