

加热介质和时间对牦牛肉品质的影响

Quality changes of yak meat under different heat medium and time

李升升^{1,2} 靳义超^{1,2}

LI Sheng-sheng^{1,2} JIN Yi-chao^{1,2}

(1. 青海大学畜牧兽医科学院, 青海 西宁 810016; 2. 青海省畜牧兽医科学院, 青海 西宁 810016)

(1. Academy of Animal and Veterinary Sciences, Qinghai University, Xining, Qinghai 810016, China;

2. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Xining, Qinghai 810016, China)

摘要:为研究不同加热介质和时间对牦牛肉品质的影响。采用水浴和蒸汽 2 种介质对牦牛肉分别加热 10, 20, 30, 40, 50, 60 min 后取样, 测定牦牛肉蒸煮损失、热收缩率、肉色、剪切力和质构的变化。结果表明: 水浴和蒸汽加热牦牛肉的蒸煮损失随加热时间的延长而显著增加 ($P < 0.05$); 在加热 10~40 min 时, 水浴加热的热收缩率大于蒸汽加热, 40~60 min 时蒸汽加热的热收缩率大于水浴加热; 在 10~60 min 时, 水浴加热的 L^* 值下降了 4.82%, 而蒸汽加热的 L^* 值增加了 3.84%, 水浴加热的 a^* 值下降了 13.63%, 蒸汽加热的 a^* 值先下降后上升; 蒸汽加热的剪切力值大于水浴加热的; 在水浴和蒸汽加热中牦牛肉硬度随加热时间延长显著增加 ($P < 0.05$), 内聚性和弹性呈波动变化趋势, 胶着性和咀嚼性总体呈下降趋势。相关性表明, 水浴与蒸汽加热与牦牛肉各指标具有较强的相关性。总体来看, 当水浴和蒸汽加热 40 min 时, 牦牛肉各项品质指标较好; 水浴加热的牦牛肉蒸煮损失较大、质构较好, 而蒸汽加热的牦牛肉蒸煮损失较小、质构较差。

关键词: 牦牛肉; 加热介质; 加热时间; 品质; 相关性

Abstract: Cooking loss, heat shrinkage rate, color, shear force, and texture of yak meat were measured, which were heated by water and steam at 10, 20, 30, 40, 50, 60 min, respectively, and the correlation of heat time and quality were analyzed. The results showed that cooking loss of yak meat significantly increased with the extension of heat time ($P < 0.05$), and the increased rate of cooking loss heated by water 21.21% higher than by steam. The heat shrinkage rate of yak meat by water bigger than by steam after being heated from 10 min to 40 min, and the heat shrinkage rate of heated by steam was bigger than by water after heated from 40 min to 60 min. The L^* value and

a^* value decreased 4.82% and 13.63% of yak meat heated by water 10 min to 60 min, respectively. And the L^* value increased 3.84% of yak meat heated by steam 10 min to 60 min; the a^* value decreased at first then increased later. The shear force of yak meat heated by steam larger than heated by water, and the shear force of yak meat which heated by steam and water 40 min is (7.79 ± 0.16) kg and (4.96 ± 0.79) kg. The hardness of yak meat heated by water and steam increases significantly with the extension of heat time ($P < 0.05$), the cohesiveness and springiness were fluctuating, gumminess and chewiness had the tendency of decrease. Correlation showed that the time of heated by water have strong correlation with L^* value, hardness, springiness and gumminess, and the time of heated by steam have strong correlation with cooking loss, heat shrinkage rate, a^* value, shear force, cohesiveness and chewiness. In summary, the yak meat which heated by water and steam 40min will have better quality, the yak meat heated by water will have larger cooking loss and better texture, and the yak meat heated by steam will have small cooking loss and worse texture.

Keywords: yak meat; heat medium; heat time; quality; correlation

牦牛是生长于青藏高原及其附近高海拔地区的牛种^[1]。恶劣的生长环境, 使得其出栏时间较长, 肉颜色深, 肌纤维粗, 同时也具有“高蛋白、低脂肪”的特点^[2]。因此, 牦牛产品的加工工艺及参数对其品质的影响尤为重要。

当前, 牦牛肉制品主要是牦牛肉干、酱卤牦牛肉、熏烧烤牦牛肉、牦牛肉酱等产品^[3-4], 这些产品加工过程中一个很重要的工序就是加热。郎玉苗等^[5]研究了熟制温度及切割方式对牛排食用品质的影响, 结果表明煎制牛排的熟制温度为 80 °C、切片厚度为 10 mm 和切割走向为垂直肌纤维时, 牛排具有较好的品质。李升升^[6]研究了不同处理温度对牦牛肉品质的影响, 结果表明随着温度的升高牦牛肉的品质呈下降趋势, 在 80 °C 时牦牛肉具有较好的感官品质。罗章等^[7]研究了微波加热、高压炖煮和常温水浴对牦牛肉风味和

基金项目: 青海省重大科技专项资助(编号: 2016-NK-A7)

作者简介: 李升升, 男, 青海大学助理研究员, 硕士。

通信作者: 靳义超(1958—), 男, 青海大学研究员, 硕士。

E-mail: jinyichao88@163.com

收稿日期: 2017-05-06

质构的影响,结果表明微波处理组牦牛肉的挥发性物质含量最高,且牦牛肉的硬度低、弹性高。韩玲^[8]报道牦牛肉腌制后在大火煮 30 min,85~90 °C 条件下保温 120 min 制得的酱卤牦牛肉品质较好。还有大量的研究^[9-10]表明,对于不同的牦牛肉制品加热或者熟制方式及参数不同,造成熟制后的牦牛肉制品蒸煮损失、剪切力、质构和风味等品质有很大的差异。在这些加热方式中,加热的介质主要是水浴和蒸汽,不同的加热介质和时间对牦牛肉的品质影响如何,尚未见报道。

为此,本试验以牦牛肉为原料,研究以水浴和蒸汽为介质,不同加热时间对牦牛肉蒸煮损失、热收缩率、色差、剪切力和质构的影响,并分析了不同加热介质的加热时间与牦牛肉各品质的相关性,旨在明确不同加热介质对牦牛肉品质的影响,为牦牛肉制品的开发和科学化、标准化、规模化生产提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

1.1.1 试验原料

牦牛肉:购自青海裕泰畜产品有限公司,选取 6 头 3~4 岁牦牛,宰后在 0~4 °C 冷库成熟 72 h,选取背最长肌在 (4±1) °C 条件下带回实验室,待用。

1.1.2 仪器与设备

电子称:JM-B3003 型,诸暨市超泽衡器设备有限公司;

卡尺:0~150 mm,上海申韩量具有限公司;

全自动测色色差计:ADCI-60-C 型,北京辰泰克仪器技术有限公司;

质构仪:CT-3 型,美国 Brookfield 公司;

电热恒温水浴锅:HH-6 型,上海比朗仪器有限公司;

中心温度计:TP-3001 型,苏州市沧浪区泰式电子经营部。

1.2 试验方法

1.2.1 样品处理 去除牦牛肉表面的筋膜和脂肪,分割成 5 cm×4 cm×3 cm 的肉样,将分割后的牦牛肉直接投入水浴中和蒸笼上,分别处理 10,20,30,40,50,60 min,取出后自然冷却至常温,测定其品质指标。

1.2.2 指标测定方法

(1) 蒸煮损失和热收缩率的测定:参考文献^[6]。

(2) 肉色的测定:校准设备后,将加热后的肉样取出,切开露出新鲜的切面进行 L^* , a^* 值的测定,每个样品选取 3 个点,测定结果取平均值。

(3) 剪切力的测定:将处理后的样品冷却到室温,肉样沿肌纤维切成 20 mm×10 mm×10 mm 的长方体,仪器具体测试工作参数设置:剪切刀为 TA-SBA 燕尾剪切探头,测前测后速度 10 mm/s,测中速度 1 mm/s,测定距离 10 mm,测定时确保剪切刀前进方向与肌纤维方向垂直。测定 5 次,结果取平均值。

(4) 质地剖面分析:将处理后的样品冷却至室温,切成 10 mm×10 mm×10 mm 的立方体,仪器测定参数:P5 (TA-44) 不锈钢圆柱型探头,测前速度 2.0 mm/s,测中速度

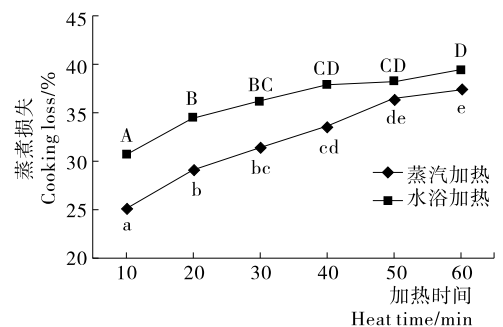
1.0 mm/s,测后速度 1.5 mm/s,压缩比 50%,两次下压间隔时间 5 s,启动形式 auto-20 g。测定 5 次,结果取平均值。

1.2.3 数据分析 采用 SPSS 17.0 对数据进行 (ANOVA) 方差分析,采用 Duncan 多重比较法分析其差异显著性。

2 结果与分析

2.1 对牦牛肉蒸煮损失的影响

蒸煮损失是肉品中的水分和可溶性物质流失导致的^[11]。由图 1 可知,在水浴和蒸汽 2 种加热介质中,随着加热时间的延长,牦牛肉蒸煮损失显著增加 ($P<0.05$),水浴加热 10~60 min 时,蒸煮损失增加了 28.39%;蒸汽加热 10~60 min 时,蒸煮损失增加了 49.60%;蒸汽加热的增加幅度比水浴加热高 21.21%,但水浴加热的蒸煮损失大于蒸汽加热。水浴和蒸汽 2 种加热介质中,在 10~40 min 时水分的流失基本随加热时间的延长呈直线增加趋势。水浴加热 40~60 min 时,蒸煮损失率较之前显著下降,是由于随加热时间的延长样品中的水分含量减少,在水浴加热中胶原蛋白会吸收水分使蒸煮损失减少,而蒸汽加热中胶原蛋白不能吸收大量的水分而使其蒸煮损失率相对变化较小,整体表现为加热的前期水浴和蒸汽加热蒸煮损失均呈直线增加,后期水浴加热的蒸煮损失率减少而蒸汽加热蒸煮损失率基本不变^[12-14]。与李升升^[6]报道不同加热温度对牦牛肉蒸煮损失的影响规律一致。



不同字母代表差异显著 ($P<0.05$)

图 1 加热介质和时间对牦牛肉蒸煮损失的影响
Figure 1 Effect of heat medium and time on cooking loss of yak meat

2.2 对牦牛肉热收缩率的影响

由图 2 可知,水浴加热中,牦牛肉热收缩率随着加热时间的延长先增加后减少;蒸汽加热中,牦牛肉热收缩率随加热时间的延长显著增加 ($P<0.05$),10~60 min 时,热收缩率增加了 16.21%。在 10~40 min 时,水浴加热的热收缩率大于蒸汽加热,40~60 min 时蒸汽加热的热收缩率大于水浴加热。随着加热时间的延长,肉块中的肌纤维收缩和水分散失造成肉块的整体热收缩;试验中肌纤维方向为肉块的长度方向,长度方向的收缩主要由肌纤维的收缩引起,在水浴加热中肉中的胶原蛋白会吸水膨胀,减少肌纤维的收缩,而蒸汽加热中肉中的胶原蛋白不能吸水膨胀,造成肌纤维持续收缩^[15]。这与不同加热介质和时间对牦牛肉蒸煮损失的影响趋势一致。

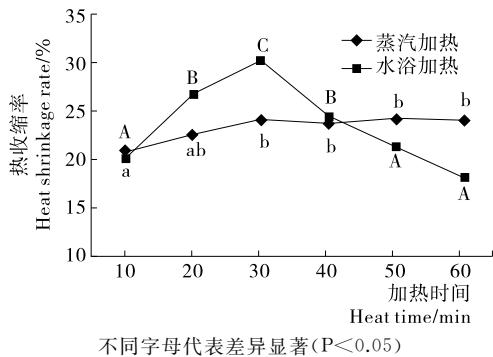
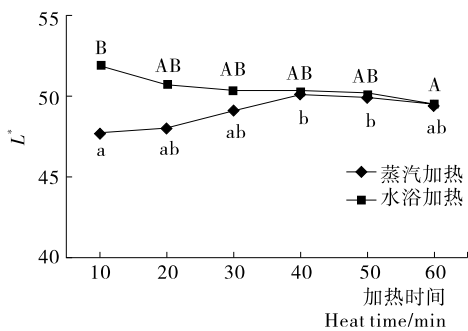
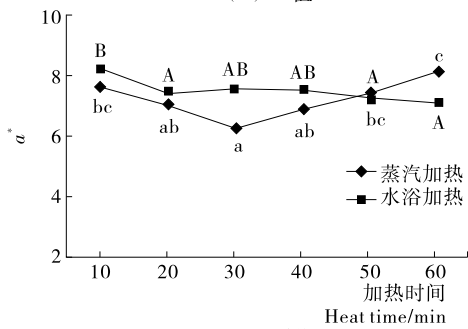


图 2 加热介质和时间对牦牛肉热收缩率的影响

Figure 2 Effect of heat medium and time on heat shrinkage rate of yak meat

2.3 对牦牛肉色度的影响

肉色是消费者评价肉品质的重要指标之一^[16-17]。由图 3 可知,随加热时间的延长,水浴加热的牦牛肉 L^* 值显著降低 ($P < 0.05$), 10~60 min 时, L^* 值降低了 4.82%; 蒸汽加热的牦牛肉 L^* 值显著增加 ($P < 0.05$), 10~60 min 时, L^* 值增加了 3.84%。水浴加热的 a^* 值显著下降 ($P < 0.05$), 10~60 min 时, 降低了 13.63%; 蒸汽加热的 a^* 值先下降后上升, 10~60 min 时增加了 6.55%。 L^* 值与样品的水分含量相关, 随着加热时间的延长, 样品中的水分逐渐减少, 使肉品的 L^* 值下降, 蒸汽加热中样品内部的水分不断迁移到表面, 造成 L^* 值增加^[18-19]。 a^* 值代表样品的红度, 与样品中肌红蛋白的状态有关, 氧合肌红蛋白呈鲜红色, 高铁肌红蛋白呈褐色, 随着加热时间的延长样品中的氧合肌红蛋白含量增加

(a) L^* 值(b) a^* 值

不同字母代表差异显著 ($P < 0.05$)

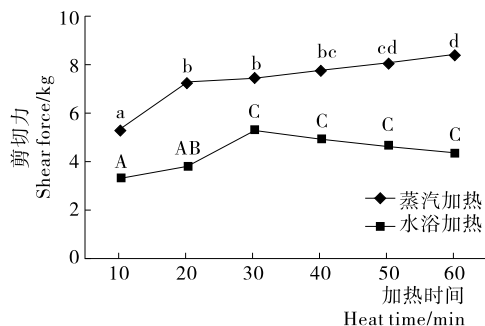
图 3 加热介质和时间对牦牛肉色差的影响

Figure 3 Effect of heat medium and time on color of yak meat

导致样品的红度值下降, 后期由于样品内部的肌红蛋白与氧结合生成肌红蛋白, 导致样品红度值上升^[20-21]。

2.4 对牦牛肉剪切力的影响

剪切力是肉品嫩度的反映, 与肉品的食用品质和加工品质密切相关^[22]。由图 4 可知, 整体来看蒸汽加热牦牛肉的剪切力值大于水浴加热的; 在水浴加热中, 牦牛肉的剪切力随加热时间的延长表现为先上升后下降, 10~30 min 时增加了 60.91%, 随后又下降到 60 min 时的 (4.34 ± 0.22) kg, 总体来看水浴加热的剪切力增加了 9.55%; 在蒸汽加热中牦牛肉的剪切力随加热时间的延长呈显著增加趋势 ($P < 0.05$), 10~60 min 时增加了 58.57%。样品受热造成肌纤维收缩导致剪切力值增大, 在水浴加热中样品中的胶原蛋白会吸水使剪切力下降, 而在蒸汽加热中胶原蛋白可吸收的水分少对样品的整体剪切力影响也较少, 同时随着加热时间的延长牦牛肉的肌纤维断裂使剪切力降低^[23-25], 所以在水浴加热中剪切力表现为先增加后减少, 而蒸汽加热中表现为逐渐增加但后期增加趋势减缓。



不同字母代表差异显著 ($P < 0.05$)

图 4 加热介质和时间对牦牛肉剪切力的影响

Figure 4 Effect of heat medium and time on shear force of yak meat

2.5 对牦牛肉质的影响

质地剖面分析 (TPA) 是模拟口腔对食物咀嚼而开发出的用于客观评价产品品质的力学测定方法^[26-27]。不同加热介质和时间对牦牛肉硬度、内聚性、弹性、胶着性和咀嚼性等质地指标的影响见表 1。

由表 1 可知, 随加热时间的延长, 水浴加热和蒸汽加热牦牛肉的硬度显著增加 ($P < 0.05$), 水浴加热的硬度在 10~60 min 时增加了 149.25%; 蒸汽加热的硬度在 10~60 min 时增加了 21.02%。水浴加热的内聚性随加热时间的延长呈先增加后降低的趋势, 在 10~30 min 时增加了 6.90%, 又降低到 60 min 时的 0.52 ± 0.06 , 总体来看水浴加热的内聚性降低了 10.34%; 蒸汽加热牦牛肉的内聚性随加热时间的延长显著增加 ($P < 0.05$), 在 10~60 min 时增加了 6.78%。水浴加热中牦牛肉的弹性随加热时间的延长呈波动变化趋势, 在 10~60 min 时增加了 11.65%; 蒸汽加热牦牛肉弹性随加热时间的延长呈先增加后降低的趋势, 在 10~40 min 时增加了 5.07%, 又降低到 60 min 时的 2.18 ± 0.08 , 总体来看蒸汽加热的弹性增加了 0.46%。水浴加热牦牛肉的胶着性随加

表1 加热介质和时间对牦牛肉质构的影响[†]
Table 1 Effect of heat medium and time on texture of yak meat

处理方式	时间/min	硬度/(kg·cm ⁻¹)	内聚性	弹性/mm	胶着性	咀嚼性/mJ
水浴加热	10	1.34±0.28 ^a	0.58±0.03 ^{ab}	2.06±0.12 ^a	1.28±0.28 ^c	20.35±1.89 ^a
	20	2.24±0.25 ^b	0.61±0.02 ^b	2.22±0.06 ^{ab}	1.30±0.17 ^c	25.07±1.78 ^c
	30	2.68±0.20 ^{bc}	0.62±0.06 ^b	2.15±0.07 ^{ab}	1.24±0.09 ^c	23.12±0.94 ^{bc}
	40	2.88±0.31 ^{cd}	0.56±0.01 ^{ab}	2.29±0.05 ^b	0.92±0.05 ^b	21.65±1.11 ^{ab}
	50	3.20±0.26 ^{cd}	0.53±0.03 ^a	2.22±0.03 ^{ab}	0.64±0.08 ^a	20.57±1.09 ^a
	60	3.34±0.40 ^d	0.52±0.06 ^a	2.30±0.14 ^b	0.62±0.03 ^a	19.41±0.83 ^a
蒸汽加热	10	1.76±0.10 ^a	0.59±0.02 ^a	2.17±0.05 ^a	1.23±0.11 ^b	24.39±1.92 ^c
	20	1.87±0.14 ^{ab}	0.60±0.01 ^{ab}	2.25±0.08 ^a	1.13±0.16 ^b	23.75±1.97 ^c
	30	1.99±0.05 ^{ab}	0.60±0.03 ^{ab}	2.26±0.06 ^a	1.04±0.14 ^b	19.35±0.72 ^b
	40	2.14±0.27 ^b	0.62±0.01 ^b	2.28±0.09 ^a	1.06±0.08 ^b	18.07±1.10 ^b
	50	2.05±0.17 ^{ab}	0.63±0.01 ^b	2.20±0.04 ^a	0.82±0.06 ^a	14.52±2.29 ^a
	60	2.13±0.27 ^b	0.63±0.01 ^b	2.18±0.08 ^a	0.76±0.11 ^a	13.64±1.48 ^a

† 不同字母代表差异显著(P<0.05)。

热时间的延长呈先增加后降低的趋势,在10~60 min时,总体降低了51.56%;蒸汽加热牦牛肉的胶着性随加热时间的延长显著下降(P<0.05),在10~60 min时降低了38.21%。水浴加热牦牛肉的咀嚼性随加热时间的延长呈波动变化趋势,咀嚼性在10~60 min时降低了4.62%;蒸汽加热牦牛肉的咀嚼性显著降低(P<0.05),在10~60 min时降低了44.08%。

水浴加热和蒸气加热都使牦牛肉的肌纤维收缩^[28],但长时间加热会使肌纤维断裂,同时胶原蛋白吸水变化也会影响牦牛肉的质构^[29-30],这几种效应共同作用使牦牛肉的质构品质总体呈现下降的趋势。

2.6 相关性分析

由表2可知,在水浴加热中,加热时间与牦牛肉的蒸煮损失、L*值、硬度、弹性呈显著正相关(P<0.05),相关系数

分别为0.883,0.623,0.896,0.604;与牦牛肉的内聚性和胶着性呈显著负相关(P<0.05),相关系数分别为-0.598,-0.868;与牦牛肉的热收缩率、a*值、剪切力和咀嚼性相关性差异不显著。在蒸气加热中,加热时间与牦牛肉的蒸煮损失、热收缩率、剪切力、硬度、内聚性呈正相关,相关系数分别为0.932,0.661,0.862,0.614,0.733;与牦牛肉的L*值、a*值、胶着性和咀嚼性呈显著负相关(P<0.05),相关系数分别为-0.554,-0.625,-0.832,-0.932;与牦牛肉的弹性相关性差异不显著。从相关性来看,水浴加热与牦牛肉的L*值、硬度、弹性和胶着性相关性较大,而蒸气加热与牦牛肉的蒸煮损失、热收缩率、a*值、剪切力、内聚性和咀嚼性相关性较大。总体来看不同的加热介质和时间对牦牛肉的品质影响不同,且以蒸气为介质的加热方式对牦牛肉各指标的影响较大。

表2 加热介质和时间与牦牛肉各品质指标的相关性分析[†]
Table 2 Correlation analysis of yak meat quality and heat medium and time

处理方式	蒸煮损失	热收缩率	L*	a*	剪切力	硬度	内聚性	弹性	胶着性	咀嚼性
水浴时间	0.883**	-0.362	0.623**	0.293	0.441	0.896**	-0.598**	0.604**	-0.868**	-0.437
蒸汽时间	0.932**	0.661**	-0.554*	-0.625**	0.862**	0.614**	0.733**	-0.033	-0.832**	-0.932**

† *在0.05水平上显著相关;**在0.01水平上显著相关。

3 结论

熟制是肉制品加工的重要工序之一,肉制品熟制的主要介质就是水浴和蒸气。在水浴和蒸气加热介质中,牦牛肉的品质整体表现为随加热时间的延长,蒸煮损失增大、热收缩率增加、剪切力值增加、质构品质下降。水浴加热与牦牛肉的L*值、硬度、弹性和胶着性相关性较大,而蒸气加热与牦牛肉的蒸煮损失、热收缩率、a*值、剪切力、内聚性和咀嚼性相关性较大。综合来看,水浴加热有利于牦牛肉质构的保持,而蒸气加热有利于提高出品率。本试验研究了不同加热介质和时间对牦牛肉品质的影响,但对牦牛肉中肌纤维蛋白和胶原蛋白在不同加热介质和时间下变化及其对牦牛肉熟

制品品质的影响等问题没有深入研究,这将是下一步研究的重点。

参考文献

[1] 李升升, 靳义超, 闫忠心. 运输温度对牦牛肉品质的影响及其相关性分析[J]. 食品与机械, 2017, 33(6): 143-146.
[2] 李升升, 靳义超, 谢鹏. 热鲜牦牛肉贮存期间品质变化研究[J]. 食品工业, 2015, 36(9): 76-78.
[3] WANG Qiang, ZHAO Xin, REN Yan-rong, et al. Effects of high pressure treatment and temperature on lipid oxidation and fatty acid composition of yak (poephagus grunniens) body fat [J]. Meat Science, 2013, 94(4): 489-494.

- [4] 余群力, 蒋玉梅, 王存堂, 等. 白牦牛肉成分分析及评价[J]. 中国食品学报, 2005, 5(4): 124-127.
- [5] 郎玉苗, 谢鹏, 李敬, 等. 熟制温度及切割方式对牛排食用品质的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(1): 317-325.
- [6] 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.
- [7] 罗章, 马美湖, 孙术国, 等. 不同加热处理对牦牛肉风味组成和质构特性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 148-154.
- [8] 韩玲. 低温酱卤牦牛肉生产工艺研究[J]. 食品科学, 2003, 24(3): 89-92.
- [9] LI Hai, LI Xia, ZHANG Chun-hui, et al. Flavor compounds and sensory profiles of a novel Chinese marinated chicken[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2016, 96: 1 618-1 626.
- [10] YANCEY J W S, WHARTON M D, APPLE J K. Cookery method and end-point temperature can affect the Warner-Bratzler shear force, cooking loss, and internal cooked color of beef longissimus steaks[J]. Meat Science, 2011, 88(1): 1-7.
- [11] MODZELEWSKA-KAPITULA M, DABROWSKA E, JANKOWSKA B, et al. The effect of muscle, cooking method and final internal temperature on quality parameters of beef roast[J]. Meat Science, 2012, 91(2): 195-202.
- [12] VAN WEZEMAEL L, DE SMET S, UELAND Ø, et al. Relationships between sensory evaluations of beef tenderness, shear force measurements and consumer characteristics[J]. Meat Science, 2014, 97(3): 310-315.
- [13] BAILEY A J, LIGHT N D. Connective tissue in meat and meat products [M]. London: Elsevier Applied Science, 1989: 170-194.
- [14] LEACH A A. Collagen chemistry in relation to isinglass and isinglass finings-a review [J]. Journal of the Institute of Brewing, 1967, 73(1): 8-16.
- [15] ROLDÁN M, ANTEQUERA T, PÉREZ-PALACIOS T, et al. Effect of added phosphate and type of cooking method on physico-chemical and sensory features of cooked lamb loins[J]. Meat Science, 2014, 97(1): 69-75.
- [16] JEREMIAH L E, GIBSON L L, AALHUS J L, et al. Assessment of palatability attributes of the major beef muscles[J]. Meat science, 2003, 65(3): 949-958.
- [17] HOPKINS D L, THOMPSON J M. Factors contributing to proteolysis and disruption of myofibrillar proteins and the impact on tenderisation in beef and sheep meat[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 2002, 53(2): 149-166.
- [18] KIM Y H, HUFF-LONERGAN E, SEBRANEK J G, et al. High-oxygen modified atmosphere packaging system induces lipid and myoglobin oxidation and protein polymerization[J]. Meat Science, 2010, 85(4): 759-767.
- [19] ZAKRYS-WALIWANDER P I, O' SULLIVAN M G, O' NEILL E E, et al. The effects of high oxygen modified atmosphere packaging on protein oxidation of bovine M. longissimus dorsi muscle during chilled storage[J]. Food Chemistry, 2012, 131(2): 527-532.
- [20] CLAUSEN I, JAKOBSEN M, ERTBJERG P, et al. Modified atmosphere packaging affects lipid oxidation, myofibrillar fragmentation index and eating quality of beef[J]. Package Technology Science, 2009, 22(2): 85-96.
- [21] LUND M N, LAMETSCH R, HVID M S, et al. High oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine longissimus dorsi during chill storage[J]. Meat Science, 2007, 77(3): 295-303.
- [22] HYLDIG G, NIELSEN D. A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle[J]. Journal Texture Stud, 2001, 329(3): 219-242.
- [23] DE HUIDOBRO F R, MIGUEL E, BLÁZQUEZ B, et al. A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat[J]. Meat Science, 2005, 69(3): 527-536.
- [24] DUBOST A, MICOL D, PICARD B, et al. Structural and biochemical characteristics of bovine intramuscular connective tissue and beef quality [J]. Meat Science, 2013, 95(3): 555-561.
- [25] LORENZEN C L, TAYLOR J F, NEELY T R, et al. Beef customer satisfaction: Trained sensory panel ratings and Warner-Bratzler shear force values[J]. Journal of Animal Science, 2003, 81: 143-149.
- [26] DI MONACO R, CAVELLA S, MASI P. Predicting sensory cohesiveness, hardness and springiness of solid foods from instrumental measurements [J]. Journal of Texture Studies, 2008, 39(2): 129-149.
- [27] FANG S H, NISHIMURA T, TAKAHASHI K. Relationship between development of intramuscular connective tissue and toughness of pork during growth of pigs[J]. Journal of Animal Science, 1999, 77(1): 120-130.
- [28] SEKAR A, DUSHYANTHAN K, RADHAKRISHNAN K T, et al. Effect of modified atmosphere packaging on structural and physical changes in buffalo meat[J]. Meat Science, 2006, 72(2): 211-215.
- [29] HYLDIG G, NIELSEN D. A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle[J]. Journal Teature Stud, 2001, 329(3): 219-242.
- [30] VITALE M, PEREZ-JUAN M, LLORET E, et al. Effect of aging time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature cows during display in high oxygen[J]. Meat Science, 2014, 96(2): 270-277.