

不同部位高原牦牛肉品质评价

保善科¹, 张丽^{2,3}, 孔祥颖¹, 王莉³, 周玉春³, 孙宝忠^{2*}, 余群力³, 王福宁⁴, 谢鹏², 李海鹏²

(1. 青海省海北藏族自治州畜牧兽医科学研究所, 海北 810200; 2. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100193; 3. 甘肃农业大学食品科学与工程学院, 兰州 730070; 4. 中国人民解放军 96351 部队牧场, 海晏 812200)

摘要: 为了研究高原牦牛不同部位肉的品质特性, 本研究采集了 10 头牦牛的冈上肌(SU)、腰大肌(PM)、背阔肌(LA)、背最长肌(LD)、臀股二头肌(BF)、半腱肌(ST)、半膜肌(SM)、臀股四头肌(QF)8 个部位分割肉, 并测定了其蒸煮损失、滴水损失、剪切力、pH、L* 值、a* 值、b* 值 7 项品质指标。结果发现, 不同部位牦牛肉之间, 除了 a* 值以外, 其余 6 项品质指标均存在显著差异($P < 0.05$)。腰大肌、背阔肌、半腱肌相对于其他部位嫩度显著较好($P < 0.05$), 其剪切力均未超过 6 kg, 而背阔肌、半腱肌、半膜肌 3 个部位的持水能力却最差, 其中半腱肌具备了最高的亮度和黄色度(L* 值和 a* 值)。通过标准化分析可以发现, 背最长肌和半腱肌之间具有相似的品质特征; 而臀股二头肌、半膜肌和臀股四头肌之间具有相似品质特征。相关性分析发现, pH 与蒸煮损失之间存在显著的负相关性, 表明不同部位牦牛肉的持水能力差异可能与其酸化程度有关。结果表明, 部位因素对牦牛肉品质有显著影响, 其中持水能力差异可归因于酸化程度不同。

关键词: 高原牦牛; 不同部位; 肉品质; 相关性

中图分类号: TS251.5⁺2

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2015)03-0388-07

The Quality Evaluation of Different Muscles from Plateau Yak

BAO Shan-ke¹, ZHANG Li^{2,3}, KONG Xiang-ying¹, WANG Li³, ZHOU Yu-chun³, SUN Bao-zhong^{2*},
YU Qun-li³, WANG Fu-ning⁴, XIE Peng², LI Hai-peng²

(1. Animal Husbandry and Scientific Research Institute of Qinghai Province, Haibei 810200, China;
2. Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;
3. College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;
4. The Farm of Unit 96351 of Chinese People's Liberation Army, Haiyan 812200, China)

Abstract: In order to investigate quality characteristic of different muscles from plateau yak, the cooking loss, drip loss, Warner-Bratzler shearing force, pH value, L* value, a* value and b* value of supraspinatus (SU), psoas major (PM), latissimus dorsi (LA), longissimus dorsi (LD), biceps femoris (BF), semitendinosus (ST), semimembranosus (SM) and quadriceps femoris (QF) from yak carcass were determined. It was found that there were significant differences between different muscles in quality traits except a* value ($P < 0.05$). The PM, LA and ST had significantly higher tenderness comparing to other muscles ($P < 0.05$) with lower shearing force values than 6 kg, while the water holding capacity of LA, ST, SM was poorer than other muscles. The ST had highest lightness and yellowness (L* values and b* values) among all muscles. The LD and ST had similar quality characteristic, while the BF, SM and QF had similar quality characteristic. There was significantly negative correlation between pH values and cooking loss, which indicated that the difference of water holding capacity among different muscles could be related to level of

收稿日期: 2014-06-25

基金项目: 中国国家现代农业(肉牛牦牛)产业技术体系资助项目(CARS-38); 公益性行业(农业)科研专项(201203009)

作者简介: 保善科(1975-), 男, 青海互助人, 兽医师, 主要从事畜牧技术推广, E-mail: baoshanke921@163.com

* 通信作者: 孙宝忠, 博士, 研究员, 主要从事畜产品加工与质量安全控制, E-mail: baozhongsun@163.com

acidification. It was shown that different parts of muscle had significant effect on yak beef quality, and difference of water holding capacity could be attributed to level of acidification.

Key words: plateau yak; different muscles; meat quality; correlation

牦牛(*Bos gruniens*)主要分布在青藏高原,是高原特有的优势畜种。世界上超过 92% 的牦牛分布在中国以青藏高原为中心的高山草原地区,共有 12 个地方品种,其中高原牦牛分布于青海省南部和北部的高寒地区,种群数量约 300 万头。牦牛肉是一种天然绿色食品,具有巨大的商业开发潜力^[1-2]。而易于实现差异化市场营销的肉牛分割增值技术有利于提高产品附加值^[3-6],但该技术实施的前提则是必须了解不同部位牦牛肉肉质特征。

关于不同品种肉牛不同部位肉品质的研究已有不少报道。M. R. Hunt 等^[7]研究了美国常见肉牛(安格斯牛、西门塔尔牛)的背最长肌、臀中肌、半膜肌等部位牛肉的品质特征,发现背最长肌嫩度最好,消费者综合评分最高。M. J. Anderson 等^[8]研究发现,臀中肌和背最长肌的品质相似,而半膜肌则与背最长肌品质相差较大。M. Modzelewska-Kapituła 等^[9]则发现,在同样的烹调方式下冈上肌和半膜肌的嫩度和持水能力均有较大差异。此外,牛蕾等^[10]研究发现,中国西门塔尔公牛不同部位肉品质也具有较大差异。然而,牦牛不同部位肉品质差异较少被报道。

因此,本研究采集了牦牛 8 个部位分割肉,测定其 7 项品质指标,并通过标准化分析和相关性分析研究牦牛肉品质在各部位之间的分布规律,以期分割增值技术在牦牛肉中的应用提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试剂

试验所用动物为 10 头高原牦牛,均来自青海省海北州的同一种群,公母各 5 头,于当地天然草场中放牧饲养,屠宰时平均年龄 2 岁,最大年龄与最小年龄之间差距不超过 2 个月。屠宰活体重为(214.2±8.4) kg,牦牛的屠宰及分割过程均符合相应屠宰标准。

NaOH(分析纯,天津福晨化学试剂厂);HCl(分析纯,上海试剂二厂);酒石酸钾钠(分析纯,上海达瑞精细化学品有限公司)。

1.2 仪器与设备

HI-99163 型便携式酸度计(纳沃德仪器北京有限公司);CL-M 型嫩度仪(东北农业大学);CR-10

型色差仪(日本美能达公司);AB-S 型电子天平(梅特勒-托利多仪器上海有限公司)。

1.3 试验设计

牦牛宰前禁食 12~24 h,禁水 2 h。屠宰后 30 min 内分别在其左半侧胴体取冈上肌、腰大肌、背阔肌、背最长肌、臀股二头肌、半腱肌、半膜肌、臀股四头肌 8 个部位的分割肉。宰后 2 h 内测定肉色(CIE 坐标系 L* 值、a* 值、b* 值)、蒸煮损失、剪切力和滴水损失,于 0~4 °C 下冷却储藏,并于宰后 24 h 取样测定 pH。

1.4 剪切力

分别取各部位牦牛肉约 50 g,用蒸煮袋包裹密封后在 80 °C 水浴中熟制,至中心温度达到 70 °C 后维持 5 min。取出肉块,自然冷却至室温(25 °C),沿肌纤维方向用直径 1.27 cm 采样器平行取 3 个肉柱,用嫩度仪测定其剪切力,3 次测定取平均值^[8]。

1.5 pH 值

通过安装了插入式探头的便携式酸度计,直接在牦牛肉上进行测定。每个样品进行 3 次测定,取平均值。

1.6 持水能力

通过称重法测定蒸煮损失,取肉样约 100 g,用蒸煮袋包裹后,于 80 °C 水浴熟制,熟制过程中用探针式温度计测定肉块中心温度,直至中心温度达到 70 °C,取出肉样,自然冷却后用纱布擦干表面水分,根据熟制前后肉块的重量计算蒸煮损失^[10]。

通过重力吊挂法测定滴水损失,切取约 10 g 的片状肉样,厚度约 0.5 cm,并对其表面积进行标准化。用回形针将其吊挂在 0~4 °C 的冷藏空间内,并在外部套上 1 个塑料袋以避免流动空气的影响,吊挂 24 h,根据吊挂前后肉片的重量计算滴水损失^[10]。

1.7 肉色

从肉样上切取 0.5 cm 厚的切片,在空气中暴露 30 min,在切面上选取 5 个点,用色度计测定色度,结果以 CIE 系统坐标的 L* 值、a* 值、b* 值来表示,5 次测定取平均值。

1.8 数据处理

本研究数据采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。性别和部位 2 个因素对牦牛肉品质的影响通过

一般线性模型(GLM)进行分析,模型设定包括性别和部位的主效应及其交互作用。各部位牦牛肉品质之间的方差分析采用单因素模式,并使用 I 型离差平方和进行计算,各试验组之间的“多重比较”采用 S-N-K 方式进行。

标准化评估采用“0-1”标准化, L^* 值、 a^* 值、 b^* 值等数值越高品质越好的指标以公式:(指标一最小值)/(最大值一最小值)(数值最大者评分为 1)进行标准化,剪切力、蒸煮损失、失水率、pH 等数值越低品质越好的指标以公式:(最大值一指标)/(最大值一最小值)(数值最小者评分为 1)进行标准化。各项评分总和作为总体品质评估指标。并同时绘制标准化得分的蛛网图以分析不同部位牦牛肉品质特征。

表 1 部位及性别因素对牦牛肉品质影响的 GLM 分析

Table 1 GLM analysis of effect of gender and muscles on yak meat quality

指标 Index	部位 Part			性别 Sex			交互作用 Interaction		
	均方	F 值	显著性	均方	F 值	显著性	均方	F 值	显著性
pH	0.19	40.86	* *	0.001	0.27	ns	0.002	0.36	ns
剪切力 Shearing force	43.07	275.12	* *	0.37	2.35	ns	0.02	0.11	ns
滴水损失 Drip loss	19.67	39.78	* *	0.01	0.03	ns	0.11	0.22	ns
蒸煮损失 Cooking loss	169.98	9.82	* *	33.48	1.93	ns	18.92	1.09	ns
L^* 值 L^* value	193.86	121.17	* *	0.39	0.24	ns	2.20	1.37	ns
a^* 值 a^* value	29.14	7.21	* *	2.77	0.69	ns	3.14	0.78	ns
b^* 值 b^* value	53.57	55.46	* *	0.08	0.08	ns	0.96	1.00	ns

ns 代表影响显著水平 $P>0.05$; * 代表影响显著水平 $P<0.05$; * * 代表影响显著水平 $P<0.01$ 。表 4 同

ns. $P>0.05$; *. $P<0.05$; * *. $P<0.01$. The same as Table 4

2.2 不同部位牦牛肉的加工性能

不同部位牦牛肉的加工性能品质(pH、剪切力、滴水损失以及蒸煮损失)如表 2 所示。不同部位牦牛肉之间,4 项加工性能指标均存在显著差异($P<0.05$)。冈上肌、背阔肌、臂股二头肌和半膜肌的 pH 显著高于其他部位,而腰大肌和背最长肌的 pH 则较低($P<0.05$)。对于其他部位而言,腰大肌、背阔肌、半腱肌相嫩度显著较好($P<0.05$),其剪切力均未超过 6 kg;半膜肌的剪切力超过了 10 kg,显著高于其他部位($P<0.05$)。背阔肌、半腱肌、半膜肌的滴水损失均高于 4%,显著高于其他部位($P<0.05$);其他部位牦牛肉的滴水损失都未超过 3%,其中背最长肌和臂股二头肌的滴水损失都超过了 2.5%,而冈上肌、腰大肌和臂股四头肌均未超过

各指标相关性分析采用 Pearson 相关系数,以双侧方式验证显著性。

2 结果

2.1 牦牛性别与部位因素对肉质影响的 GLM 分析

本研究中所涉及的对牦牛肉质影响的因素包括性别和部位,通过 GLM 分析可以得出各因素对肉质品质的影响,如表 1。结果发现,部位对各品质指标都有显著影响,而性别则无显著影响,交互项也都不显著,说明部位和性别两因素之间互相不互作,即牦牛肉品质在不同部位间的分布规律不会因为性别差异而有所不同。

2%,但这 5 个部位牦牛肉之间的滴水损失没有显著差异($P>0.05$)。虽然 8 个部位牦牛肉的蒸煮损失中,只有腰大肌超过了 30%。

通过分析可以发现,腰大肌、背阔肌、半腱肌具备显著更好的嫩度($P<0.05$),其中背阔肌和半腱肌具备最高的滴水损失,而腰大肌则具备最高的蒸煮损失,这 3 个部位牦牛肉的持水能力均较差,综合而言,半腱肌持水能力最差。

2.3 不同部位牦牛肉的色度

不同部位牦牛肉肉色指标如表 3 所示。CIE 色度坐标系统下, L^* 值代表亮度, a^* 值代表红色度, b^* 值代表黄色度。不同部位之间的 a^* 值没有显著差异($P>0.05$)。半腱肌的 L^* 值显著高于其他部位,其 b^* 值也显著最高($P<0.05$),同时半腱肌

的 a^* 值也是最高的,虽然未达到显著性水平,但其 P 值达到了 0.088 的水平,这说明对于 91.2% 的样

本而言,半腱肌的红色度也都是最高的。

表 2 不同部位牦牛肉加工性能

Table 2 Technological parameters of yak beef from different muscles

部位 Part	pH	剪切力/kg Shearing force	滴水损失/% Drip loss	蒸煮损失/% Cooking loss
冈上肌 SU	6.03±0.08 ^a	6.66±0.49 ^c	1.76±0.21 ^b	26.56±4.19 ^{ab}
腰大肌 PM	5.67±0.06 ^c	5.28±0.14 ^d	1.86±0.14 ^b	36.53±4.35 ^a
背阔肌 LA	5.96±0.09 ^a	5.10±0.51 ^d	4.76±0.33 ^a	26.09±4.75 ^{ab}
背最长肌 LD	5.75±0.05 ^c	7.29±0.39 ^c	2.59±0.41 ^b	26.56±2.45 ^{ab}
臂股二头肌 BF	6.06±0.08 ^a	8.84±0.13 ^b	2.87±0.41 ^b	23.08±3.96 ^b
半腱肌 ST	5.80±0.03 ^{bc}	5.48±0.50 ^d	4.90±0.43 ^a	29.10±5.22 ^{ab}
半膜肌 SM	5.95±0.07 ^a	10.86±0.23 ^a	4.18±1.69 ^a	24.35±5.14 ^b
臂股四头肌 QF	5.91±0.05 ^{ab}	8.87±0.44 ^b	1.37±0.27 ^b	26.09±2.69 ^{ab}

^{abc}. 纵向差异显著性 $P < 0.05$ 。表 3 同

^{abc}. Indicate significant difference in the same column ($P < 0.05$). The same as Table3

表 3 不同部位牦牛肉色度

Table 3 Meat colour of yak beef from different muscles

部位 Part	L * 值 L * value	a * 值 a * value	b * 值 b * value
冈上肌 SU	29.98±1.36 ^{cd}	19.27±2.80	6.63±1.32 ^c
腰大肌 PM	30.08±1.08 ^{cd}	17.51±0.90	5.08±0.13 ^c
背阔肌 LA	31.86±1.41 ^c	20.32±1.73	6.00±0.57 ^c
背最长肌 LD	36.25±1.09 ^b	19.68±2.30	8.91±0.70 ^b
臂股二头肌 BF	29.16±1.52 ^{cd}	19.24±1.41	6.03±0.72 ^c
半腱肌 ST	41.00±0.71 ^a	21.41±2.89	11.95±1.08 ^a
半膜肌 SM	29.36±1.57 ^{cd}	18.33±1.40	7.01±1.49 ^c
臂股四头肌 QF	28.28±1.29 ^d	15.90±1.51	5.09±1.08 ^c

2.4 不同部位牦牛肉品质的标准化得分评估

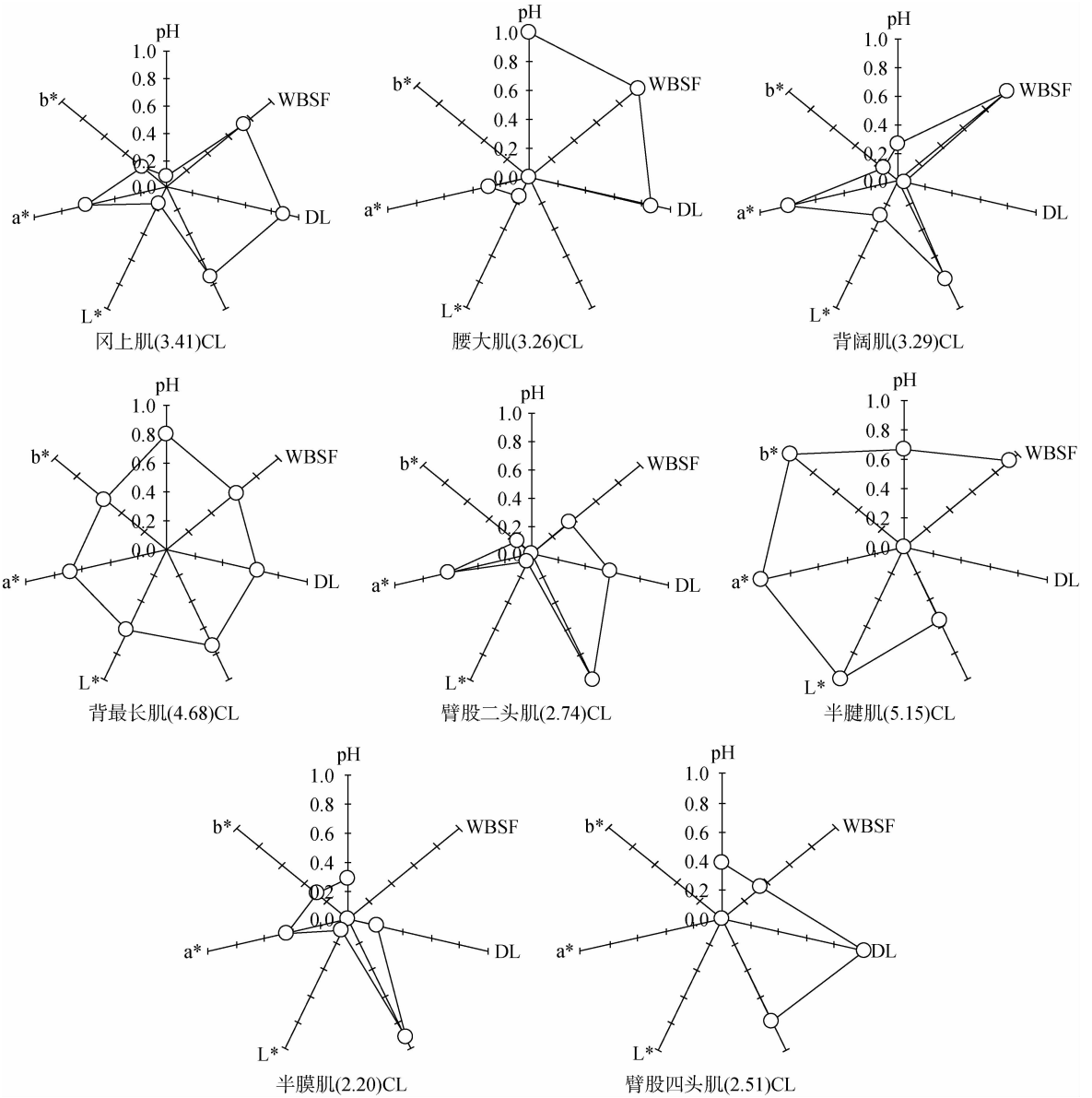
通过“0-1”标准化评分,可以直观看出每个部位牦牛肉所具备的品质特征。根据不同部位牦牛肉品质特征的标准化评分可绘制蛛网图,其结果如图 1 所示。宰后 24 h 的 pH 是牦牛宰后酸化程度的重要指标,本研究中 pH 在 5.6~6.1,冈上肌等部位 pH 近 6.0,说明对于高原牦牛肉而言 pH 总体偏高,部分部位酸化程度不够是其主要问题,因此将 pH 为数值越低品质越好的指标进行标准化评分,以判断牦牛肉酸化度是否达到一定程度。

通过标准化评分可以看出,冈上肌和背阔肌的酸化程度最低,这两者的亮度(L * 值)也都较低,同时其在剪切力和蒸煮损失方面的品质也都较好。而腰大肌的酸化程度则较高,其剪切力评分也是较好。背最长肌和半腱肌具有相似的品质特征,2 个部位的肉都具有较高的酸化程度、较嫩的质地,亮度

(L * 值)、红色度(a * 值)、黄色度(b * 值)均较高。然而,臂股二头肌、半膜肌和臂股四头肌 3 个部位肉具有相似的品质特征,酸化程度均较差,而且剪切力评分也较差,同时 3 个色度坐标评分也较低。总体来看,背最长肌和半腱肌的综合评分高于其他部位,总得分均超过了 4.5,尽管背最长肌的总得分略低于半腱肌,但其品质分布更加均匀,而总得分最高的半腱肌,其滴水损失评分最低,说明持水能力较差。

2.5 牦牛肉各品质特性之间的相关性分析

不同部位牦牛肉各品质特征之间的相关性如表 4 所示。色度的 3 个指标之间具有较高的正相关性,相关系数均超过 0.7。同时可以发现,pH 与蒸煮损失之间存在显著的负相关性,表明不同部位牦牛肉持水能力差异可能与其酸化程度有关。酸化程度越高,pH 越低,牦牛肉汁液渗出往往越严重。这与 PSE 异常肉较为类似,PSE 异常肉因为 pH 下降



WBSF为剪切力;DL为滴水损失;CL为蒸煮损失
WBSF, Shearing force;DL, Drip loss;CL, Cooking loss

图 1 不同牦牛肉品质标准化评分蛛网图

Fig. 1 Spider diagram of meat quality of yak beef from different muscles

表 4 品质特性之间的相关性分析

Table 4 Correlation analysis between various quality traits

项目 Item	pH	剪切力 Shearing force	滴水损失 Drip loss	蒸煮损失 Cooking loss	L* 值 L* value	a* 值 a* value	b* 值 b* value
pH	1						
剪切力 Shearing force	0.435	1					
滴水损失 Drip loss	0.076	-0.137	1				
蒸煮损失 Cooking loss	-0.802*	-0.629	-0.222	1			
L* 值 L* value	-0.468	-0.478	0.535	0.167	1		
a* 值 a* value	0.051	-0.457	0.730*	-0.142	0.747*	1	
b* 值 b* value	-0.275	-0.213	0.560	-0.035	0.940**	0.737*	1

过快,其表面常有大量汁液渗出,因而表面发湿。对于本研究而言,pH 较低的部位很可能因为汁液渗出较多,因而在热力作用下的重量损失较大。

3 讨 论

本研究发现牦牛的背最长肌、臀股二头肌和冈上肌具有良好的嫩度和持水能力。A. Dubost 等^[11]研究了不同部位肌肉内部结缔组织结构和组成与其肉质的关系,并指出臀股二头肌的嫩度较好可能与其结缔组织网络的发达程度较差有关,这可能也是本研究中臀股二头肌嫩度较好的原因之一。而 A. G. Bayraktaroglu 等^[12]则指出臀股二头肌较好的嫩度则可能由于胴体吊挂时该部位肌肉受到一定的拉伸作用,但本研究中臀股二头肌是在宰后 2 h 内即已取样,未经过长时间吊挂拉伸,因此牦牛臀股二头肌的较好嫩度可能来自内因(如上述的结缔组织发达程度等),而非外部的拉伸作用。

冈上肌在牛胴体前部,位于前腿与胸部的交接处。A. L. Grayson 等^[13]研究发现,在牛胴体前部的肌肉中,冈上肌嫩度最好,且其嫩度水平不受牛胴体吊挂过程中前腿位置的影响。而在 A. Chávez 等^[14]的研究中也发现,对于夏洛莱牛和婆罗门牛而言,虽然冈上肌的嫩度不是最好的,但也是所有前部胴体中仅次于冈下肌的。这与本研究的规律相似,说明对于牦牛而言,冈上肌同样是嫩度较好部位肉。

背最长肌是制作高档产品西冷牛排的重要部位来源^[15-17]。M. L. Ahnström 等^[18]研究发现,瑞典红牛的背最长肌硬度比腰大肌高,但却比半膜肌低。这个规律与本研究中牦牛部位肉嫩度分布的特点类似。K. I. Hildrum 等^[19]则发现,挪威牛背最长肌硬度高于半膜肌和臀股四头肌。这与本研究中不同部位肌肉嫩度分布规律不同。T. L. Wheeler 等^[20]发现,对于安格斯牛和海福特牛而言,背最长肌是半膜肌、臀股二头肌、臀中肌等部位肉中同等嫩度等级下剪切力值最高的。这也与牦牛肉品质分布规律有差异。国内相关研究中,牛蕾等^[10]研究发现,中国西门塔尔公牛的半腱肌品质并不好,这与本研究中所发现的高原牦牛品质分布规律并不相同。此外,关于中国黄牛的研究中,李娜等^[21]发现,云南黄牛肉的剪切力均低于 4.5 kg,部位间的嫩度变异性也较小;类似规律在关于延边黄牛的研究中也被发现^[22]。这与本研究中高原牦牛剪切力总体数值较高、部位间变异性较大的现象并不相同。以上研究

结果的差异都说明来自其他品种肉牛的部位肉品质分布规律不一定适用于牦牛肉。因此,有必要大量采集牦牛部位肉品质数据,形成适合分割牦牛肉的数据依据。

本研究发现,牦牛不同部位肉之间蒸煮损失的差异与酸度密切相关。相关研究发现,根据宰后 pH 值变化与温度变化的相互关系,可以将肉样分为不同集群,其中,宰后 pH 下降较快的集群中往往会伴随有较大的汁液渗出,从而会导致其在热加工过程中肉样损失较多水分^[23-24]。这一点可能能够解释本研究中不同部位牦牛肉之间 pH 与蒸煮损失的显著负相关性。

4 结 论

通过对青海高原牦牛冈上肌、腰大肌、背阔肌、背最长肌、臀股二头肌、半腱肌、半膜肌、臀股四头肌 8 个部位肉的品质分布规律研究。结果发现,不同部位牦牛肉之间,除了 a* 值以外,其余 6 项品质指标均存在显著差异($P < 0.05$)。腰大肌、背阔肌、半腱肌相对于其他部位嫩度显著较好($P < 0.05$),其剪切力均未超过 6 kg,而背阔肌、半腱肌、半膜肌 3 个部位的持水能力却最差,其中半腱肌具备了最高的亮度和黄色度(L* 值和 a* 值)。通过标准化分析可以发现,背最长肌和半腱肌具有相似的品质特征;而臀股二头肌、半膜肌和臀股四头肌则具有相似品质特征。相关性分析发现,pH 与蒸煮损失之间存在显著的负相关。结果表明,部位因素对牦牛肉品质有显著影响,其中持水能力差异可归因于酸化程度不同。

参考文献(References):

- [1] YIN R H, BAI W L, WANG J M, et al. Development of an assay for rapid identification of meat from yak and cattle using polymerase chain reaction technique [J]. *Meat Sci*, 2009, 83(1): 38-44.
- [2] WANG Q, ZHAO X, REN Y, et al. Effects of high pressure treatment and temperature on lipid oxidation and fatty acid composition of yak (*Poephagus grunniens*) body fat [J]. *Meat Sci*, 2013, 94(4): 489-494.
- [3] LINDAHL G. Colour stability of steaks from large beef cuts aged under vacuum or high oxygen modified atmosphere [J]. *Meat Sci*, 2011, 87(4): 428-435.
- [4] PAVAN E, DUCKETT S K. Fatty acid composition and interrelationships among eight retail cuts of

- grass-feed beef[J]. *Meat Sci*, 2013,93(3):371-377.
- [5] DESIMONE T L, ACHESON R A, WOERNER D R, et al. Nutrient analysis of the beef alternative merchandising cuts[J]. *Meat Sci*, 2013,93(3):733-745.
- [6] DE MARCHI M, PENASA M, CECCHINATO A, et al. The relevance of different near infrared technologies and sample treatments for predicting meat quality traits in commercial beef cuts[J]. *Meat Sci*, 2013,93(2):329-335.
- [7] HUNT M R, GARMYN A J, O'QUINN T G, et al. Consumer assessment of beef palatability from four beef muscles from USDA choice and select graded carcasses[J]. *Meat Sci*, 2014,98(1):1-8.
- [8] ANDERSON M J, LONERGAN S M, FEDLER C A, et al. Profile of biochemical traits influencing tenderness of muscles from the beef round[J]. *Meat Sci*, 2012,91(3):247-254.
- [9] MODZELEWSKA-KAPITUŁA 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 Sci*, 2012,91(2):195-202.
- [10] 牛 蕾, 张志胜, 李海鹏, 等. 中国西门塔尔牛不同部位肉品质评定[J]. 中国畜牧兽医, 2011,38(3):217-220. NIU L, ZHANG Z S, LI H P, et al. Quality valuation of the different sites of simmental cattle[J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2011,38(3):217-220. (in Chinese)
- [11] DUBOST A, MICOL D, PICARD B, et al. Structural and biochemical characteristics of bovine intramuscular connective tissue and beef quality[J]. *Meat Sci*, 2013,95(3):555-561.
- [12] BAYRAKTAROGLU A G, KAHRAMAN T. Effect of muscle stretching on meat quality of biceps femoris from beef[J]. *Meat Sci*, 2011,88(3):580-583.
- [13] GRAYSON A L, LAWRENCE T E. Alternative prerigor foreshank positioning can improve beef shoulder muscle tenderness[J]. *Meat Sci*, 2013,95(1):36-41.
- [14] CHÁVEZ A, PÉREZ E, RUBIO M S, et al. Chemical composition and cooking properties of beef forequarter muscles of Mexican cattle from different genotypes[J]. *Meat Sci*, 2012,91(2):160-164.
- [15] KUKOWSKI A C, MADDOCK R J, WULF D M, et al. Evaluating consumer acceptability and willingness to pay for various beef chuck muscles[J]. *J Anim Sci*, 2005,83(11):2605-2610.
- [16] LEPPER-BLILIE A N, BERG E P, GERMOLUS A J, et al. Consumer evaluation of palatability characteristics of a beef value-added cut compared to common retail cuts[J]. *Meat Sci*, 2014,96(1):419-422.
- [17] LARSEN A B, HVIID M S, JØRGENSEN M E, et al. Vision-based method for tracking meat cuts in slaughterhouses[J]. *Meat Sci*, 2014,96(1):366-372.
- [18] 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 Sci*, 2012,90(3):528-535.
- [19] HILDRUM K I, RØDBOTTEN R, HØY M, et al. Classification of different bovine muscles according to sensory characteristics and Warner Bratzler shear force[J]. *Meat Sci*, 2009,83(2):302-307.
- [20] WHEELER T L, SHACKELFORD S D, KOOHMA-RAIE M. Relationship of beef longissimus tenderness classes to tenderness of gluteus medius, semimembranosus, and biceps femoris[J]. *J Anim Sci*, 2000,78(11):2856-2861.
- [21] 李 娜, 张志胜, 李海鹏, 等. 云南黄牛育肥后不同部位肉食用品质比较[J]. 食品工业科技, 2014, DOI: CNKI:11.1759.TS.20140702.1631.023. LI N, ZHANG Z S, LI H P, et al. Comparison of the eating quality in different cuts of Yunnan fatten yellow cattle[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, DOI: CNKI: 11.1759. TS. 20140702. 1631.023. (in Chinese)
- [22] 刘笑笑. 延边黄牛不同部位牛肉品质的比较研究[D]. 吉林: 延边大学, 2011:26-28. LIU X X. Research on the different position beef quality of Yanbian Yellow cattle[D]. Jilin: Yanbian University, 2011:26-28. (in Chinese)
- [23] VAN DE VEN R J, PEARCE K L, HOPKINS D L. Modelling the decline of pH in muscles of lamb carcasses[J]. *Meat Sci*, 2013,93(1):79-84.
- [24] VAN DE VEN R J, PEARCE K L, HOPKINS D L. Post-mortem modelling of pH and temperature in related lamb carcasses[J]. *Meat Sci*, 2014,96(2):1034-1039.