

延边黄牛肉干、湿法成熟过程中嫩度的变化

Study on changes in tenderness of Yanbian cattle during dry and wet-aging

张博媛^{1,2,3}孙德鹏^{1,2,3}王钰涵^{1,2,3}田敬怡^{1,2,3}ZHANG Boyuan^{1,2,3}SUN Depeng^{1,2,3}WANG Yuhuan^{1,2,3}TIAN Jingyi^{1,2,3}牟柏德^{1,2,3}崔明勋^{1,2,3}李官浩^{1,2,3}MU Baide^{1,2,3}CUI Mingxun^{1,2,3}LI Guan hao^{1,2,3}

(1. 农业农村部延边特色高品质牛肉精深加工创新重点实验室, 吉林 延吉 133002; 2. 东北寒区肉牛科技创新教育部工程研究中心, 吉林 延吉 133002; 3. 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002)

(1. Key Innovation Laboratory for Deep and Intensive Processing of Yanbian High Quality Beef, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yanji, Jilin 133002, China; 2. Engineering Research Center of North-East Cold Region Beef Cattle Science & Technology Innovation, Ministry of Education, Yanji, Jilin 133002, China; 3. College of Agriculture, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China)

摘要:目的:研究干法成熟和湿法成熟过程中牛肉嫩度的变化。方法:以延边黄牛臀肉为材料,测定其在宰后干法成熟与湿法成熟 30 d 内剪切力值、pH、水分含量、肌原纤维小片化指数、蛋白降解情况及肌纤维组织学特性等指标的变化。结果:随着成熟时间的延长,干法成熟和湿法成熟牛肉样品剪切力值均显著降低,成熟 30 d 时剪切力值从 91.7 N 分别降到 51.6 N 和 39.8 N,肌原纤维小片化指数、肌原纤维蛋白降解变化显著;湿法成熟牛肉样品 30 d 时肌内膜降解,肌纤维排列紧密;牛肉中肌酸激酶和醛缩酶等相对分子质量大的肌浆蛋白分解成为相对分子质量小的蛋白,且种类增多浓度增大。结论:宰后成熟显著提升牛肉嫩度,湿法成熟样品肌原纤维碎裂、肌浆蛋白以及肌细胞中结缔组织降解程度相比于干法成熟更强,对肉嫩度影响较大。

关键词:嫩度;干法成熟;湿法成熟;肌纤维特性;蛋白质降解;黄牛

Abstract: Objective: This study aimed to investigate the changes of beef tenderness during dry and wet-aging. **Methods:** Yanbian cattle was used as material to determine the changes in shear force, pH, moisture content, myofibrillar fragmentation index,

protein degradation and histological properties of muscle fibers within 30 days after dry and wet-aging. **Results:** With the extension of aging time, the shear force of dry and wet aging beef samples decreased significantly, and the shear force decreased from 91.7 N to 51.6 N and 39.8 N at 30 days of aging, respectively. The myofibrillar fragmentation index and myofibrillar protein degradation changed significantly. After 30 days of wet aged beef samples, the muscle membrane was degraded, and the muscle fibers were tightly arranged. The high molecular weight myoplasmic proteins such as creatine kinase and aldolase in beef were decomposed into small molecular proteins, and their concentrations increased with increasing variety. **Conclusion:** Postmortem aging significantly improved the tenderness of beef. The fragmentation of myofibrillar fibers, the degradation of myoplasmic protein and the connective tissue in muscle cells of wet aging samples were stronger than that of dry aging samples, which had a greater impact on the tenderness of the meat.

Keywords: tenderness; dry-aging; wet-aging; muscle fiber characteristics; protein degradation; cattle

基金项目:吉林省科技发展计划项目(编号:20210202061NC);延边大学校企合作项目(编号:ydxq202307)

作者简介:张博媛,女,延边大学在读本科生。

通信作者:崔明勋(1966—),男,延边大学副教授,博士。

E-mail: 1501967915@qq.com

李官浩(1975—),男,延边大学教授,博士。

E-mail: ghli@ybu.edu.cn

收稿日期:2023-07-27 **改回日期:**2023-12-26

在评价鲜肉食用质量特征时,嫩度在消费者接受程度上起着至关重要的作用^[1]。动物经屠宰后肌细胞处于无氧状态导致肌肉收缩,影响肉的嫩度。在成熟过程中由于内源性蛋白水解酶调控细胞凋亡^[2],加快肌原纤维蛋白和结缔组织蛋白的水解,以蛋白质降解为主的生化反应能够改善肉的质地。目前常见的宰后成熟方式有干法成熟和湿法成熟两种^[3-4],均能显著提高肉的嫩度^[5]。Kim 等^[6]分别将牛肉进行了 28 d 的湿法成熟和干法成

熟,发现干熟样品的剪切力低于湿熟样品;也有研究^[7]表明,干法成熟至 14~35 d 时,牛肉的嫩度和剪切力虽然持续改善,但 14 d 之后的嫩度改善效果显著降低。张睿^[8]的研究结果也显示了干法成熟和湿法成熟均有效改善牦牛西冷的嫩度,且成熟时间越长,改善效果越好。肌纤维已被确定为影响肉类品质的重要因素,肉的最终嫩度也取决于肌原纤维结构的改变和降解的程度^[9-10]。因此,为了探究宰后不同成熟过程中肉嫩度的变化,有必要深入探究成熟过程中肌原纤维蛋白降解与结构特性改变对宰后牛肉的影响。

延边黄牛臀肉中脂肪含量低,肌纤维比例较高,推断其在成熟过程中结构改变和降解速率较快^[11]。研究拟以臀肉作为材料,分别进行 30 d 的干法成熟和湿法成熟,通过比较肉的嫩度相关品质、肌纤维结构特性和蛋白质降解程度,分析宰后成熟过程中嫩度变化,以优化最佳的嫩化方式为实际加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

雄性成年延边黄牛:龙井长白山彝福清真肉业有限公司;

氯化钾、氯化镁、乙二醇四乙酸、甲醛、乙醇、二甲苯、尿素、硫脲:分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

BCA 蛋白浓度测定试剂盒、SDS-PAGE 凝胶制备试剂盒、考马斯亮兰染色套装、苏木素伊红(HE)染色试剂盒:北京索莱宝科技有限公司;

pH 计:pH-STAR 型,北京天翔飞域科技有限公司;

高速分散均质机:DY89-II 型,宁波新芝生物科技股份有限公司;

质构仪:TMS-PLUS 型,北京盈盛恒泰科技有限责任公司;

酶标仪:Multiskan FC 型,德国赛默飞世尔科技公司;

组织切片机:HistoCore BIOCUT 型,德国徕卡公司。

1.2 成熟工艺

成年雄性延边黄牛屠宰后,将臀肉均匀分割成形状统一、重量为(2.0±0.2) kg 的肉块,充分混合后随机分为 2 组进行 30 d 的干法成熟和湿法成熟,干法成熟(D):悬挂在发酵箱中,温度 2~4 °C,相对湿度(RH)(85±5)%,风速 1.2 m/s;湿法成熟(W):真空包装放置于 2~4 °C 的环境中;每组 6 块,同时取 2 块作为 0 d 空白对照样品,各处理组分别在成熟 10,20,30 d 时取样。

1.3 试验方法

1.3.1 剪切力值测定 将温度计插入肉块中心,于蒸煮袋内水浴加热至温度为 75 °C 后取出,充分冷却后顺肌纤维方向切成 1 cm×1 cm×3 cm 的长条测定剪切力值,测试速度 60 mm/min,初始力 0.5 N。

1.3.2 水分含量测定 参照 GB 5009.3—2016。

1.3.3 pH 采用 pH 计法。

1.3.4 肌原纤维小片化指数的测定 参考张诗泉等^[12]的方法并修改,取 2 g 成熟牛肉样品,加入 30 mL 缓冲液(100 mmol/L KCl,1 mmol/L EDTA,1 mmol/L MgCl₂,pH 7.0),冰浴匀浆 1 min。在 4 °C、10 000 r/min 离心 15 min,弃去上清液,在沉淀中再次加入 20 mL 缓冲液,充分溶解后用 BCA 试剂盒测定蛋白浓度后,稀释至质量浓度为 0.5 mg/mL,于 540 nm 下测溶液的吸光度,将吸光度值乘 200 后,即为肌原纤维小片化指数。

1.3.5 石蜡切片制备及染色 肉样垂直肌纤维方向切成 1 cm×1 cm×0.5 cm 的小块后放置于体积分数 4% 的甲醛溶液中固定 24 h,再用自来水冲洗过夜。将组织切成合适大小装入包埋盒,依次于体积分数为 70%,80%,90%,95%,100% 的酒精中脱水 1 h,再放置于二甲苯中浸泡 10 min 透明;分别于软蜡和硬蜡中浸泡 1 h 后包埋。用石蜡切片机将组织切成 6 μm 的薄片后 HE 染色。

1.3.6 肌纤维结构观察 用显微镜观察染色后的切片并拍照,随机选取 20 根肌纤维^[13],用 Image-pro plus 软件计算肌纤维横截面积 S 和肌纤维直径 L ;肌纤维密度 D 以单位面积 S_1 内肌纤维数量 N 计算。

1.3.7 蛋白提取 根据 Roberto 等^[14]的方法。取 1 g 肉样,加入 10 mL 50 mmol/L 的 Tris-HCl 缓冲液(pH 8.0)后,在冰浴中匀浆 2 min,4 °C 10 000× g 离心 20 min,取上清液,为肌浆蛋白提取物;再次向沉淀中加入等体积缓冲液,涡旋后离心除掉上清液中的可溶性蛋白,再向沉淀中加入 10 mL 含 6 mol/L 尿素和 1 mol/L 硫脲的 50 mmol/L Tris-HCl 涡旋 5 min,4 °C 10 000× g 离心 20 min,将上清液置于活化后的透析袋中 4 °C 透析过夜,即得肌原纤维蛋白提取液。

1.3.8 SDS-PAGE 分析 用 BCA 蛋白定量试剂盒测量提取的肌浆蛋白和肌原纤维蛋白的浓度,并用磷酸盐缓冲液调至 2 mg/mL。以体积比 3:1 加入 4×蛋白上样缓冲液,在沸水中煮 5 min 至变性。SDS-PAGE 条件:分离胶质量分数 12%,浓缩胶质量分数 5%,上样量 10 μL,先以 80 V 电压电泳直到条带于浓缩胶与分离胶临界处,然后以 140 V 电压电泳直到指示条带至分离胶底端,用考马斯亮蓝套装染色、脱色后观察。

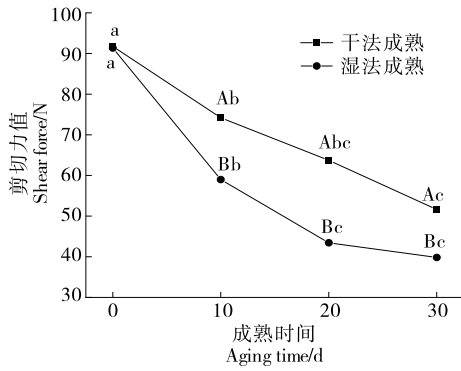
1.4 数据统计与分析

每个试验平行重复 3 次,结果以“平均值±标准差”表示;采用 SPSS 27.0.1 软件中单因素方差分析数据是否具有显著性差异, $P<0.05$ 表示差异显著。

2 结果与讨论

2.1 剪切力值的变化

由图 1 可知,两种成熟方式的剪切力值均随时间延



小写字母表示同种成熟方式不同成熟时期差异显著 ($P < 0.05$); 大写字母表示相同时期不同成熟方式间差异显著 ($P < 0.05$)

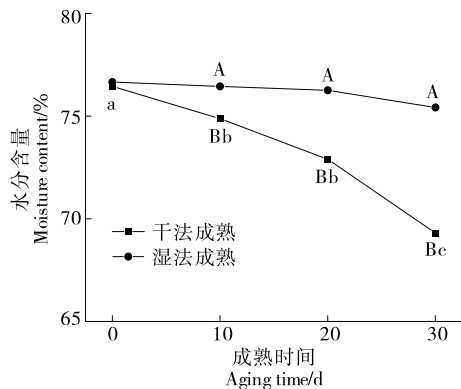
图1 延边黄牛肉宰后成熟过程中剪切力值变化

Figure 1 Changes in shear force during post-slaughter aging of Yanbian cattle

长呈显著下降趋势 ($P < 0.05$), 这一过程是由蛋白酶的作用或钙离子在成熟过程中引起肌原纤维间 Z 线降解引起的^[15]。相比于干法成熟, 湿法成熟对嫩度有更好的改善作用 ($P < 0.05$), 是由于无氧状态下宰后肌肉发生糖酵解等生化反应使 pH 值下降^[16], 变性的肌原纤维蛋白成为组织蛋白酶 B、蛋白酶体 6 等蛋白酶系统更容易作用的靶点, 在牛肉嫩化方面也很重要^[17-18]。

2.2 水分含量的变化

由图 2 可知, 干法成熟过程中牛肉水分含量随成熟时间延长呈下降趋势, 且显著低于湿法成熟组 ($P < 0.05$)。湿法成熟的水分含量稳定归因于真空包装, 而干法成熟由于环境湿度的影响, 在牛肉解僵和成熟过程中汁液流失过多, 水分含量降低。肌肉中的水分含量一定程度上会影响肉的嫩度, 牛肉脱水使肌纤维空隙增大^[19], 因此干法成熟牛肉的嫩度低于湿法成熟样品。



小写字母表示同种成熟方式不同成熟时期差异显著 ($P < 0.05$); 大写字母表示相同时期不同成熟方式间差异显著 ($P < 0.05$)

图2 延边黄牛肉宰后成熟过程中水分含量的变化

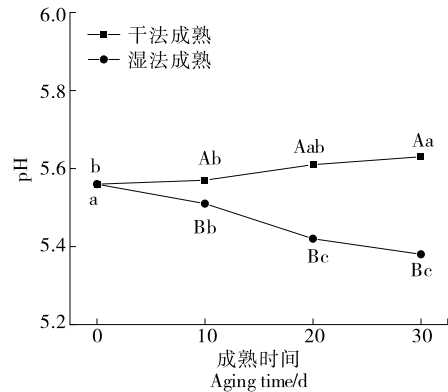
Figure 2 Changes in moisture content during post-slaughter aging of Yanbian cattle

2.3 pH 值的变化

pH 值对宰后牛肉的嫩度和持水力等都有一定的影响^[20]。由图 3 可知, 干法成熟牛肉的 pH 值随时间延长呈上升趋势, 湿法成熟的相反。这可能是由于微生物的作用, 干法成熟牛肉表面的低水分环境有利于酵母菌的增殖^[21], 蛋白质分解产生胺类等碱性物质使得成熟期间 pH 值升高。而湿法成熟样品由于真空包装隔绝氧气, 乳酸菌增殖导致成熟期间 pH 值降低^[22]。有研究表明, 在湿法成熟过程中, pH 值下降增强了 caspase-3 的激活和线粒体功能障碍诱导的细胞凋亡^[23], 或由于低 pH 值改变了质子的稳态, 降低了肌原纤维蛋白之间的静电斥力, 引起肌肉纤维不可逆侧向收缩, 使牛肉嫩度提升^[24]。

2.4 肌原纤维小片化指数变化

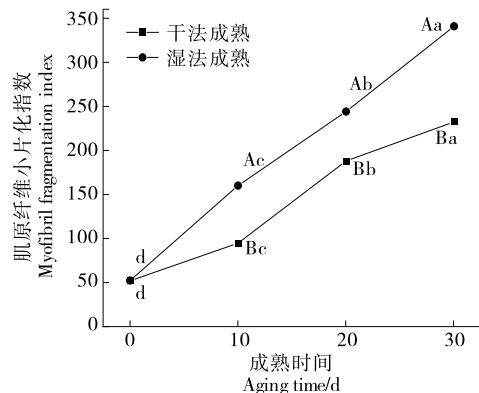
由图 4 可知, 两种成熟方式的肌原纤维小片化指数



小写字母表示同种成熟方式不同成熟时期差异显著 ($P < 0.05$); 大写字母表示相同时期不同成熟方式间差异显著 ($P < 0.05$)

图3 延边黄牛肉宰后成熟过程中 pH 值变化

Figure 3 Changes in pH values during post-slaughter aging of Yanbian cattle



小写字母表示同种成熟方式不同成熟时期差异显著 ($P < 0.05$); 大写字母表示相同时期不同成熟方式间差异显著 ($P < 0.05$)

图4 延边黄牛肉成熟过程中牛肉肌原纤维小片化指数变化

Figure 4 Changes of myofibrillar fragmentation index of Yanbian cattle during the aging process

均随时间延长呈上升趋势,且湿法成熟显著高于干法成熟组($P < 0.05$),分别达到 339.8 ± 16.6 和 231.6 ± 19.0 。肌原纤维小片化指数在一定程度上能够间接预测肉的嫩度,变化趋势反映出牛肉结构蛋白水解程度随成熟时间的延长而升高,并被降解为片段^[25]。肌纤维间 I 带断裂、肌联蛋白降解等变化降低肌原纤维结构强度,使肉的嫩度提高^[12]。

2.5 肌纤维特性变化

延边黄牛肉干法成熟和湿法成熟过程中肌纤维结构特性如图 5 和表 1 所示。干法成熟组肌纤维特性随时间

延长均无显著差异($P > 0.05$),湿法成熟组肌纤维面积和直径均随时间延长呈降低的趋势,肌纤维密度显著升高($P < 0.05$)。湿法成熟组的肌内膜边缘降解,逐渐模糊、厚度变小,肌纤维之间排列紧密,几乎没有间隙,这可能是导致湿法成熟样品嫩度提升的原因之一。推测肌内膜和肌束膜等结缔组织的变化对肉的嫩度一样起着关键作用^[26]。宰后成熟是改善肉品质的重要途径,控制细胞凋亡能够调控肉品嫩化的进程,或通过调节蛋白酶活性及产生作用的持续时间来控制^[27]。

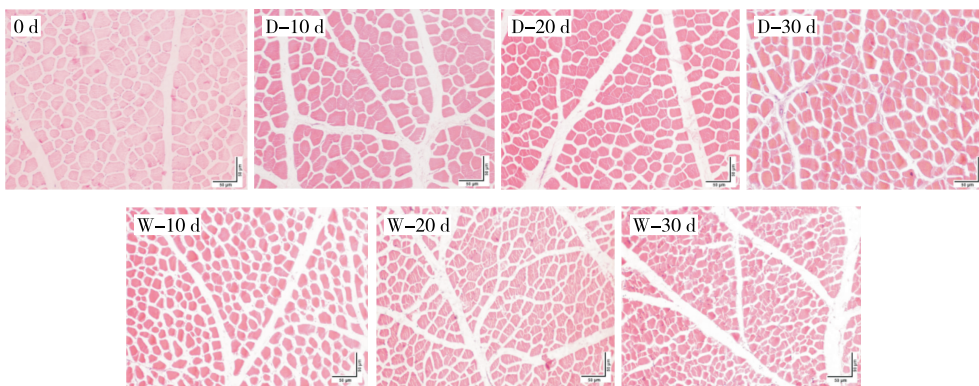


图 5 延边黄牛肉宰后成熟过程中肌纤维切片

Figure 5 Muscle fiber sections during post-slaughter aging of Yanbian cattle ($\times 400$)

表 1 延边黄牛肉宰后成熟过程中肌纤维组织学特性[†]

Table 1 Histological characteristics of muscle fibers during post-slaughter aging of Yanbian cattle

成熟时间/d	肌纤维面积/ μm^2		肌纤维直径/ μm		密度/ mm^{-2}	
	干法成熟	湿法成熟	干法成熟	湿法成熟	干法成熟	湿法成熟
0	343.09 ± 141.56^b	344.43 ± 138.10^a	21.02 ± 6.22^b	21.13 ± 4.20^a	$1\ 565.00 \pm 73.60$	$1\ 591.67 \pm 92.04^c$
10	434.51 ± 162.97^{Aa}	322.67 ± 104.44^{Bab}	23.47 ± 4.27^{Aa}	20.14 ± 2.43^{Bab}	$1\ 491.67 \pm 31.18^B$	$1\ 650.00 \pm 54.01^{Ac}$
20	430.75 ± 157.99^{Aa}	282.47 ± 94.12^{Bb}	23.14 ± 3.61^{Aa}	19.08 ± 2.89^{Bb}	$1\ 406.00 \pm 40.82^B$	$1\ 850.00 \pm 73.60^{Ab}$
30	411.66 ± 137.52^{Aa}	176.80 ± 150.59^{Bc}	22.89 ± 2.84^{Aa}	14.16 ± 3.43^{Bc}	$1\ 466.67 \pm 31.18^B$	$2\ 133.33 \pm 42.49^{Aa}$

[†] 小写字母表示同种成熟方式不同成熟时期差异显著($P < 0.05$);大写字母表示相同时期不同成熟方式间差异显著($P < 0.05$)。

2.6 肌浆蛋白和肌原纤维蛋白 SDS-PAGE 分析

如图 6 可知,两种成熟方式在成熟 30 d 时, I 肌浆(180 kDa 蛋白条带)处出现新的条带,可能是大分子肌浆蛋白降解的结果;肌浆蛋白是水溶性蛋白,包括糖酵解途径的许多酶^[28],其中肌酸激酶和醛缩酶(35~48 kDa 范围内两条蛋白条带)随成熟时间延长逐渐降解;干法成熟组 II 肌浆(25 kDa 蛋白条带)和 III 肌浆(11 kDa 以下蛋白条带)明显深于湿法成熟。以上条带的变化说明干法成熟更容易使牛肉中相对分子质量高的肌浆蛋白分解成为相对分子质量低的蛋白,且种类增多,浓度增大。

如图 7 可知,肌球蛋白和肌动蛋白变化不明显,但随着成熟时间的延长,原肌球蛋白(35~45 kDa 处蛋白条带)和肌钙蛋白(17 kDa 蛋白条带)出现,肌球蛋白轻链(25 kDa 蛋白条带)逐渐加深,由以上蛋白条带变化可知,

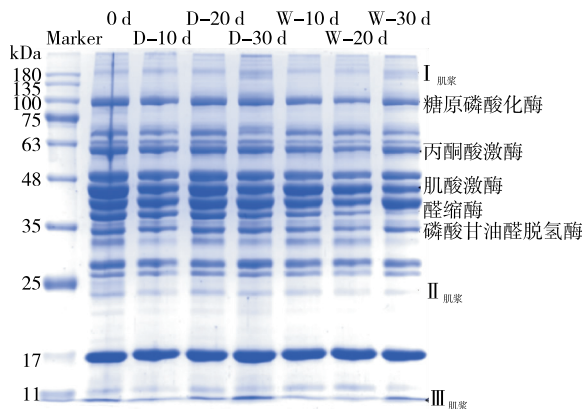


图 6 延边黄牛肉宰后成熟过程中肌浆蛋白的降解

Figure 6 Degradation of myoplasmic proteins during post-slaughter aging of Yanbian cattle

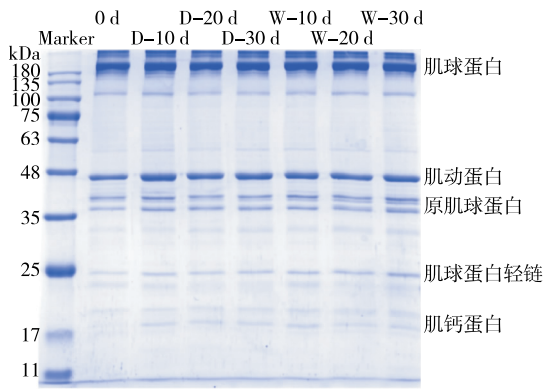


图7 延边黄牛肉宰后成熟过程中肌原纤维蛋白的降解
Figure 7 Degradation of myogenic fibronectin proteins during post-slaughter aging of Yanbian cattle

肌原纤维蛋白的降解主要发生在 17~48 kDa 范围内,湿法成熟样品由于内源酶作用蛋白水解更强烈^[18],出现的新条带可能是肌动蛋白和肌球蛋白的降解产物^[29],肌原纤维是肌肉结构蛋白,牛肉成熟过程中肌原纤维蛋白降解和肌原纤维小片化指数增加显示出肌原纤维结构被破坏。

3 结论

干法成熟和湿法成熟均能够提升延边黄牛肉的嫩度,剪切力值、肌原纤维小片化指数以及蛋白降解等嫩度相关指标随时间延长存在显著变化($P < 0.05$)。由于湿法成熟组牛肉蛋白降解快,肌原纤维破裂指数显著高于干法成熟组,并且从肌纤维结构可以观察到湿法成熟组肌纤维内膜边缘降解,肌纤维排列紧密,肉质更嫩($P < 0.05$)。干法成熟组在 11~25 kDa 范围内的肌浆蛋白条带明显加深,说明延边黄牛肉在成熟过程中肌浆蛋白降解为相对分子质量小的蛋白,改善肉的嫩度。研究宰后成熟过程中蛋白质降解、肌纤维结构变化对牛肉嫩度的影响有利于延边黄牛肉高档产品的加工贮藏,在后续的试验中应更加深入研究湿法成熟过程中内源性蛋白酶如半胱氨酸蛋白酶和钙蛋白酶等对肌肉细胞凋亡、结缔组织降解的影响。

参考文献

- [1] SHEARD P R. Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat, J.P. Kerry, D. Ledward (Eds.). Woodhead Publishing and CRC Press[J]. Meat Science, 2009, 83(2): 337.
- [2] ZHANG J Y, YU Q L, HAN L, et al. Effects of lysosomal iron involvement in the mechanism of mitochondrial apoptosis on postmortem muscle protein degradation[J]. Food Chemistry, 2020, 328: 127174.
- [3] LEE H J, CHOE J H, KIM T, et al. Analysis of low-marbled

Hanwoo cow meat aged with different dry-aging methods[J]. Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 2017, 30(12): 1733-1738.

- [4] HELENA S, LI X, MELVIN H, et al. Consumer preference and effect of correct or misleading information after ageing beef longissimus muscle using vacuum, dry ageing, or a dry ageing bag [J]. Meat Science, 2014, 96(2): 661-666.
- [5] 丰永红, 王勇峰, 李海鹏, 等. 新疆褐牛不同部位肉宰后成熟过程中蛋白降解变化研究[J]. 农业机械学报, 2018, 49(5): 382-389.
- FENG Y H, WANG Y F, LI H P, et al. Study on changes of protein degradation in different parts of Xinjiang brown cattle during maturation after slaughter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(5): 382-389.
- [6] KIM M S, CHOE J H, LEE H J, et al. Effects of aging and aging method on physicochemical and sensory traits of different beef cuts [J]. Food Science of Animal Resources, 2019, 39(1): 54-64.
- [7] DEGEER S L, HUNT M C, BRATCHER C L, et al. Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times[J]. Meat Science, 2009, 83(4): 768-774.
- [8] 张睿. 不同宰后处理方式对牦牛肉品质的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014: 30.
- ZHANG R. Effect of different post-slaughter treatment methods on the quality of yak meat [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2014: 30.
- [9] NICOLE L, DANIEL B, ERSIA N, et al. Histochemical characterisation of high-value beef muscles from different breeds, and its relation to tenderness [J]. Livestock Science, 2021, 247(3): 104468.
- [10] KIM G D, YANG H S. Comparison of characteristics of myosin heavy chain-based fiber and meat quality among four bovine skeletal muscles[J]. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 2016, 36(6): 819-828.
- [11] 李文博, 罗玉龙, 郭月英. 苏尼特羊宰后成熟过程中肌原纤维蛋白特性与肉品质的变化分析[J]. 食品科学, 2021, 42(3): 48-55.
- LI W B, LUO Y L, GUO Y Y. Analysis of myofibrillar protein characteristics and meat quality changes in Sunit sheep during postmortem maturation[J]. Food Science, 2021, 42(3): 48-55.
- [12] 张诗泉, 刘永峰, 葛鑫禹, 等. 鸭肉宰后成熟过程中食用品质、营养品质及嫩度变化研究[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(15): 236-242.
- ZHANG S Q, LIU Y F, GE X Y, et al. Study on changes of edible quality, nutritional quality and tenderness of duck meat during maturation after slaughter [J]. Food and Fermentation Industry, 2023, 49(15): 236-242.
- [13] 万磊, 周明芳, 熊婷, 等. 宁都黄鸡胸肌不同部位肌纤维组织学特性分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2021(19): 60-63, 147.

- WAN L, ZHOU M F, XIONG T, et al. Histological characteristics of muscle fibers in different parts of breast muscle of Ningdu yellow chicken[J]. Heilongjiang Animal Husbandry and Veterinary Science, 2021(19): 60-63, 147.
- [14] ROBERTO B, DANIEL F, JAVIER C, et al. Influence of muscle type on the evolution of free amino acids and sarcoplasmic and myofibrillar proteins through the manufacturing process of Celta dry-cured ham [J]. Food Research International, 2014, 56(2): 226-235.
- [15] FUMIKO I, YUKI M, RISAKO T, et al. Changes in taste compounds, breaking properties, and sensory attributes during dry aging of beef from Japanese black cattle[J]. Meat Science, 2016, 112: 46-51.
- [16] 周梁, 卢艳, 周佳, 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): 1 296-1 302, 1 311.
- ZHOU L, LU Y, ZHOU Q, et al. Study on the quality change and mechanism of pork during freezing temperature storage[J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(11): 1 296-1 302, 1 311.
- [17] KHAN M, JUNG S, NAM K C, et al. Postmortem aging of beef with a special reference to the dry aging[J]. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 2016, 36(2): 159-169.
- [18] ZAMORA F, DEBITON E, LEPETIT J. Predicting variability of ageing and toughness in beef *M. Longissimus lumborum* et *thoracis*[J]. Meat Science, 1996, 43(3): 321-333.
- [19] 丁波, 代安娜, 顾利, 等. 卤制过程中牦牛肉品质的变化规律[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(9): 171-175.
- DING B, DAI A N, GU L, et al. Changes of yak meat quality during marinating process [J]. Food and Fermentation Industry, 2020, 46(9): 171-175.
- [20] LYTRAS G N, GEILESEKEY A, KING R D, et al. Effect of muscle type, salt and pH on cooked meat haemo protein formation in lamb and beef[J]. Meat Science, 1999, 52: 189-194.
- [21] LI X, BABOL J, WALLBY A, et al. Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef *gluteus medius* aged in a dry ageing bag or vacuum[J]. Meat Science, 2013, 95(2): 229-234.
- [22] ZHANG R Y, YOO M, REALINI C, et al. In-bag dry-vs. wet-aged lamb: Quality, consumer acceptability, oxidative stability and in vitro digestibility[J]. Foods, 2021, 10(1): 41-64.
- [23] MA J B, YU Q L, HAN L. The effect of postmortem pH decline rate on caspase-3 activation and tenderness of bovine skeletal muscle during aging[J]. Journal of Food Biochemistry, 2022, 46(9): e14215.
- [24] PEARCE K L, ROSENVOLD K, ANDERSEN H J, et al. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes: A review[J]. Meat Science, 2011, 89(2): 111-124.
- [25] 李升升. 热处理对牦牛肉品质的影响及其相关性分析[J]. 食品与机械, 2016, 32(4): 207-210.
- LI S S. Effect of heat treatment on yak meat quality and its correlation analysis[J]. Food & Machinery, 2016, 32(4): 207-210.
- [26] TADEUSZ K, EDWARD P, KRZYSTYNAK P K, et al. Changes in structure of psoas major and minor and semitendinosus muscles of calves, heifers and cows during post-mortem ageing [J]. Meat Science, 2003, 64(1): 77-83.
- [27] MAHESH N, ANNA C. Muscle-specific effect of aging on beef tenderness[J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 100: 250-252.
- [28] 瞿丞, 贺稚非, 王兆明, 等. 不同食盐添加量腌制对鸡肉脂质氧化、蛋白质氧化及食用品质的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(16): 77-85.
- QU C, HE Z F, WANG Z M, et al. Effects of different salt addition levels on lipid oxidation, protein oxidation and food quality of chicken[J]. Food Science, 2020, 41(16): 77-85.
- [29] BAO Y L, BOEREN S, ERTBJERG P. Myofibrillar protein oxidation affects filament charges, aggregation and water-holding [J]. Meat Science, 2018, 135: 102-108.

信息窗

瑞士修订食品条例

2024 年 1 月 9 日, 瑞士联邦委员会发布 AS20249 号公告, 修订食品条例, 自 2024 年 2 月 1 日实施。主要内容:

- (1) 修订新食品定义。
- (2) 干香草和香料辐照处理原则。
- (3) 预包装食品标识信息。烘焙食品要标识含有可能引起过敏或其他不良反应的成分; 不建议患有过敏或不耐受的人食用这些烘焙食品; 标注原产地。

(4) 需边界控制的进口食品在检查站需提供官方证书原件, 每批货物必须标有识别码, 每个单独包装都必须标有代码; 官方证书的要求: 由原产国主管当局签发, 使用瑞士官方语言或英语, 有效期为自签发之日起 4 个月或自实验室分析结果之日起 6 个月。

(5) 过渡期规定。2025 年 1 月 31 日之前可按照原法规生产加工和进口食品, 直至保质期内销售完毕。

(来源: <http://news.foodmate.net>)