

宰后盆骨吊挂方式及成熟时间对黄牛牛肉品质的影响

侯 旭, 张一敏, 毛衍伟, 梁荣蓉, 罗 欣^{*}, 朱立贤

(山东农业大学食品科学与工程学院, 泰安 271018)

摘 要:为研究宰后盆骨吊挂技术对中国黄牛牛肉品质的影响, 该试验选取 12 头品种、年龄和活体质量相近的鲁西黄牛杂交西门塔尔牛, 屠宰后左半胴体采用跟腱吊挂, 右半胴体采用盆骨吊挂。分别成熟 1、4、7、14 和 21 d 后测定 pH 值、汁液损失率、蒸煮损失率、肉色、剪切力、肌节长度等指标。研究发现, 和传统跟腱吊挂相比, 盆骨吊挂能够显著降低肉牛背最长肌宰后 7 d 之内的剪切力值, 并使背最长肌宰后 14 d 的剪切力值 50.71 N 低于跟腱吊挂宰后 21 d 的剪切力值 58.48 N, 此外, 盆骨吊挂可以显著增加肌节长度, 增值为 0.44 μm , 使牛肉的汁液损失由 5.44% 降低到 4.29%。因此, 盆骨吊挂技术具有工业化推广的价值, 可以达到快速提高牛肉嫩度, 减少牛肉成熟时间的目的。

关键词:肉; 品质分析; 加工; 盆骨吊挂; 跟腱吊挂; 剪切力; 嫩度; 成熟时间

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2014.08.029

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2014)-08-0251-06

侯 旭, 张一敏, 毛衍伟, 等. 宰后盆骨吊挂方式及成熟时间对黄牛牛肉品质的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(8): 251-256.

Hou Xu, Zhang Yimin, Mao Yanwei, et al. Effect of pelvic suspension and aging time on meat quality of Chinese yellow cattle[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014, 30(8): 251-256. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

食用品质是决定肉类商品价值的重要因素^[1]。在肉的诸多品质因素中, 嫩度是消费者最为关注的食用品质之一。研究表明消费者愿意以较高的价格购买嫩度好的牛肉^[2-3]。而牛肉嫩度低、产品间嫩度一致性差是当今肉类工业面临的两大主要问题^[4]。因此采取适当的措施提高牛肉嫩度十分必要。

影响嫩度的因素主要包括宰前因素(品种和基因型、动物性别和年龄、饲养与宰前管理)与宰后因素(屠宰胴体加工中的肌肉 pH 值和温度下降速率、电刺激处理、胴体吊挂方式、肉的成熟和烹调方法)^[5]。尽管延长成熟时间可以解决中国黄牛牛肉嫩度差的问题, 但是长时间的成熟会增加企业生产成本, 并造成能量和资源的浪费, 因此如何快速提高牛肉嫩度, 减少牛肉成熟时间是中国肉类工业急需解决的问题。

胴体吊挂成熟技术是影响牛肉嫩度的重要因素之一, 该技术通过拉伸肌肉的肌节长度, 减少肌节的过度收缩来改善肉的嫩度^[6]。牛胴体的传统吊挂方式为后腿的跟腱吊挂。这种吊挂方式使牛的半膜肌、半腱肌、股二头肌和背最长肌等后部肌肉在尸僵过程中处于相对游离和易于收缩变韧的状态, 降低了骨骼对后腿和沿脊柱肌肉的限制作用。该吊挂方式对脊柱的拉伸较弱, 脊柱呈弯曲状态, 减弱了对背最长肌部位肉在僵直过程中收缩的抑制。盆骨吊挂是通过盆骨韧带或闭孔将胴体吊挂成熟的技术。研究表明, 盆骨吊挂能够抑制背最长肌在尸僵过程中收缩, 使后腿和沿脊柱肌肉呈伸直并有轻微拉伸的状态。可以防止背最长肌肌肉发生冷收缩, 增加肌节长度, 减小肌纤维直径, 产品嫩度好, 提高了肉嫩度的一致性^[7-8]。

然而, 目前关于成熟期间盆骨吊挂技术对中国肉牛背最长肌品质的影响的研究较少, 因此, 本试验探究了宰后不同吊挂方式对中国肉牛背最长肌品质的影响, 为优化中国牛肉屠宰加工技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

在山东某肉牛屠宰企业选取 12 头健康状况良好, 活体质量、年龄相近的中国鲁西黄牛杂交公牛

收稿日期: 2013-09-24 修订日期: 2014-03-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(31271901); 国家肉牛牦牛产业技术体系(CARS-038); 山东省现代农业产业技术体系(SDAIT-12-011-09)

作者简介: 侯 旭, 男, 山东菏泽人, 研究方向为畜产品加工。泰安 山东农业大学食品科学与工程学院, 271018。Email: houxu2010hx@gmail.com

※通信作者: 罗 欣(1961—), 男, 山东济南人, 教授, 博士, 博士生导师, 研究方向为畜产品加工。泰安 山东农业大学食品科学与工程学院, 271018。Email: luoxin@sda.u.edu.cn

(鲁西黄牛×西门塔尔牛)。在屠宰线的末端更换牛胴体吊挂方式并测定成熟 45 min 时的 pH 值,左半胴体跟腱吊挂,右半胴体盆骨吊挂,之后将胴体置于 $(2\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 环境中成熟 24 h 后测定 pH 值。选取 pH 值 $(5.3\sim 5.8)$ 正常的胴体(共 10 头,20 条半胴体,每组吊挂方式取 10 条半胴体),取背最长肌并修除皮下脂肪和结缔组织。将经过不同吊挂方式处理的背腰最长肌分别平均分割成 5 部分,真空包装后放入 $(2\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 恒温箱分别继续成熟 0、3、6、13 和 20 d(即宰后 1、4、7、14 和 21d),成熟后放入 -20°C 冻藏待测定各项指标。

1.2 仪器与设备

MP-120 pH 计(梅特勒-托利多仪器有限公司产);TA-XT2i 质构仪(英国 Stable Micro System 公司);DK-S28 电热恒温水浴锅(上海精宏实验设备有限公司);SP62 便携式色度仪(美国爱色丽公司);Olympus BX41 光学显微镜(日本 Olympus 公司);恒温培养箱(宁波江南仪器厂);均质机(德国 IKA 公司)

1.3 品质指标测定

1.3.1 pH 值测定

使用 pH 计测定不同成熟时间(45 min、1、4 和 7 d)牛肉背最长肌 pH 值,探头插入深度约为 2 cm,连续测定 3 次,取平均值。

1.3.2 剪切力测定

参照 Luo 等^[9]的方法,采用 Warner-Bratzler 法分别测定样品剪切力值。宰后 1、4、7、14 和 21 d 时分别从不同吊挂处理的牛肉背最长肌取 3 cm 厚的牛排状肉块,置于 80°C 水浴加热到中心温度 70°C ,室温冷却后在放入 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 过夜。用直径为 1.27 cm 的空心取样器沿肌纤维方向取肉柱(注意避开筋膜),每块样品取 6 个肉柱以上,用质构分析仪的 HDP/BSW 探头测定肉柱剪切力值,并通过 Texture Expert V1.0 软件加以控制。每个肉块的剪切力值为各肉柱剪切力值的平均值。

探头采用 HDP/BSW BLADE SET WITH GUILLotine,测定模式与类型,测定压缩时的力,测定完成时恢复初位。参数:测前速:2.0 mm/s;测中速:1.0 mm/s;测后速:5.0 mm/s;下压距离:23.0 mm;负载类型:Auto-40 g;数据获得率:200 PPS。

1.3.3 肌节长度测定

参考 Cross 等^[10]与 Li 等^[11]提出的方法并稍加改进。从经不同吊挂方式和成熟时间处理的牛肉上剪取 4 g 经修整后牛肉样品,放入 50 mL 烧杯中,加入 35 mL 预冷 (4°C) 0.25 mol/L 的蔗糖溶液,低

速匀浆 60 s,然后取一滴悬浮液制备载玻片,利用 Olympus BX41 光学显微镜放大 1 000 倍观察并进行拍照。使用 Image-Pro Plus version 6.0(美国 Media cybernetics 公司)软件测量以 10 个肌节为单位的长度。每个处理取 5 个平行样(载玻片),总共测量 125 次。随后,对肌节长度进行统计分析。

1.3.4 汁液损失率测定

宰后 24 h 称肉块质量(W_1)后真空包装,分别成熟 1、7、14 和 21 d 并冷冻完全,将冷冻后得样品置于 $(2\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 环境中解冻过夜,打开包装取出肉块,用滤纸吸干肉块表面的汁液,称肉块质量(W_2)。汁液损失率(%)按公式(1)计算

$$\text{汁液损失率}=(W_1-W_2)/W_1\times 100\% \quad (1)$$

1.3.5 蒸煮损失率测定

取出测定解冻汁液损失与肉色肉样后,称肉块质量(W_3)后,肉块封口包装后,在 80°C 水浴中加热至肉块中心温度达到 70°C ,然后放于 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 过夜,用滤纸吸干肉块表面汁液,称肉块质量,记作 W_4 ;按公式(2)计算蒸煮损失率(%)。

$$\text{蒸煮损失率}=(W_3-W_4)/W_3\times 100\% \quad (2)$$

1.3.6 肉色测定

宰后 24 h,样品去除结缔组织和脂肪并真空包装后在 $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 贮藏 1、7、14 和 21d,用便携式色度仪测定国际照明委员会(CIE) L^* 、 a^* 、 b^* 值。光源 D65,测量直径 8 mm。打开真空包装袋后,测定前将肉样切开,在空气中暴露醒色 30 min。每个样品测定 6 个位点,取平均值。

1.4 数据分析

应用 SPSS 18.0 数据统计分析软件,采用 LSD 等方法进行方差分析,数据用平均值 \pm 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 吊挂方式和成熟时间对牛背最长肌 pH 值的影响

如表 1 所示,宰后 24 h 内,2 种吊挂方式处理的牛肉背最长肌 pH 值均急速降低,分别从宰后 45 min 的 6.40 降低到宰后 24 h 的 5.52 和 5.54 ($P<0.001$),宰后 24 h 达到极限 pH 值后 pH 值不再变化。此外,成熟期间 2 种吊挂方式对牛肉背最长肌 pH 值没有显著影响。

与本试验研究结果一致,其他研究人员研究表明:宰后 15 min pH 值为 6.76,在宰后尸僵过程中 pH 值急速下降,24h 后达到极限 pH 值 5.60 左右,然后 pH 值保持恒定^[12-13]。Ahnstrom 等^[8]研究发现,经过盆骨吊挂方式处理的牛肉背最长肌 pH 值与跟腱吊挂处理的 pH 值没有显著差异。

表 1 不同吊挂方式和成熟时间下牛肉背最长肌的 pH 值
Table 1 pH values of *M. Longissimus lumborum* of beef with different suspension methods and ageing time

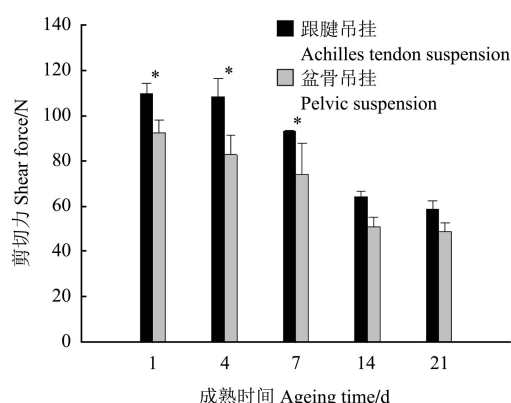
宰后时间 Ageing time	吊挂方式 Suspension group		显著性 Significance
	跟腱吊挂 Achilles tendon suspension (n=10)	盆骨吊挂 Pelvic suspension (n=10)	
45 min	6.40±0.068 ^a	6.39±0.106 ^a	N.S.
1d	5.52±0.045 ^b	5.54±0.042 ^b	N.S.
4 d	5.55±0.025 ^b	5.54±0.026 ^b	N.S.
7 d	5.56±0.058 ^b	5.56±0.030 ^b	N.S.

注：上标字母不同表示不同处理组中不同时间点差异显著 ($P < 0.05$)；N.S. 为无显著差异 ($P > 0.05$)，下同。

Note: Different letters indicate significant differences among different suspension method and ageing time ($P < 0.05$); N.S.: Not significant ($P > 0.05$). The same as below.

2.2 吊挂方式和成熟时间对牛背最长肌剪切力值的影响

由图 1 可以看出，在各个成熟时间点，经盆骨吊挂的半胴体的牛肉剪切力值低于跟腱吊挂的半胴体的牛肉剪切力值，其中成熟时间为 1、4 和 7 d 时，2 种吊挂方式剪切力存在显著差异 ($P < 0.05$)，成熟时间为 14 和 21 d 时，2 种吊挂方式剪切力差异性消失 ($P > 0.05$)，但盆骨吊挂的半胴体牛肉的剪切力均值仍比跟腱吊挂的半胴体牛肉剪切力值低 0.997 kg。这说明盆骨吊挂能够显著提高宰后 7 d 内的牛肉嫩度，是一种牛肉快速成熟技术；随着成熟时间延长，盆骨吊挂对牛肉嫩度的影响程度降低，但仍然能够提高牛肉嫩度。盆骨吊挂成熟 14 d 的剪切力值和跟腱吊挂 21 d 剪切力值没有显著差异 ($P > 0.05$)，并且均值低于 21 d 剪切力值，这说明盆骨吊挂可以加快牛肉嫩化速度，减少牛肉成熟时间。



注：*表示两种吊挂方式在 $P < 0.05$ 水平差异显著，下同。

Note: * indicates significance between two suspension methods at $P < 0.05$. The same as below.

图 1 不同吊挂方式和成熟时间下的牛肉背最长肌剪切力值 ($n=10$)

Fig.1 Shear force of *M. Longissimus lumborum* of beef with different suspension methods and ageing time ($n=10$)

Ahnstrom^[8]研究发现，成熟 7 d 之后，盆骨吊挂能够显著提高牛肉背最长肌、半膜肌、股二头肌肌肉的嫩度。Enfalte 等^[14]证明 2 种吊挂方式产生的差异于宰后 7 d 之后开始减弱，成熟 21 d 之后这种差异性消失。这与本试验的研究结果一致。Hostetler 等^[15-16]指出盆骨吊挂是一种有效的快速提高牛肉嫩度的方法，并且适合进行工业化推广。

2.3 吊挂方式和成熟时间对牛肉最长肌肌节长度的影响

由图 2 可以看出，跟腱吊挂处理的牛背最长肌肌节长度显著低于盆骨吊挂牛背最长肌肌节长度 ($P < 0.001$)，其平均差值达 $0.44 \mu\text{m}$ ，且这种显著差异持续整个成熟过程。成熟时间对牛肉肌节没有显著影响 ($P > 0.05$)。牛肉剪切力值与肌节长度的相关性分析得出，在成熟的前 7 d，肌节长度和牛肉嫩度之间有显著相关性，随着成熟时间的延长，两者相关性减弱。

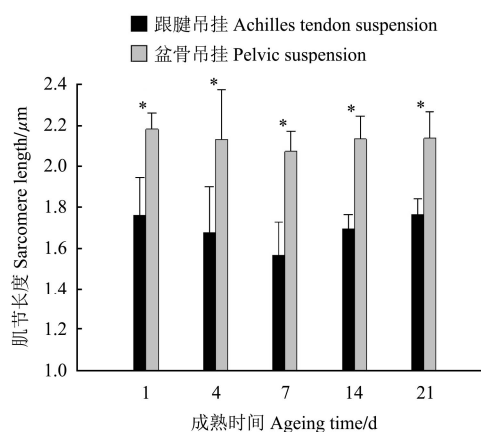


图 2 不同吊挂方式和成熟时间下的牛肉背最长肌肌节长度 ($n=10$)

Fig.2 Sarcomere length of *M. Longissimus lumborum* of beef with different suspension methods and ageing time ($n=10$)

牛胴体经盆骨吊挂后，脊柱呈竖直状态并有轻微拉伸，进入尸僵时附着在牛脊柱周围的肌肉呈拉伸状态，相比于传统的跟腱吊挂，经盆骨吊挂处理的背最长肌肌肉肌原纤维和肌节长度增长，这种拉伸状态一直持续整个尸僵过程。前期研究表明，盆骨吊挂能够显著增加牛肉的肌节长度。盆骨吊挂能够增加牛肉肌节长度，增加范围在 $0.4 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 之间^[17-19]。同时也有研究结果表明，盆骨吊挂除了能够显著影响肌节长度，还可以显著降低肌原纤维之间交联程度和肌肉结缔组织强度。

此外，研究结果表明，盆骨吊挂显著增加牛肉背最长肌肌节长度，并且在成熟期间牛肉肌节长度没有显著变化，但嫩度却在提高。因此，研究认为成熟过程提高牛肉嫩度的原因不是对肌节长度的影响引起的。Jeremiah 和 Martin^[20]在研究成熟提高

牛肉嫩度的机理时, 试验结果表明成熟能够提高牛肉嫩度, 但其原因不是由于成熟增加肌节长度, 这与本试验结果一致。

2.4 吊挂方式和成熟时间对牛背最长肌保水性的影响

如表 2 所示, 吊挂方式和成熟时间对牛背最长肌肌肉汁液损失有显著影响, 经过盆骨吊挂处理的牛肉背最长肌汁液损失显著低于跟腱吊挂汁液损失 ($P<0.05$); 随着成熟时间的延长, 牛肉背最长肌汁液损失显著增加 ($P<0.05$)。此外, 吊挂方式和成熟时间对牛肉背最长肌蒸煮损失没有显著影响 ($P>0.05$)。

尸僵过程中肌原纤维的收缩会影响肌肉汁液损失。经过盆骨吊挂处理之后, 脊柱以及附着在脊柱周围的肌肉呈现伸直并有轻微拉伸的状态, 和跟腱吊挂相比, 经盆骨吊挂处理的牛肉肌原纤维收缩程度明显降低, 因此, 有更多的水分保留在肌肉内部, 并且呈现出较低的汁液损失^[12-17]。吊挂方式对牛肉背最长肌蒸煮损失没有显著影响。Honikel^[21]研究表明肌肉的蒸煮损失与其极限 pH 值有关。在本次试验中, 宰后 24 h 之后, 所有处理组的 pH 值都没有显著差异, 因此, 不同吊挂方式和成熟时间对牛肉背最长肌蒸煮损失没有显著影响。与本研究一致, Ahnstrom 等^[8]研究发现经过不同吊挂方式处理对牛肉背最长肌、半膜肌、半腱肌、腰大肌、股二头肌的蒸煮损失没有显著影响。

表 2 不同吊挂方式和成熟时间牛肉背最长肌汁液损失和蒸煮损失

Table 2 Purge loss and cooking loss of *M. Longissimus lumborum* of beef with different suspension methods and ageing time

		汁液损失 Drip loss/%	蒸煮损失 Cooking loss/%
吊挂方式 Suspension group	跟腱吊挂 Achilles tendon suspension (n=40)	5.44±2.48 ^x	27.53±1.19 ^x
	盆骨吊挂 Pelvic suspension (n=40)	4.29±1.80 ^y	27.74±2.21 ^x
成熟时间 Ageing time	1 d (n=20)	2.40±0.47 ^a	27.00±1.82 ^a
	7 d (n=20)	3.70±0.74 ^a	27.41±1.55 ^a
	14 d (n=20)	6.07±1.31 ^b	27.62±2.22 ^a
	21 d (n=20)	7.30±1.63 ^b	28.53±1.31 ^a
显著性 Significance	吊挂 Group	*	N.S.
	成熟 Ageing	***	N.S.
	吊挂×成熟 Group × Ageing	N.S.	N.S.

注: a, b: 表示不同成熟时间处理差异达显著水平 ($P<0.05$); x, y: 表示不同吊挂方式处理差异达显著水平 ($P<0.05$), 下同。*表示在 $P<0.05$ 水平差异显著, ***表示在 $P<0.001$ 水平差异显著。

Note: a, b: Different letters indicate significant differences in a same row within ageing time ($P<0.05$). x - y: Different letters indicate significant differences in a same row within suspension group ($P<0.05$). The same as below. * indicates significance at $P<0.05$, *** indicates significance at $P<0.001$.

2.5 吊挂方式和成熟时间对牛背最长肌肉色的影响

如表 3 所示, 吊挂方式对牛肉背最长肌肉色 (L^* 值, a^* 值, b^* 值) 的影响不显著 ($P>0.05$), Margrethe 等^[22-23]研究表明, 肌肉肉色与尸僵过程中 pH 值的下降速度有关。在本试验中, 成熟期间经过 2 种吊挂方式处理的背最长肌 pH 值下降速率相同 (跟腱吊挂 pH 值由宰后 45 min 的 6.40 降低到宰后 24 h 的 5.52, 盆骨吊挂 pH 值由宰后 45 min 的 6.40 降低到宰后 24 h 的 5.54), 因此吊挂方式对牛肉肉色影响不显著。此外, 随着成熟时间的延长, 肉色 L^* 值显著上升, L^* 值与肉的保水性有关。在尸僵过程中, 肌肉蛋白变性, 导致汁液流失增加, 自由水增多会使肉表面反射特性改变^[24]。本试验随着成熟时间的延长, 汁液损失显著升高, 从而造成肌肉 L^* 值显著增加。但是成熟时间对 a^* 和 b^* 都没有显著影响。

表 3 不同吊挂方式和成熟时间牛肉背最长肌肉色

Table 3 Meat color of *M. Longissimus lumborum* of beef with different suspension methods and ageing time

		L^* 值 L^* value	a^* 值 a^* value	b^* 值 b^* value
吊挂方式 Suspension group	跟腱吊挂 Achilles tendon suspension (n=40)	45.30±1.84 ^x	21.86±1.58 ^x	15.57±0.82 ^x
	盆骨吊挂 Pelvic suspension (n=40)	44.81±2.17 ^x	21.98±1.41 ^x	15.38±1.19 ^x
成熟时间 Ageing time	1 d (n=20)	43.85±1.18 ^a	21.48±1.42 ^a	15.08±0.93 ^a
	7 d (n=20)	43.62±1.57 ^a	21.72±1.34 ^a	14.99±0.93 ^a
	14 d (n=20)	46.38±1.90 ^b	22.63±1.41 ^a	16.17±0.85 ^a
	21 d (n=20)	46.37±1.50 ^b	21.86±1.80 ^a	15.68±0.50 ^a
显著性 Significance	吊挂 Group	N.S.	N.S.	N.S.
	成熟 Ageing	*	N.S.	N.S.
	吊挂×成熟 Group × Ageing	N.S.	N.S.	N.S.

3 结 论

通过研究成熟期间不同吊挂方式对牛肉各项品质指标的影响发现, 相比于跟腱吊挂处理, 盆骨吊挂能显著增长成熟期间牛肉的肌节长度, 增值为 $0.44 \mu\text{m}$, 提高宰后 7 d 之内的牛肉嫩度 (宰后 1、4 和 7 d 经过盆骨吊挂处理的牛肉剪切力值显著低于跟腱吊挂处理牛肉剪切力值, $P<0.05$), 且盆骨吊挂处理牛肉成熟 14 d 的剪切力值 50.71 N 低于跟腱吊挂 21 d 剪切力值 58.48 N , 所以经过盆骨吊挂处理的牛肉可以在较短的成熟时间内达到较低的剪切力值。这说明盆骨吊挂是一种牛肉快速成熟技术, 能加速牛肉嫩化速度, 减少牛肉成熟时间。但

是2种吊挂处理对牛肉的pH值、蒸煮损失和成熟期间的肉色并没有显著影响($P>0.05$)。此外,盆骨吊挂能够减少牛肉汁液损失,提高牛肉保水性。因此盆骨吊挂能够提高牛肉品质,值得在中国肉牛屠宰业内进行应用和推广。

[参 考 文 献]

- [1] 周光宏,李春保,徐幸莲. 肉类食用品质评价方法研究进展[J]. 中国科技论文在线, 2007, 2(2): 5—82.
Zhou Guanghong, Li Chunbao, Xu Xinglian. Advances in methods for evaluating meat palatability[J]. The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, 2007, 2(2): 75—82. (in Chinese with English abstract)
- [2] Miller M F, Carr M A, Ramsey C B, et al. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness[J]. Journal of Animal Science, 2001, 79(12): 3062—3068.
- [3] Shackelford S D, Wheeler T L, Meade M K, et al. Consumer impressions of Tender Select beef[J]. Journal of Animal Science, 2001, 79(10): 2605—2614.
- [4] Koohmaraie M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat[J]. Meat Science, 1996, 43(1): 193—201.
- [5] 周光宏,罗欣,徐幸莲,等. 肉品加工学[M]. 中国农业出版社, 2009.
- [6] Hostetler R L, Link B A, Landmann W A, et al. Effect of carcass suspension on sarcomere length and shear force of some major bovine muscles[J]. Journal of Food Science, 1972, 37(1): 132—135.
- [7] Møller A J, Vestergaard T. Effects of altered carcass suspension during rigor mortis on tenderness of pork loin[J]. Meat Science, 1986, 18(2): 77—87.
- [8] Ahnström M L, Hunt M C, Lundström K. Effects of pelvic suspension of beef carcasses on quality and physical traits of five muscles from four gender-age groups[J]. Meat Science, 2012, 90(3): 528—535.
- [9] Luo Xin, Zhu Yan, Zhou Guanghong. Electron microscopy of contractile bands in low voltage electrical stimulation beef[J]. Meat Science, 2008, 80(3): 948—951.
- [10] Cross H R, West R L, Dutson T R. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle[J]. Meat Science, 1981, 5(4): 261—266.
- [11] Li Ke, Zhang Yimin, Mao Yanwei, et al. Effect of very fast chilling and ageing time on ultra-structure and meat quality characteristics of Chinese Yellow cattle *M. Longissimus lumborum*[J]. Meat Science, 2012, 92(4): 795—804.
- [12] Marsh B B, Cassens R G, Kauffman R G, et al. Hot boning and pork tenderness[J]. Journal of Food Science, 1972, 37(1): 179—180.
- [13] Zamora F, Debiton E, Lepetit J, et al. Predicting variability of ageing and toughness in beef *M. Longissimus lumborum et thoracis*[J]. Meat Science, 1996, 43(3): 321—333.
- [14] Ahnström M L, Enfält A, Hansson I, et al. Pelvic suspension improves quality characteristics in *M. semimembranosus* from Swedish dual purpose young bulls[J]. Meat Science, 2006, 72(3): 555—559.
- [15] Hostetler R L, Landmann W A, Link B A, et al. Influence of carcass position during rigor mortis on tenderness of beef muscles: comparison of two treatments[J]. Journal of Animal Science, 1970, 31(1): 47—50.
- [16] Fapohunda A, Okubanjo A. An assessment of the effects of an alternative method of carcass suspension and conditioning on the tenderness of beef[J]. Meat Science, 1987, 19(4): 293—301.
- [17] Barnier V M H, Smulders F J M. The effect of pelvic suspension on shear force values in various beef muscles[C]// Process 40th International Congress Meat Science Technology, The Hague, S-IVB 05, The Netherlands, 1994.
- [18] Bouton P E, Fisher A L, Harris P V, et al. A comparison of the effects of some post-slaughter treatments on the tenderness of beef[J]. International Journal of Food Science & Technology, 1973, 8(1): 39—49.
- [19] Sørheim O, Idland J, Halvorsen E C, et al. Influence of beef carcass stretching and chilling rate on tenderness of *M. longissimus dorsi*[J]. Meat Science, 2001, 57(1): 79—85.
- [20] Jeremiah L E, Martin A H. Histological and shear properties of bovine muscle and their alteration during postmortem ageing[J]. Meat Science, 1978, 2(3): 169—180.
- [21] Honikel K O. Moisture and Water-Holding Capacity [M]//LML Nollet and F. Toldra. Handbook of Muscle Foods Analysis. Boca Raton, FL, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009: 315—334.
- [22] Therkildsen M, Kristensen L, Kyed S, et al. Improving meat quality of organic pork through post mortem handling of carcasses: An innovative approach[J]. Meat Science, 2012, 91(2): 108—115.
- [23] Claus J R, Wang H, Marriott N G. Prerigor carcass muscle stretching effects on tenderness of grain - fed beef under commercial conditions[J]. Journal of Food Science, 1997, 62(6): 1231—1234.
- [24] 孙京新. 冷却猪肉肉色质量分析、客观评定及其肉色稳定性与机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
Sun Jingxin. Analysis and Objective Assessment of Chilled Pork Color and Mechanisms for its Color Stability[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2003. (in Chinese with English abstract)

Effect of pelvic suspension and aging time on meat quality of Chinese yellow cattle

Hou Xu, Zhang Yimin, Mao Yanwei, Liang Rongrong, Luo Xin^{*}, Zhu Lixian,
(College of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: Beef toughness and variation in tenderness are two major problems that the meat industry has to face, so it has become necessary to solve these problems through the use of technology. One of these techniques is pelvic suspension (PS), in which carcasses are hung from the obturator foramen of the pelvic bone or from the pelvic ligament during the period between slaughter and the commencement of rigor. Achilles suspension is a traditional method to hang carcasses. This method cannot restrict myofibril shortening of the LL during rigor. However, pelvic suspension can reduce myofibril shortening. In pelvic suspension, the hind leg is perpendicular to the vertebral column; thus, the vertebral column and the muscles around the vertebral column are straightened and slightly stretched compared to Achilles tendon suspension. However, little information is available about the effects of suspension methods on beef quality in Chinese yellow cattle. So, objectives of the present study were to evaluate the effects of suspension methods on quality traits of Chinese yellow cattle *M. Longissimus lumborum* (LL). Twelve Chinese yellow cattle of the same breed (Luxi × Simmental), age, and mean live weights were selected on the slaughter line from a commercial feedlot. The cattle had a rest for at least 12 h before stunning and were slaughtered by the Halal method. The carcasses hanging method was changed at the end of the slaughter line within 45 min postmortem; the right sides of the carcasses were re-hung from the pelvic bone obturator foramen, while the left sides remained hung by the achilles tendon suspension (AS). All the carcasses were pushed into the chilling tunnel (air temperature $(2 \pm 2)^{\circ}\text{C}$) after $\text{pH}_{45\text{min}}$ was measured. At 24 h postmortem, the ultimate pH value of LL was measured. The LL with suitable pH values (pH value 5.3-5.8) between the 12th thoracic and the last lumbar vertebrae was removed from each carcass. LL muscles were aged for 1, 4, 7, 14 and 21 days. After that, samples were stored at -20°C until evaluated for pH, purge loss, cooking loss, color, Warner-Bratzler Shear force, and sarcomere length. It indicated that pelvic suspension significantly decreased the WBSF of LL at 1, 4 and 7 d postmortem compared to AS. The tenderness with PS at 14 d postmortem was similar to that of achilles tendon suspension at 21 d, and the WBSF had no significant difference. Moreover, pelvic suspension increased sarcomere length and decreased purge loss of LL significantly, but had no significant effect on pH and meat color. In addition, ageing time had significant effects on pH, meat color, Warner-Bratzler shear force, but had no effect on sarcomere length. In conclusion, PS is a valuable technique that should be introduced to the beef industry in China for rapid improvement of beef tenderness and decreased aging time of Chinese yellow cattle.

Key words: meats; quality analysis; processing; pelvic suspension; achilles tendon suspension; shear force; tenderness; aging time

(责任编辑: 刘丽英)