

Comparative Study of Pork Tenderness Evaluation Method

Hongmei Hu^{1,2}, Jianguo Cheng^{1,2}, Yanping Wang^{1,2}, Jianfeng Guo^{1,2}, Rongsheng Zhu^{1,2}, Yin Zhang^{1,2}, Cheng Wang^{1,2}, Jiying Wang^{1,2}, Jie Huang³, Ying Wu^{1,2*}

¹Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong

²Key Laboratory of Disease Control and Animal Breeding of Shandong Province, Jinan Shandong

³Institute of Sci-Tec Information, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong

Email: *wusaas@163.com

Received: Jan. 22nd, 2017; accepted: Feb. 12th, 2017; published: Feb. 15th, 2017

Abstract

Objective: This study was designed to improve the method of analyzing the meat tenderness in the pork industry, and then achieved a simpler, quicker and easier operation. **Method:** The meat tenderness from both sides' longissimus dorsi of 45 DLY was measured with tenderometer (C-LM3, China) or texture analyzer (TA.XT Plus, Stable Micro System, UK). The tenderness of cooled meat of different muscle fiber trends and at 6 h, 24 h, 48 h, 72 h after slaughter and cooked meat of 72 h were studied to compare the muscle shear values evaluated by different instruments, time points and muscle fiber trends, and then build the mathematic model between cooled and cooked meat. **Result:** Cooled meat of 6 - 72 hs after slaughter, with different muscle fiber trends (vertical, diagonal), has the same shear values changing trend, and they are in a very significantly positive relation ($p < 0.01$); the shear value of cooled meat after 24 hours' slaughter is in linear relation with cooked meat of 72 hs after slaughter ($p < 0.05$); muscle shear values evaluated by domestic tenderometer and texture analyzer are significantly related positively, of which the relevant index is 0.688 ($p < 0.01$). Moreover, they are in a fine linear relation with each other. **Conclusion:** During the process of delivery, the longissimus dorsi is selected by cross-cutting after mortification for 24 h; the shear value of cooled meat of 24 hs after slaughter could reflect the tenderness of pork; domestic tenderometer and texture analyzer could substitute with each other in the evaluation of muscle tenderness.

Keywords

Pork, Tenderness, Shear Value, Cooled Meat, Method Improvement

猪肉嫩度测定方法对比分析

呼红梅^{1,2}, 成建国^{1,2}, 王彦平^{1,2}, 郭建凤^{1,2}, 朱荣生^{1,2}, 张 印^{1,2}, 王 诚^{1,2}, 王继英^{1,2}, 黄 洁³, 武英^{1,2*}

*通讯作者。

文章引用: 呼红梅, 成建国, 王彦平, 郭建凤, 朱荣生, 张印, 王诚, 王继英, 黄洁, 武英. 猪肉嫩度测定方法对比分析[J]. 食品与营养科学, 2017, 6(1): 23-31. <https://doi.org/10.12677/hjfn.2017.61004>

¹山东省农业科学院畜牧兽医研究所, 山东 济南

²山东省畜禽疫病防治与繁育重点实验室, 山东 济南

³山东省农业科学院科技信息研究所, 山东 济南

Email: *wusaas@163.com

收稿日期: 2017年1月22日; 录用日期: 2017年2月12日; 发布日期: 2017年2月15日

摘要

【目的】改进肌肉嫩度测定方法, 达到简单、快速、易于操作, 以期适用工业化生产。**【方法】**以45头杜长大三元杂交猪(DLY)背最长肌为素材, 利用嫩度仪和质构仪, 研究屠宰后8 h、24 h、48 h、72 h 4个时间点、不同肌纤维走向的冷却肉嫩度, 以及72 h熟肉嫩度, 对比分析不同时间点、肌纤维走向和不同仪器测定的肌肉剪切力值, 建立冷却肉与熟肉间的数学模型。**【结果】**宰后8~72 h不同肌纤维走向(垂直、斜向)的冷却肉剪切力值变化趋势一致, 二者间极显著正相关($p < 0.01$); 宰后24 h冷却肉剪切力值与72 h熟肉剪切力值呈显著线性相关($p < 0.05$); 国产嫩度仪与质构仪测定的肌肉剪切力值极显著正相关, 相关系数达0.688 ($p < 0.01$), 而且二者间线性关系良好。**【结论】**生产中24 h排酸后可直接横切取背最长肌, 钻取肉样进行剪切力值测定; 屠后24 h冷却肉剪切力值可客观反映猪肉嫩度; 国产嫩度仪可与质构仪互相替代, 进行肌肉嫩度评定。

关键词

猪肉, 嫩度, 剪切力值, 冷却肉, 方法改进

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

【研究意义】随着生活水平的提高, 肉的数量满足需求后, 人们对肉品的质量要求也随之提高, 所以肉的食用品质越来越受到关注。肉的食用品质主要包括肉的嫩度、质构、多汁性和风味等[1]。嫩度是评价肌肉质量的重要指标, 对消费者的购买趋向起重要作用[2]。**【前人研究进展】**嫩度的评定方法有感官评定和仪器评定两类[3], 肌肉感官评定值与嫩度仪测定值间显著相关[4]-[9], 但是仪器评定具有感官评定所不具备的优势[4] [9]。目前大多数国家沿用 Warner-Bratzler 原理评定肌肉嫩度的方法, 我国大多使用陈润生开发的 C-LM 系列嫩度计。同国外的测定方法相比, 对肉的前处理(肌肉蒸煮条件和方式)略有不同, 传统上采用熟肉作为测定对象[10]-[17], 而对冷却肉嫩度的研究, 以及对嫩度仪测定值与质构仪测定值之间的相关性研究还鲜见报道。**【本研究切入点】**采用冷却肉作为研究对象, 测定时快速、方便, 适用于屠宰场现场操作, 且时效性较好。采用熟肉, 其测定的条件和环境与人们的食用情况相似[18]。对于选择冷却肉还是熟肉, 以及两者之间的关系, 目前国内报道较少。目前, 国内外的肉品质专家逐渐认识到, 使用质构仪测定肌肉嫩度, 具有国产嫩度计所不具备的优势, 而对于仪器之间的比较, 国内亦少见这方面的研究报道。国外多以牛肉为对象, 研究其肉嫩度[3] [4] [6] [9] [12]。而中国主要以猪肉为消费对象, 却少见其嫩度的研究。**【拟解决的关键问题】**本试验结合中国肉类消费情况, 以猪冷却肉和熟肉为研究对象, 分析不同时间点冷却肉嫩度的变化, 以及不同肌纤维走向肌肉间嫩度值的关联, 分析嫩度值

间的关系，并建立回归方程；分析不同时间点冷却肉嫩度值间的相关性，同一时间点不同肌纤维走向肌肉嫩度值的相关性，以及冷却肉和熟肉嫩度的相关性。优选出适宜的冷却肉嫩度值测定时间点，改进猪肉嫩度测定方法；同时，对比国产嫩度计和国外质构仪在评定肉品嫩度方面的优劣，以期为完善肉品质量评价标准提供技术支持。

2. 材料与方法

2.1. 样品采集与处理

2014年5月26日在山东银宝食品有限公司屠宰105~110 kg体重DLY 45头，屠宰后立即取胴体两侧最后肋骨向后8~10 cm完整背最长肌，分别标号，置于4℃冰箱冷藏。肌肉剪切力值测定于26~30日在山东省畜禽疫病防治于繁育重点实验室进行。

2.2. 冷却肉剪切力值测定

2.2.1. 冷却肉剪切力值测定

每头猪一侧的背最长肌，取一半，沿肌纤维走向修整为方形块，然后垂直肌纤维方向切成约15 mm，然后顺着肌纤维的方向用直径为127 mm的取样器柔和钻取肉样(剪切时肌纤维的走向为垂直)，均分为五份，每份7个肉样以上，每猪每份装入自封袋中，标号，迅速移至4℃冰箱保存；余下的一半背最长肌，按照背最长肌生长的方向，横切背最长肌，厚度15 mm，然后用直径为127 mm的取样器柔和钻取肉样(剪切时肌纤维的走向为斜向)，均分为五份，每份7个肉样以上，每猪每份装入自封袋中，标号，迅速移至4℃冰箱保存。分别于屠宰后8 h、24 h、48 h、72 h取出使用质构仪进行肌肉剪切力值测定。

2.2.2. 熟肉剪切力值测定

4℃冷藏熟化72 h后取出每头猪，取另一侧背最长肌，剔除肌肉表面的膜、筋、腱和脂肪等，按照呼红梅等(2014)的方法进行猪肉蒸煮、取样和肌肉嫩度剪切力值测定[19]。熟肉嫩度评价，分别采用质构仪和嫩度仪进行剪切力值测定。

2.3. 试验仪器及参数设置

质构仪(Texture Analyser-TA.XT Plus, Stable Micro System, UK)、嫩度计(C-LM3, 中国)、取样器(ϕ 1.27 cm)、温度计、水浴锅、冰箱等。

质构仪探头型号为HDP/BSW，探头剪切前移动速度为2.0 mm/sec，剪切时移动速度为1.0 mm/sec，剪切后移动速度为10.0 mm/sec。

2.4. 数据统计分析

采用SPSS13.0软件的One-Way ANOVA对肌肉剪切力值进行方差分析、多重比较和显著性检验，对不同肌纤维走向取样肌肉剪切力值进行Pearson相关分析，对熟肉剪切力值与24 h冷却肉剪切力值进行线性回归分析，建立回归方程。

3. 结果与分析

3.1. 生猪宰后不同时间冷却肉剪切力值的比较

对45头DLY商品猪背最长肌进行剪切力值测定，结果如图1。垂直肌纤维方向与斜向肌纤维方向进行剪切力测定，屠宰后8 h、24 h、48 h、72 h时剪切力值变化趋势一致，屠宰后24 h肌肉剪切力值最高，随后逐渐降低。屠宰后8~72 h肌肉剪切力值的变化与屠宰后尸僵变化和肌肉成熟相关，屠宰后6~8 h

进入尸僵期,持续 15~24 h, 然后解僵, 肌肉熟化, 肌肉中的蛋白分解为较小的单位, 肌肉亲水性提高, 肌肉中的肌纤维蛋白结构松弛, 肌肉变的松软, 肌肉剪切力值变小, 嫩度增加。屠宰后 8~72 h 垂直肌纤维方向肌肉的剪切力值均小于肌纤维斜向的肌肉, 差异不显著($p > 0.05$)。冷藏 24 h 肌肉的剪切力值显著高于冷藏 72 h, 高 20.07%~20.98% ($p < 0.05$), 其他各时间点间差异不显著($p > 0.05$)。屠宰后 8~72 h 不同肌纤维方向肌肉剪切力值变异系数变化趋势一致, 24 h 冷却肉剪切力值变异系数最小, 低于 20%, 48 h 冷却肉次之, 低于 21%, 6 h 和 72 h 冷却肉剪切力值变异系数较高, 大于 21% (图 2)。

pH 值实质是蛋白质分子的静电荷效应, 而静电荷是蛋白质分子吸收水分的强力中心, 静电荷使蛋

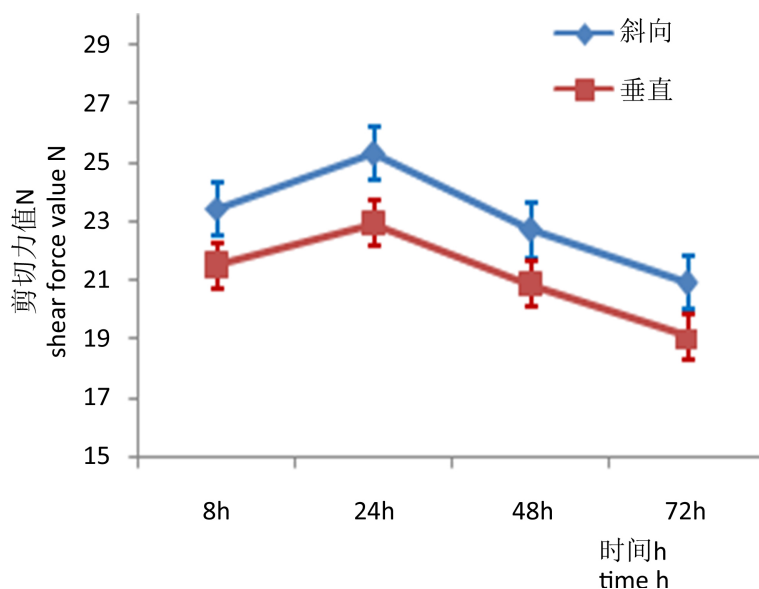


Figure 1. Comparison of chilled meat shear force value at 8 h, 24 h, 48 h and 72 h

图 1. 不同时间点冷却肉剪切力值比较

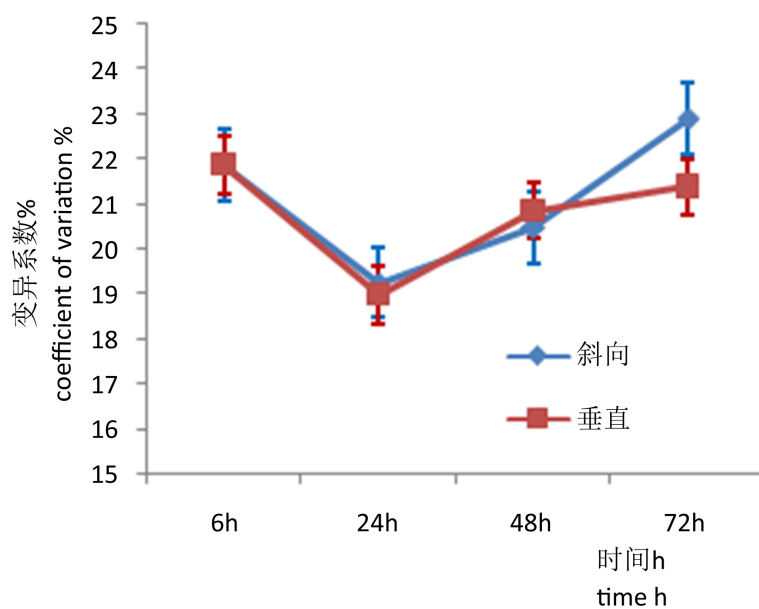


Figure 2. Comparison of chilled meat shear force value variation coefficient at 8 h, 24 h, 48 h and 72 h

图 2. 不同时间点冷却肉剪切力值变异系数比较

白质分子间产生静电排斥,使蛋白质网格空间呈松弛状态,提高系水力。

为反映传统的 72 h 肌肉剪切力值,以 72 h 肌肉剪切力值为应变量,以 24 h、48 h 肌肉剪切力值为自变量作三维散点图(图 3),偏回归线性方程: $Y_{72h} = 15.84 + 0.32 X_{48h} - 0.13 X_{24h}$ ($R^2 = 0.43$)。结果表明,三者间相关达到极显著相关($p < 0.01$)(表 1)。这就表明,本试验条件下 4℃ 保存肉样,其 24 h 肌肉剪切力值可较好反映 72 h 肌肉剪切力值。

3.2. 生猪屠宰后不同时间点冷却肉剪切力值关联分析

由表 1 可见,生猪屠宰后不同时间点垂直肌纤维方向肌肉剪切力值间和肌纤维斜向肌肉剪切力值间极显著正相关,相关系数介于 0.596~0.896 ($p < 0.01$),斜向肌纤维方向肌肉剪切力值间的相关系数大于垂直肌纤维方向肌肉剪切力值。相同时间点不同肌纤维方向肌肉剪切力值间相关极显著,相关系数介于

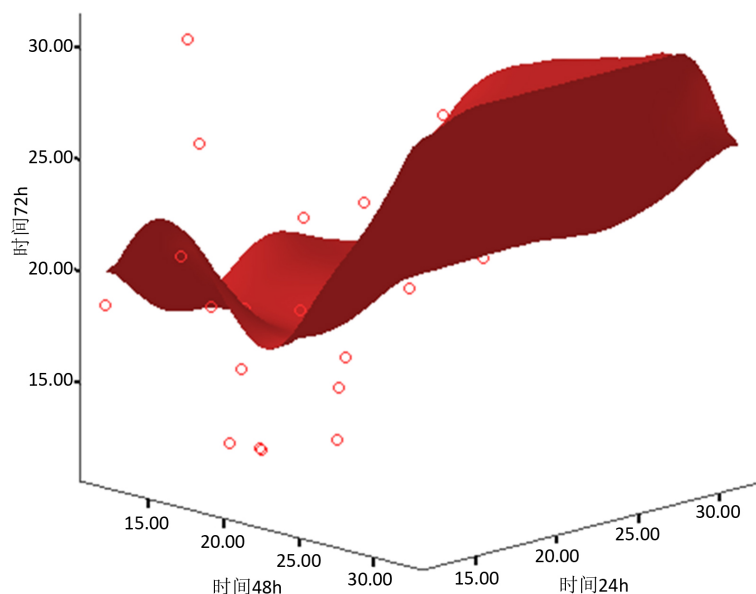


Figure 3. The dimensional scatter and curve of chilled meat shear force at 24 h, 48 h and 72 h

图 3. 不同时间点冷却肉剪切力值三维散点分布图及其拟合曲面

Table 1. The correlation coefficient between chilled meat shear force values of different time

表 1. 不同时间点冷却肉剪切力值相关系数

相关系数	垂直 8 h	垂直 24 h	垂直 48 h	垂直 72 h	斜向 6 h	斜向 24 h	斜向 48 h	斜向 72 h
垂直 8 h	1	0.699**	0.596**	0.671**	0.714**	-	-	-
垂直 24 h		1	0.633**	0.846**	-	0.831**	-	-
垂直 48 h			1	0.828**	-	-	0.590**	-
垂直 72 h				1	-	-	-	0.608**
斜向 6 h					1	0.861**	0.830**	0.828**
斜向 24 h						1	0.878**	0.896**
斜向 48 h							1	0.844**
斜向 72 h								1

注: 肩标者, 差异极显著($p < 0.01$)。Note: superscript**, significant at $p < 0.01$ 。

0.590~0.831 ($p < 0.01$)。既然不同时间点冷却肉剪切力值间极显著正相关,而且屠宰场经 24 h 排酸后进行分割,此时方便取样进行剪切力值测定,因此冷却肉 24 h 剪切力值可作为优先使用时间点。

3.3. 冷却肉和熟肉剪切力值回归分析

本试验进一步建立冷却肉与熟肉剪切力值相关性散点图和回归方程(图 4),以质构仪 24 h 冷却肉剪切力值为自变量,分别以质构仪和嫩度仪 72 h 熟肉剪切力值为应变量,建立线性回归方程: $Y_{\text{熟肉}} = 73.06 - 0.82 X_{\text{冷却肉}}$, $R^2 = 0.724$; $Y_{\text{熟肉}} = 46.70 - 0.36 X_{\text{冷却肉}}$, $R^2 = 0.528$,嫩度仪和质构仪 72 h 熟肉剪切力值与 24 h 冷却肉剪切力值间具有一定程度的相关性,尽管较低但达到显著水平($p < 0.05$)。由此可见,采用质构仪测定屠宰后 24 h 冷却肉嫩度可替代传统 72 h 熟肉嫩度测定。

3.4. 两种仪器测定剪切力值的比较

分别用质构仪和嫩度仪测定 4℃ 冷藏 96 h 肌肉的剪切力值,测定数据见表 1。质构仪检测的肌肉剪切力值高于嫩度仪,剪切力值变异系数相近。相关性检测结果表明,两种仪器检测的肌肉剪切力值间极显著正相关,相关系数高达 0.688 ($p < 0.01$)。由此可见,国产嫩度仪测得的剪切力值能够较好的反映质构仪测得的剪切力值。

嫩度仪和质构仪测定 72 h 熟肉剪切力值,根据测定数据,作出散点图和拟合曲线(图 5),以质构仪测定数据位应变量,以嫩度仪测定数据位自变量,建立线性拟合方程, $Y_{\text{质构仪}} = 27.37 + 0.73 X_{\text{嫩度仪}}$, $R^2 = 0.47$ 。经假设性检验,方程线性回归关系达显著水平($p < 0.05$),该方程具有预测和调控意义[14] [20],而且二者之间相关性极显著($p < 0.01$) (表 2)。由此可见国产嫩度仪测定的剪切力值可较好反映质构仪测得的数据,提示国产嫩度仪可替代质构仪进行肌肉嫩度评定。

4. 讨论

4.1. 冷却肉、熟肉剪切力值的比较

熟肉与感官评定、饮食习惯相近,国内外通常选择熟肉作为肌肉嫩度评定的对象[12] [13] [17] [19] [21],但是以熟肉为测定对象也存在不足,首先是熟肉测定需 3~4 d 的熟化期[10] [11] [19],时间较长,难以满足屠宰生产者的需要,而且不适合现场快速操作,其次是肉样需要量也大,前处理较繁琐,而且

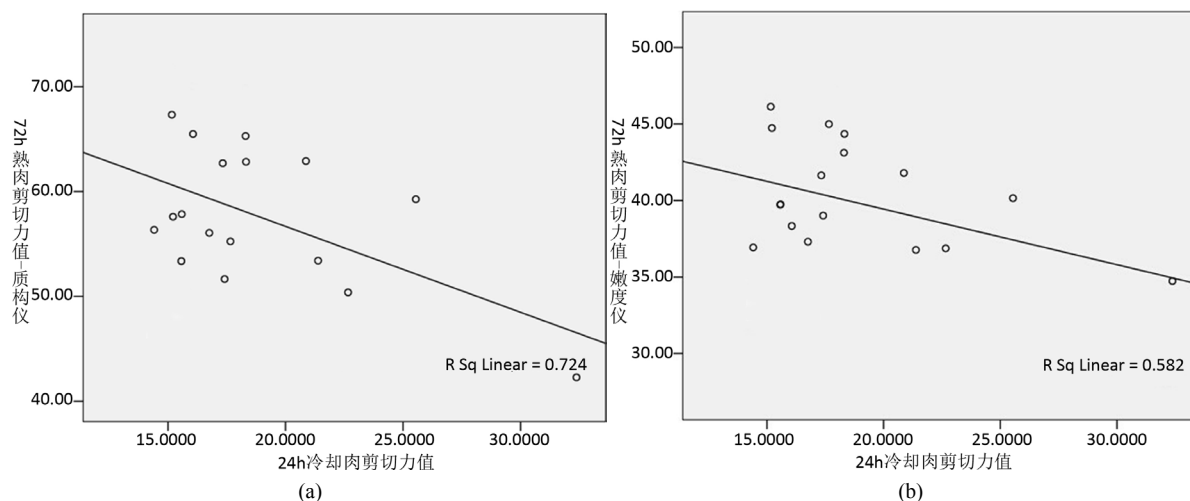


Figure 4. Scatter and plot of shear force between chilled and cooked meat

图 4. 冷却肉与熟肉剪切力值散点分布图及其拟合直线

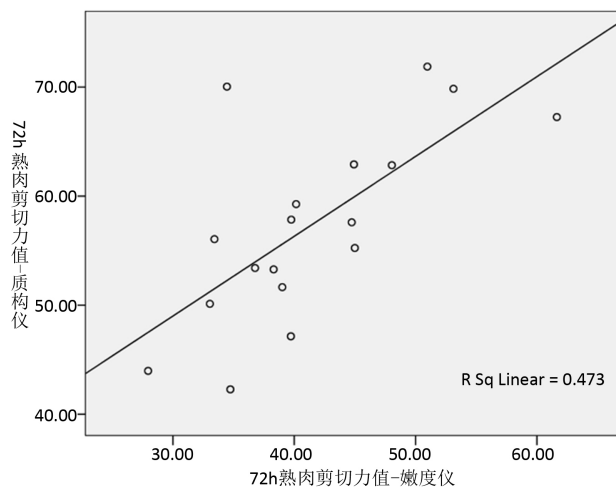


Figure 5. Scatter and plot of cooked meat shear force between two instruments

图 5. 两种仪器测定熟肉剪切力值散点分布图及其拟合直线

Table 2. The comparison of cooked meat shear force value between two instruments

表 2. 两种仪器测定熟肉剪切力值比较

仪器	剪切力值 N	变异系数%	质构仪与嫩度仪间相关系数
嫩度仪	41.10 ± 1.70	17.07	-
质构仪	56.62 ± 1.87	16.64	0.688**

注：肩标**者，差异极显著($p < 0.01$)。Note: superscript**, significant at $p < 0.01$ 。

肉样大小影响中心温度达到时间，肉样边缘与中心的肌肉的剪切力值及其变异系数变异幅度较大[19][22]。而本试验选择冷却肉为测定对象，肉样需求量少，而且避免以熟肉为对象测定时前处理方式对肌肉嫩度的影响。

本试验通过分析比较，研究不同时间点冷却肉的嫩度变化，分析冷却肉与熟肉嫩度间的关系，结果表明：屠宰后不同时间点冷却肉剪切力值间极显著正相关，屠宰后 24 h 冷却肉剪切力值最高，其次为 8 h、48 h，屠宰后 72 h 冷却肉剪切力值最低，这与刘兴余等(2007)的研究结果一致[14]，而且也与猪肉屠宰后的生理变化一致，生鲜肉经过 24~32 h 排酸和解僵过程，肌肉开始进入熟化和成熟过程，肌肉嫩度增加，剪切力值变小[23]。屠宰后 8 h、24 h、48 h、72 h 不同肌纤维方向(垂直、斜向)冷却肉的剪切力值虽然相差 1.84~2.36 N，但是变化趋势一致，而且各时间点间呈极显著正相关($p < 0.01$)，这就表明进行肌肉剪切力值测定时肌肉的肌纤维走向虽然在一定程度上影响其剪切力值，但是不影响同一试验中样本间的横向比较，而在生产者为了方便操作、提高工作效率，在进行肌肉嫩度评定时可直接按 NY/T 1180 [17]规定的直接取下背最长肌，然后横向切取 1 cm 厚，直接钻取肉样进行测定即可。

基于屠宰加工企业经过 24 h 排酸后及分割上市，分割时取背最长肌进行剪切力值测定，可以及时了解肌肉嫩度情况，便于在工业化的生产中应用。本试验以 24 h 冷鲜肉剪切力值为自变量，以 72 h 熟肉剪切力值为因变量，建立线性拟合曲线，结果表明：24 h 冷却肉剪切力值与 72 h 熟肉剪切力值间显著相关($p < 0.05$)，提示 24 h 冷却肉嫩度可替代 72 h 熟肉嫩度，应用于生产实践进行肌肉品质评定。在生猪连续化生产线中，传统的肌肉嫩度评价方法难以满足生猪屠宰企业生产中及时了解肌肉嫩度的需要，而本试验设计的嫩度测定方法可使评定时间大大缩短，操作简单，可较方便用于工业化生产中。

4.2. 嫩度仪和质构仪测定肌肉嫩度的比较

目前质构仪在食品行业中的应用较为广泛,而且测定的性状值可较好反映食品的质量,已得到广大研究者的认可[18][24]。肉质嫩度的评定,国内多采用 C-LM 系列嫩度仪,其测定原理与质构仪的剪切力值法相同。本试验比较两种仪器测得的剪切力值数据,两种仪器测定的剪切力值间极显著正相关,而且线性拟合方程的 R^2 达到 0.47,显著相关,嫩度仪测定的剪切力值可较好预测质构仪测定的剪切力值。国产嫩度仪体型较小,方便携带,价格低廉,多数企业可负担。质构仪由于有专用的载物台,降低人为主观干扰,与电脑相连可直接分析数据,更适合用于科学研究。

5. 结论

(1) 屠宰后 8~72 h 不同肌纤维走向的冷却肉剪切力值变化趋势一致,且二者间极显著正相关,提示生产中可直接横切背最长肌,钻取肉样进行剪切力值测定,简化操作,提高工作效率。

(2) 国产嫩度仪和质构仪测得的肌肉剪切力值间极显著正相关,提示两者可互相替代。而且冷却肉 24 h 剪切力值可在一定程度上反映 72 h 熟肉的剪切力值,二者间线性相关达显著水平。

基金项目

国家生猪产业技术体系(CARS-36);国家自然科学基金(31501928);山东省自然基金(ZR2015CM007);山东省农业科学院青年基金(2014QNM041);山东省科技发展计划(2015GNC111011)。

参考文献 (References)

- [1] Warriss, P.D. (2001) *Meat Science*. 2nd Edition, CABI Publishing, Oxon, 108-113.
- [2] Bredahl, L., Grunert, K.G. and Fertin, C. (1998) Relating Consumer Perceptions of Pork Quality to Physical Product Characteristics. *Food Quality and Preference*, **9**, 273-281. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(98\)00007-X](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(98)00007-X)
- [3] Platter, W.D., Tatum, J.D., Belk, K.E., Chapman, P.L., Scanga, J.A. and Smith, G.C. (2003) Relationships of Consumer Sensory Ratings, Marbling Score, and Shear Force Value to Consumer Acceptance of Beef Strip Loin Steaks. *Journal of Animal Science*, **81**, 2741-2750. <https://doi.org/10.2527/2003.81112741x>
- [4] Caine, W.R., Aalhus, J.L., Best, D.R., et al. (2003) Relationship of Texture Profile Analysis and Warner-Bratzler Shear Force with Sensory Characteristics of Beef Rib Steaks. *Meat Science*, **64**, 333-339. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00110-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00110-9)
- [5] Safari, E., Fogarty, N.M. and Ferrier, G.R. (2001) Diverse Lamb Genotypes. 3. Eating Quality and the Relationship between Its Objective Measurement and Sensory Assessment. *Meat Science*, **58**, 153-159. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00087-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00087-5)
- [6] Otremba, M.M., Dikeman, M.E., Milliken, G.A., et al. (1999) Interrelationships among Evaluations of Beef Longissimus Semitendinosus Muscle Tenderness by Warner-Bratzler Shear Force, a Descriptive-Texture Profile Sensory Panel, and a Descriptive Attribute Sensory Panel. *Journal of Animal Science*, **77**, 865-873.
- [7] Hovenier, R., Kanis, E. and Verhoeven, J.A. (1993) Repeatability of Taste Panel Tenderness Scores and Their Relationships to Objective Pig Meat Quality Traits. *Journal of Animal Science*, **71**, 2018-2025.
- [8] Oeckel, M.J., Warnants, N. and Boucque, C.H.V. (1999) Pork Tenderness Estimation by Taste Panel, Warner-Bratzler Shear Force and On-Line Methods. *Meat Science*, **53**, 259-267. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00067-4)
- [9] Peachey, B.M., Purchas, R.W. and Duizer, L.M. (2002) Relationships between Sensory and Objective Measures of Meat Tenderness of Beef M. Longissimus Thoracis from Bulls and Steers. *Meat Science*, **60**, 211-218. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00123-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00123-1)
- [10] 刘万峰, 陈润生. 猪肉嫩度(剪切力值)测定前处理方法的研究[J]. 猪肉品质研究参考资料汇编, 1990(3): 6-24.
- [11] 陈润生, 刘万峰. 国内外对肌肉嫩度测定前处理方法的研究概况, 猪肉品质研究参考资料汇编(第三册)[M]. 哈尔滨: 东北农学院, 1990: 1-5.
- [12] Obuz, E., Dikeman, M.E. and Loughin, T.M. (2003) Effects of Cooking Method, Reheating, Holding Time, and Holding Temperature on Beef Longissimus Lumborum and Biceps Femoris Tenderness. *Meat Science*, **65**, 841-851. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00289-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00289-9)

- [13] 周光宏. 肉品学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 246-247.
- [14] 刘兴余, 金邦荃, 詹巍, 汤祥明, 熊国远, 孙金艳. 猪肉嫩度测定方法的改进[J]. 中国农业科学, 2007, 40(1): 167-172.
- [15] 王林云. 现代中国养猪[M]. 北京市: 金盾出版社, 2009.
- [16] 陈清明, 王连纯. 现在养猪生产[M]. 北京市: 中国农业大学出版社, 1999.
- [17] NY/T 1180 肉嫩度的测定剪切力测定法.
- [18] De Huidobro, F.R., Miguel, E., Blázquez, B. and Onega, E. (2005) A Comparison between Two Methods (Warner-Bratzler and Texture Profile Analysis) for Testing Either Raw Meator Cooked Meat. *Meat Science*, **69**, 527-536. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.09.008>
- [19] 呼红梅, 王彦平, 张印, 林松, 王诚, 武英. 猪肌肉嫩度测定方法的改进[J]. 养猪, 2014, 3: 61-64.
- [20] 王钦德, 杨坚. 食品试验设计与统计分析[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 169-170.
- [21] 张伟力. 猪肉质测定的采样与前处理[J]. 养猪, 2002(1): 30-31.
- [22] Palka, K. (2003) The Influence of Post-Mortem Ageing and Roasting on the Microstructure, Texture and Collagen Solubility of Bovine Semitendinosus Muscle. *Meat Science*, **64**, 191-198. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00179-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00179-1)
- [23] Savell, J.W., Mueller, S.L. and Baird, B.E. (2005) The Chilling of Carcasses. *Meat Science*, **70**, 449-459. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.06.027>
- [24] Bourne, M.C. (1978) Texture Profile Analysis. *Food Technology*, **33**, 62-66.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjfn@s@hanspub.org