

低温嫩化过程中猪肉质构和感官性状的变化

张廷焕^{1,2}, 陈磊^{2,3}, 潘红梅^{2,3}, 王金勇^{2,3}, 帅素容^{1,*}

(1. 四川农业大学动物科技学院, 四川雅安 625014;

2. 重庆市畜牧科学院, 重庆荣昌 402460;

3. 农业部养猪科学重点实验室, 重庆荣昌 402460)

摘要:以商品肉猪背最长肌为研究对象,在低温(4℃)条件下进行了24h(1d)、72h(3d)、144h(6d)3个时间段的嫩化处理,利用 Warner Bratzler 剪切力测定、质构剖面分析(TPA)和感官评定,分析了各处理组样品质构和感官性状随嫩化时间迁移的变化。结果表明感官评定的硬度、弹性、多汁性随着嫩化时间增加持续显著下降($p < 0.05$);剪切力测定的硬度、最大剪切力、平均剪切力仅在嫩化前期(1~3d)有显著下降($p < 0.05$);TPA 分析的弹性和粘性在前期(1~3d)有显著的增加($p < 0.05$),硬度和咀嚼性在后期(3~6d)有显著的下降($p < 0.05$),回复性在持续嫩化6d后显著的增加($p < 0.05$),粘着性没有随嫩化时间增加而变化($p < 0.05$)。本实验结合仪器和感官两种测定方法,分析了猪肉质构和感官性状在不同嫩化时间的变化趋势,为优化猪肉的嫩化成熟工艺提供了科学依据。

关键词:低温嫩化,猪肉,质构性状,感官性状

Changes on texture characteristics and sensory attributes of pork in the process of tenderization at low temperature

ZHANG Ting-huan^{1,2}, CHEN Lei^{2,3}, PAN Hong-mei^{2,3}, WANG Jin-yong^{2,3}, SHUAI Su-rong^{1,*}

(1. College of Animal Science and Technology, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China;

2. Chongqing Academy of Animal Science, Rongchang 402460, China;

3. Key Laboratory of the Ministry of Agriculture Science of Pig, Rongchang 402460, China)

Abstract: Based on the longissimus dorsi muscle of commercial pigs as the research object, the samples were tendered for 24h (1d), 72h (3d), 144h (6d) respectively in the low temperature (4℃). And pork texture was assessed by two instruments determination (shear method and texture profile analysis (TPA)) and also by sensory evaluation. As the results, sensory hardness, springiness, juiciness of the meat decreased significantly ($p < 0.05$) as the tenderization time duration. Also, the toughness, shear force and mean shear force that were measured by shear method declined significantly ($p < 0.05$) on the 1~3d. However, the springiness and adhesiveness of TPA significantly ($p < 0.05$) increased on the 1~3d, and the hardness and chewiness fell down significantly ($p < 0.05$) on the 3~6d, and resilience increased significantly ($p < 0.05$) on the 6d, but cohesiveness had no changes with the duration of the tenderization time. This study analyzed the change laws of the texture characteristics and the sensory properties of the pork in different time to tenderization, combining with instrumental and sensory evaluation. This study provides a scientific basis to optimize the tenderization mature process of the pork.

Key words: low temperature tenderization; pork; texture characteristics; sensory attributes

中图分类号: TS251.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)19-0089-04

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2014.19.010

肉类是人们日常生活中必不可少的食物,是动

物蛋白最主要的来源之一。随着生活水平的提高,人们对肉的食用品质要求也不断提高。从联合国粮农组织(FAO)统计数据可知,2012年猪肉的产量为112.7百万t,占整个肉类产量的37.06%,因此,猪肉的品质直接影响整个肉类产业的发展。而食用品质是决定肉类商品价值最重要的因素,评价肉类食用品质的指标包括质构、外观和风味三个方面,其中质构性状是弹性、硬度、多汁性等肉质性状的总称,是肉类最重要的性状,影响着消费者肉类质量优劣的评价^[1]。

收稿日期:2014-01-23

作者简介:张廷焕(1988-),男,硕士研究生,研究方向:猪数量与分子育种。

* 通讯作者:帅素容(1963-),女,博士,教授,主要从事猪遗传育种与繁殖。

基金项目:“十二五”农村领域国家科技计划课题(2013AA102502);重庆市应用开发计划项目(cstc2013yykfC80003)。

低温嫩化处理可提高肉的食用品质,是常见的肉成熟工艺,该方法将屠宰后的畜禽胴体迅速置于0~4℃,使其进行低温嫩化(俗称“排酸”)[2]。此方法改变肉类质构的原因是肉嫩化过程中,内源蛋白酶会降解维持肌原纤维形态的蛋白,提高肉的嫩度[3]。同时,冷却环境下肉表面会形成干油膜,防止肉脱水,阻止微生物的侵入,从而确保了肉的弹性、多汁性和安全性[4]。在发达国家市场占有率极高的冷却肉就是以低温嫩化处理为基础发展起来的新型冷藏鲜肉,以其质地好、营养损失少、安全卫生、风味独特的优点倍受广大消费者的青睐[5]。

目前,除了原料肌纤维粗细、肌内脂肪含量等因素以外,嫩化处理的时间和方法是导致肉类产品均一性不佳的主要原因,所以在冷鲜猪肉生产工艺中,常采用的嫩化处理时间为24h[6],但由于其货架期最长为1周左右[7],肉制品在低温保存的条件下内源蛋白酶依然在持续对肉类进行嫩化,因此也可能会导致质构和感官性状的持续变化,另外,消费者感知的猪肉嫩度也表现出较大的变异[8]。所以,本实验通过在低温(4℃)嫩化处理的24h(1d)、72h(3d)、144h(6d)三个时间点量化分析猪肉的质构和感官性状,并利用统计学方法分析嫩化处理过程中猪肉各性状的变化趋势,为优化冷鲜肉加工工艺、改良品质等提供科学有效的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料 选择18头5~6月龄,体重约100kg杜洛克×(长白×大约克)杂交商品猪屠宰,现场采集第十至最后肋骨处的背最长肌,除去周边的脂肪和结缔组织,放入干净的包装袋,标明编号进行下一步处理。

1.1.2 仪器 水浴锅 DK-8D,三孔恒温水浴;热电耦测温仪 TES-1314A,泰仕电子,台湾;TA.XT.plus型物性测试仪(stable micro systems, Godalming, Surrey, UK)、取样器、冰箱(星星陈列柜,XINGX)等。

1.2 实验方法

1.2.1 样品处理 样品热处理参照美国肉类科学协会推荐的方法[9],每块样品等分为约400g重量的3份,在4℃冰箱分别存放1、3和6d。随后利用塑料袋包裹样品置于80℃水浴锅中加热约30min,待肉样中心温度达到70℃时,停止加热并冷却到中心温度为0~4℃。

1.2.2 感官测定 将处理后的肉样切成 $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^3$ 的肉块,参考国际标准(ISO 11036:1994)的方法[10],由25名受过专业训练的食品专业学生对其进行品尝。利用参考食物法对品尝人员主观评定尺度进行标准化,先品尝若干种质构参数不同的标准食物,利用10分制将其定义为不同分数[11],建立统一的主观尺度。随后品尝样品并在1~10分评分表上对每个样品的感官硬度、感官弹性和多汁性进行评分[3]。其中,硬度-白齿咬住样品使其达到变形所施加的力;弹性-对样品部分施力后其恢复到原来状态的程度;多汁性-样品被咀嚼时在口腔中产生的汁液数量的

多少。

1.2.3 W-B 剪切力(warner-bratzler shearing force)测定 用圆形取样器沿肌纤维平行方向钻切肉样,剪切力测定参照 Chiavaro 等的方法[12],使用 TA.XT.plus 型物性测试仪(stable micro systems, Godalming, Surrey, UK)加载 warner-bratzler 剪切刀具对肉样进行测定。测得刀具切割这一用力过程的力量变化,得到一条力量随距离或时间变化的曲线,根据此曲线分析得到最大剪切力、硬度和平均剪切力[13]。

1.2.4 质构剖面分析(texture profile analysis, TPA) 将肉样切割成约高25mm,底面积40mm×40mm的方块状,检测表面与肌纤维走向平行。参照质构剖面分析的方法[14],用 TA-XY2i 型物性测试仪,加载 Ps-5 探头进行测定。探头为底面直径5mm的圆柱形,压缩速度为1mm/s,返回速度也为1mm/s,第一次压缩距离为10mm,第二次压缩距离同样为10mm,两次间停顿时间为2s。通过分析力量-时间曲线,再根据参数定义及计算方法得到肉样的硬度、粘性、粘着性、弹性、咀嚼性和回复性[3,13,15]。其中,硬度-第一次压缩时的最大峰值;粘性-第一次压缩曲线达到零点到第二次压缩曲线开始之间的曲线的负面积;粘着性-测试样品经过第一次压缩变形后所表现出来的对第二次压缩的相对抵抗能力;弹性-样品经过第一次压缩以后能够再恢复的程度;咀嚼性-用于描述固态测试样品,数值上用胶粘性和弹性的乘积表示;回复性-样品在第一次压缩过程中回弹的能力。

1.2.5 统计分析 用 SPSS12.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA) 软件对所收集的实验数据进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 感官结果分析

硬度、弹性和多汁性是影响猪肉口感的重要指标,对消费者决定是否购买有着重要的影响。感官评定结果显示,随着嫩化处理时间的增加,感官硬度、弹性和多汁性在三个测试时间点均呈现显著的降低($p < 0.05$)(表1)。但各个指标变化程度却大不相同,嫩化1d和3d相比,各指标的下降比例分别为:硬度(8%)、弹性(4%)、多汁性(17%);嫩化3d和6d相比,下降比例为:硬度(9%)、弹性(7%)、多汁性(4%)。可见,多汁性在1~3d下降非常明显,说明猪肉在嫩化前期水分损失较多,后期则相对较少;硬度、弹性在两个时间段的下降比例变化不大,说明在嫩化过程中硬度、弹性变化较均匀,且呈持续下降的趋势。进一步说明在猪肉嫩化过程中,一直存在着内源蛋白酶的持续作用,使得猪肉感官硬度和弹性呈现持续、较均匀的变化。

2.2 W-B 剪切力结果分析

肉的食用品质中的嫩度指标往往决定肉品的商业价值,目前大多数国家都沿用 Warner-Bratzler 剪切力测定法评定肉嫩度。最大剪切力、平均剪切力、W-B 硬度都是样品嫩度重要的指标,模拟的是人类门齿切断食物所用的力量。这三个指标在1~3d都

呈现显著下降($p < 0.05$),而在 3~6d 都没有明显变化($p > 0.05$)(表 2)。其中,最大剪切力和平均剪切力都是在嫩化 1~3d 急剧下降,分别下降了 33.79% 和 39.91%,在 3~6d 下降缓慢,分别只有 10.81% 和 6.09%,而 W-B 硬度在 1~3d 的下降量也是 3~6d 的 2 倍左右。所以从 W-B 结果可以得出,嫩化前期(1~3d)猪肉剪切力呈现大幅度下降趋势,说明内源蛋白酶对肌肉蛋白质的降解作用在 1~3d 已达到非常高的水平。

表 1 猪肉感官性状在低温嫩化过程中的变化

Table 1 Changes of pork sensory characteristics in the process of tenderization at low temperature

指标	嫩化时间(d)		
	1	3	6
感官硬度(分)	5.51 ± 0.44 ^a	5.07 ± 0.37 ^b	4.56 ± 0.42 ^c
感官弹性(分)	5.60 ± 0.18 ^a	5.29 ± 0.15 ^b	4.95 ± 0.41 ^c
多汁性(分)	3.67 ± 0.25 ^a	3.04 ± 0.18 ^b	2.89 ± 0.19 ^c

注:同行间比较用不同小写字母标记,表示差异显著($p < 0.05$),表 2、表 3 同。

2.3 TPA 结果分析

TPA 质构分析方法主要是通过模拟人口腔的咀嚼运动,对固体半固体样品进两次压缩得到质构测试曲线,从中分析质构特性参数^[17]。如表 3,粘着性在各个测定点之间都没有明显的变化,说明测试样品第一次压缩变形对第二次压缩的相对抵抗能力在三个时间点没有差异($p > 0.05$)。TPA 弹性反映的是样品两次压缩反弹高度的比值,在 1~3d 猪肉表面弹性有显著的升高($p < 0.05$),3~6d 变化不显著($p > 0.05$),而感官所测定的表面弹性在三个时间点均呈现显著降低,说明仪器和感官测定存在着差异。回

复性在嫩化 6d 与 1d 之间有显著的变化($p < 0.05$),说明在嫩化 6d,样品被压缩后的回复能力才有明显的改变。TPA 硬度是第一次压缩时的最大力峰值,在 1~3d 没有明显变化($p > 0.05$),在 3~6d 有显著的下降($p < 0.05$),说明在压缩过程中,表面硬度到嫩化后期才有显著变化。粘性在 1~3d 有非常显著升高($p < 0.05$),上升了 75.72%,而 3~6d 变化不明显($p > 0.05$),只上升了 6.02%。咀嚼性是硬度、弹性、粘着性三者相乘,在 1~3d 无显著变化,而 3~6d 有显著的下降($p < 0.05$)。

3 讨论

目前,不同嫩化时间对肉质影响的研究主要集中在牛肉^[18-19]上,对猪肉的影响只在国外有少量研究,并且几个报道中选择的嫩化时间点跨度太大(2、7、14d)^[20-21],超出了猪肉的冷藏货架期(7d 左右)。出于提高加工效率和降低微生物污染风险的方面考虑,低温猪肉制品的加工企业往往倾向选择较短的嫩化时间,因此本实验选取 1、3、6d 三个时间点对猪肉的低温嫩化进行研究,以期展示出猪肉在加工过程中及货架期内持续嫩化导致的质构和感官性状变化趋势。

本实验发现感官测定的指标随嫩化时间增加都呈现持续的下降,感官硬度和弹性表现出较均匀降低,符合 Juárez 的研究结果^[21],下降率约为每天 3.4% 和 2.2%,说明随着嫩化处理时间和货架待售保存的时间的延长,消费者对硬度和弹性的感官评价都会产生明显的变化,因此标准化嫩化处理时间和加快肉类货架流通速度是保证产品批次之间感官性状一致性的必要措施。而感官多汁性结果与已报道的变化趋势相反^[21],其差异可能是由于测试人员和参考标准不同造成。W-B 剪切测试所得到的 3 个指标在 1~3d 有显著的下降,3~6d 变化不明显,且 Taylor 等研究的结果表明嫩化 4~12d 剪切力无明显变化^[22],说明在猪肉低温处理的前期肌肉蛋白质降

表 2 猪肉 W-B 剪切力参数结果统计

Table 2 Descriptive statistics of pork W-B shear force parameters

指标	嫩化时间(d)		
	1	3	6
最大剪切力(kg)	8.37 ± 2.25 ^a	5.33 ± 1.03 ^b	4.55 ± 1.66 ^b
硬度(kg·s)	31344.19 ± 7771.52 ^a	25132.76 ± 5508.07 ^b	21334.15 ± 5112.69 ^b
平均剪切力(kg)	5137.45 ± 1755.00 ^a	2990.81 ± 799.68 ^b	2811.68 ± 1258.49 ^b

表 3 猪肉 TPA 参数在低温嫩化过程中的变化

Table 3 TPA parameters of pork as influenced in the process of tenderization at low temperature

指标	嫩化时间(d)		
	1	3	6
粘着性	0.49 ± 0.04 ^a	0.47 ± 0.04 ^a	0.45 ± 0.07 ^a
弹性	0.75 ± 0.07 ^a	0.81 ± 0.05 ^b	0.77 ± 0.11 ^{ab}
回复性	0.10 ± 0.02 ^a	0.13 ± 0.08 ^{ab}	0.16 ± 0.07 ^b
咀嚼性(kg)	0.95 ± 0.24 ^a	1.04 ± 0.20 ^b	0.81 ± 0.27 ^{ab}
TPA 硬度(kg)	2.70 ± 0.59 ^{ab}	2.81 ± 0.51 ^a	2.33 ± 0.37 ^b
粘性(kg·s)	0.27 ± 0.13 ^a	0.48 ± 0.12 ^b	0.50 ± 0.20 ^b

解的程度已经较高,再继续嫩化处理对剪切作用的硬度影响不大。在 TPA 方面,粘着性是随着脂肪含量的升高而增加^[23],且在嫩化过程中无明显变化,与牛肉相关的报道结果相符^[19],说明脂肪含量和性质没有改变;粘性与 Juárez 等报道的感官粘性变化趋势基本相同^[21];硬度和咀嚼性在嫩化 3~6d 才有显著改变,说明此阶段猪肉发生形变所需要的力和被牙齿嚼碎所需要的力有明显降低,这与牛肉嫩化 5~12d 的结果一致^[24];弹性和回复性 1~6d 的变化趋势,在牛肉嫩化过程中也有相应的报道^[21,24],说明猪肉在形变过程中的回弹能力到嫩化第 3d 有显著升高,而形变后的恢复能力要到第 6d 才有明显的提升。

硬度是猪肉品质参数中对口感影响最大的指标,直接影响肉的嫩度。破坏性实验所得出的 W-B 硬度主要反映的是肌细胞和肌肉内部纤维束的完整性,在嫩化 1~3d 有显著下降,而非破坏性测试得出的 TPA 硬度反映的是肌肉组织表面的应力,在嫩化 3~6d 才有显著下降,说明肌肉内的嫩化作用是由内源蛋白酶从细胞开始发生,并逐渐作用于表面。从本实验的结果还可以看出,感官硬度和 W-B 硬度,感官弹性和 TPA 弹性在嫩化过程中变化显著性和趋势不尽一致,可能是由于我们在咀嚼肉样时,牙齿、口腔肌肉、唾液等一系列复杂的因素都会影响感官硬度,所以仪器测定结果还不足以全面反映人类的感官水平。

4 结论

综上所述,仪器和感官测定结果之间存在的差异反映了消费者口腔感官的复杂性,但通过仪器测定的客观结果可以得出,在低温嫩化处理 1~3d,猪肉的剪切力下降快,嫩化效果明显,保持了咀嚼性,提升了表面弹性、粘性,大大改善了肉样的口感,而且嫩化 1~3d 没有改变肉样表面硬度,可以有效地防护微生物的入侵,保证了食品安全。

参考文献

[1] 陈磊,王金勇,李学伟.仪器测定的猪肉质构性状与感官性状的回归分析[J].农业工程学报,2010,26(6):357-362.
[2] 曹芝,敖日格乐,王纯洁,等.不同品种及排酸对育肥牛肉嫩度影响的研究[J].黑龙江畜牧兽医,2012(13):8-10.
[3] 陈磊.猪肉嫩度性状评价体系研究及嫩度相关新基因的克隆、时空表达谱分析[D].雅安:四川农业大学,2008.
[4] 宾冬梅.冷却保鲜肉生产技术与发展趋势[J].肉类研究,2004(1):19-22.
[5] 栾远达.生猪屠宰冷链加工配送系统[J].肉类工业,2006(9):5-7.
[6] Ramsey C B, Lind K D, Tribble L F, et al. Diet, sex and vacuum packaging effects on pork aging[J]. Journal of Animal Science, 1973, 37(1):40-48.
[7] 陈丽云,田科雄.不同冷藏时间和温度对冷却肉的影响[J].国外畜牧学-猪与禽,2012,32(8):66-68.

[8] Bowker B C, Liu M N, Eastridge J S, et al. Effect of postmortem aging and hydrodynamic pressure processing on pork loin quality[J]. Journal of Muscle Foods, 2010, 21(2):379-398.
[9] AMSA. Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat [Z]. Chicago: American Meat Science Association, 1995.
[10] ISO11036, Sensory analysis - Methodology - Texture profile [S].
[11] Ruiz de Huidobm F, Cafieque V, Lauzurica S, et al. Sensory characterization of meat texture in sucking lambs. Methodology [J]. Prod Sanid Anira, 2001, 16(2):245-255.
[12] Chiavaro E, Rinaldi M, Vittadini E, et al. Cooking of pork Longissimus dorsi at different temperature and relative humidity values: Effects on selected physicochemical properties [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 93(2):158-165.
[13] 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.
[14] Soto E, de la Hoz L, Ordóñez J A, et al. The feeding and rearing systems of Iberian pigs affect the lipid composition and texture profile of dry-cured loin [J]. Journal of Animal and Feed Sciences, 2009, 18(1):78-89.
[15] Caine W R, Aalhus J L, Best D R, et al. Relationship of texture profile analysis and Warner - Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks [J]. Meat Science, 2003, 64(4):333-339.
[16] Brandt MA, Skinner EZ, Coleman JA. Texture Profile Method [J]. J Food Sci, 1963, 28:404-409.
[17] 孙彩玲.TPA 质构分析模式在食品研究中的应用[J].实验科学与技术,2007,5(2):1-4.
[18] Baldi G, Ratti S, Compiani R, et al. Sensory characteristics of veal biceps femoris at different ageing time [C]. International Congress of Meat Science and Technology, 2013.
[19] Franco D, Bispo E, González L, et al. Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein - Friesian cull cows [J]. Meat science, 2009, 83(3):484-491.
[20] Van Laack R L, Stevens S G, Stalder K J. The influence of ultimate pH and intramuscular fat content on pork tenderness and tenderization [J]. Journal of Animal Science, 2001, 79(2):392-397.
[21] Juárez M, Caine W R, Larsen I L, et al. Enhancing pork loin quality attributes through genotype, chilling method and ageing time [J]. Meat science, 2009, 83(3):447-453.
[22] Taylor A A, Nute G R, Warkup C C. The effect of chilling, electrical stimulation and conditioning on pork eating quality [J]. Meat Science, 1995, 39(3):339-347.
[23] Fox Jr J, Ackerman S, Jenkins R. Effect of anionic gums on the texture of pickled frankfurters [J]. Journal of Food Science, 1983, 48(4):1031-1035.
[24] Palka K. The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle [J]. Meat Science, 2003, 64(2):191-198.