

不同部位牦牛肉品质比较分析

徐焕¹, 郝力壮^{1*}, 刘书杰¹, 牛建章¹, 张晓卫¹, 多吉欧珠²

(1. 青海大学, 青海省高原放牧家畜动物营养与饲料科学重点实验室, 省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室, 青海高原牦牛研究中心, 畜牧兽医科学院, 青海 西宁 810016; 2. 西藏自治区日喀则市亚东县农牧综合服务中心, 西藏 日喀则 857600)

摘要:以 18 头舍饲育肥牦牛的背阔肌、臂三头肌、腰大肌、背最长肌、臀股二头肌、半腱肌 6 个部位的肌肉为研究对象, 分别对其常规营养成分、矿物质元素及食用品质进行分析, 研究牦牛不同肌肉部位的营养品质和食用品质之间的差异。研究表明: 常规营养成分中, 各部位除蛋白不存在显著性差异外 ($P>0.05$), 其它指标均存在差异显著 ($P<0.05$), 其中背阔肌的脂肪含量显著高于其它部位 ($P<0.05$); 从矿物质元素来看, 背阔肌的 Ca、Na 含量较其它部位高, 半腱肌的 K、Mg 含量较高, 臂三头肌的微量元素含量较丰富; 从肉的食用品质上来看, 腰大肌及背最长肌嫩度较好, 臀股二头肌和背最长肌的持水力较其它部位强。结果表明, 不同部位的肌肉在营养品质和食用品质方面均存在很大差异, 综合看来, 背最长肌的肉质较好, 其次为臀股二头肌, 为今后肉块分割增值技术及等级评价体系的建立提供依据。

关键词: 牦牛肉; 不同部位; 营养成分; 矿物质; 食用品质

Comparison Analysis of Yak Meat Quality in Different Parts of Muscles

XU Huan¹, HAO Li-zhuang^{1*}, LIU Shu-jie¹, NIU Jian-zhang¹, ZHANG Xiao-wei¹, Duo Ji Ou Zhu²

(1. Qinghai University, Key Laboratory of Plateau Grazing Animal Nutrition and Feed Science of Qinghai Province, State Key Laboratory of Plateau Ecology and Agriculture, Qinghai Plateau Yak Research Center, Academy of Science and Veterinary Medicine, Xining 810016, Qinghai, China; 2. Tibet Autonomous Region Prefecture, Agriculture and Animal Husbandry Comprehensive Service Center of Yadong County, Xigaze 857600, Tibet, China)

Abstract: Taking the muscles of six parts of latissimus dorsi, triceps brachii, psoas major, longissimus dorsi, biceps gluteus femoris and semitendinosus of 18 fattening yaks as the research objects, the routine nutritional components, mineral elements and eating quality of the muscles in different parts of yaks were analyzed, and the differences between different quality of the muscles were studied. The results showed that there was no significant difference in protein ($P>0.05$), while the other indexes were significant difference, the fat content of latissimus dorsi was significantly higher than that of other parts ($P<0.05$). From the perspective of mineral elements, the Ca and Na content of latissimus dorsi was higher than that of other parts, the K and Mg content of semitendinosus was higher, while the microelement of triceps brachii was higher. In terms of meat eating quality, the tenderness of psoas major and longissimus dorsi was better, and the water holding capacity of biceps gluteus femoris and longissimus dorsi was stronger than that of other parts. The results showed that there were great differences in the nutritional quality, processing and eating quality of different parts of muscles. And the quality of the longissimus dorsi was better, followed by the biceps gluteus femoris, which provided the basis for the future value-added technology of meat segmentation and the establishment of grading evaluation system.

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YFD0500504); 国家自然科学基金项目 (31660673); 国家重点基础研究发展计划 (973 前期项目) (2012CB722906)

作者简介: 徐焕 (1995—), 女 (汉), 在读硕士, 研究方向: 反刍动物营养与生产。

*通信作者: 郝力壮, 男, 副研究员, 博士。

Key words: yak meat; different parts of muscles; nutritional components; mineral elements; eating quality

引文格式:

徐焕,郝力壮,刘书杰,等.不同部位牦牛肉品质比较分析[J].食品研究与开发,2021,42(9):31-36.

XU Huan, HAO Lizhuang, LIU Shujie, et al. Comparison Analysis of Yak Meat Quality in Different Parts of Muscles[J]. Food Research and Development, 2021, 42(9): 31-36.

牦牛主要生活在青藏高原及其毗邻地区,经过长期驯化成为一种耐低温、抗低氧且放牧性能较好的集肉、乳、役用为一体的牛种^[1]。牦牛肉作为一种有机天然的绿色食品,在市场上受到越来越多人的喜爱^[2]。由于传统放牧饲养模式低效,且随着社会经济的发展,人们生活水平的提高,人们对健康、优质牛肉的追求越来越高,因而对牦牛进行育肥已成为一种必要的趋势^[3]。影响牛肉品质的因素有很多,其中营养成分是一个很大的影响因素^[4]。为了满足市场,改善牦牛的生长环境,加快出栏,牦牛的饲养模式从传统的放牧养殖向舍饲育肥养殖过渡^[5-6]。目前国内的研究者对黄牛等其它肉牛的肉品质及放牧牦牛的肉品质进行了广泛的研究^[7-9],而对于育肥牦牛不同部位肌肉品质差异的详细研究尚未见报道。程婷婷等^[10]对新疆褐牛肩肉、辣椒条等10个不同分割部位肉块的营养成分、肉色、pH值等肉品质进行了比较研究,结果显示,不同部位分割肉块间的蛋白质、脂肪、水分、蒸煮损失、剪切力、pH值和肉色均存在差异。李升升等^[11]研究放牧条件下牦牛的里脊、辣椒条、前腱、眼肉等17个部位肉色、蒸煮损失、加压失水率、剪切力等肉品质的差异,结果表明不同牦牛部位肉的品质指标均存在显著性差异($P < 0.05$)。要通过育肥牦牛分割增值技术,实现差异化市场营销,建立牦牛肉等级评价体系的前提是必须了解不同部位牦牛肉肉质特征。本文主要对育肥的牦牛不同部位牦牛肉品质进行详细研究,旨在探索育肥牦牛的肉品质,为不同部位肉块的加工和品质改进提供依据,为建立牦牛肉等级评价体系提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验动物的饲养管理:选取3.5岁体况相近、健康发育的大通牦牛(去势公牛)60头,于大通县丰聚养殖场进行为期5个月的舍饲育肥,从3.5岁左右开始在大通丰聚种牛养殖专业合作社牦牛育肥场集中饲养。日粮配方参照《牦牛营养研究论文集》和《肉牛饲养标准》按日增重600g配制,每天8:00和18:00饲喂两

次,自由采食全混合日粮(total mixed ration, TMR), TMR混合日粮粗料和精料比例为3:7,粗料组成及占比:小麦秸秆(9.9%)、玉米青贮(20.1%);精料组成及占比:玉米(35%)、大豆(10.5%)、菜籽饼(7%)、燕麦(7%)、麦麸(7%)、预混料(3.5%)。自由饮水。共饲喂5个月(2018-11-10~2019-04-10),试验结束后称重并屠宰。TMR日粮营养成分含量见表1。

表1 TMR日粮营养成分含量
Table 1 Dietary nutrient content of TMR

营养成分	含量	营养成分	含量
干物质	79.77%	中性洗涤纤维	36.05%
有机物质	73.88%	Ca	1.87%
灰分	6.39%	P	0.44%
粗蛋白	15.95%	总能	16.41 MJ/kg
粗脂肪	2.83%	代谢能	9.67 MJ/kg
酸性洗涤纤维	12.15%		

肉样采集:在青海省大通县丰聚养殖场选取舍饲育肥后体况相近、健康发育的4岁左右的公牦牛18头,平均体重为 (164.58 ± 3.11) kg,于青海裕泰畜产品有限公司进行屠宰,宰后采取牦牛胴体背阔肌、臀三头肌、腰大肌、背最长肌、臀股二头肌、半腱肌各约1 kg,简单去除表面脂肪、结缔组织、污血等杂物,使用真空包装袋进行包装,置于冷藏箱($0^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$)内带回实验室,在 $0^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$ 的温度下排酸5 d,样品放置于 -18°C 的冰箱中保存备用。

常量元素校准混标、多元素校准标准样品:安捷伦科技有限公司;盐酸、硫酸、硼酸、氧化镁、硫酸铜、硫酸钾、无水乙醚等(均为分析纯);国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

冰箱(BC/BD-629HL):Haier公司;电子天平(ME104E):梅特勒-托利多仪器有限公司;凯氏定氮仪(Kjeltec 2100):瑞士FOSS公司;电感耦合等离子发射光谱仪(4100 MP-AES):安捷伦科技有限公司;便携式pH测定仪(HI 99163N):意大利HANNA;色差计(WSC-S):上海仪电物理光学仪器有限公司;食品物

性分析仪(质构仪)(FTC-TMS-PRO):北京盈盛恒泰有限公司;组织捣碎机(LB20ES):美国 Waring 公司;电热炉(DK-98-ID):天津市泰斯特仪器有限公司;烘箱(BPG-9056A):上海一恒科学仪器有限公司;数显恒温水浴锅(HH-6):国华电器有限公司;超纯水系统(IQ-7000):法国 MERCK 公司。

1.3 方法

1.3.1 常规营养成分测定

水分、灰分、脂肪、蛋白质分别按照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》、GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》、GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》、GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》进行测定。

1.3.2 矿物质元素的测定

不同部位肉块中矿物质含量按照 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》进行测定。

1.3.3 pH 值测定

分别在宰后 45 min 及宰后 24 h 用便携式 pH 测定仪测定不同部位肌肉的 pH 值;每个部位测定 3 次,取平均值。

1.3.4 肉色的测定

沿垂直于肌纤维方向切取肉样的新鲜切面,在空气中氧合 30 min 后,用校正过的 WSC-S 色差计测定切面的色度值 L^* 、 a^* 和 b^* ,取 3 次测定的平均值。

1.3.5 剪切力

用 1.27 cm 的圆形取样器沿与肌纤维平行的方向钻取肉样,孔样长度不少于 2.5 cm,选择燕尾型探头,用 TMS-PRO 食品物性分析仪测定每个肉样的剪切力值(N),每个样品重复测定 3 次,取平均值。

1.3.6 大理石花纹评分

将牛肉样品在室内自然光下进行大理石花纹评价,大理石纹标准图谱见表 2,对照 5 分制美式大理石纹图谱进行感官目测评分,每个样品评分两次取平均值。

表 2 大理石纹标准

Table 2 Standard of marbled grain

评分	评价标准
1 分	无大理石花纹
2 分	大理石花纹不明显
3 分	有大理石花纹,但不突出
4 分	大理石花纹较明显
5 分	肌间脂肪适当,大理石花纹明显

注:两极间允许评 0.5 分。

1.3.7 蒸煮损失

修整去除肉块表面的脂肪和结缔组织,称量记为 G_1 ,80℃恒温水浴加热。用数显温度计记录加热过程中肉块的中心温度,当中心温度达到 75℃时,取出流水冷却至室温(18℃左右),再次称量记为 G_2 ,通过蒸煮损失计算公式进行计算。

$$\text{蒸煮损失}/\% = (G_1 - G_2) / G_1 \times 100$$

式中: G_1 为蒸煮前样品质量,g; G_2 为蒸煮后样品质量,g。

1.3.8 加压失水率

采用加压滤纸法,用取样器截取面积 5 cm²,厚 1 cm 的肉样,称重记为 G_3 ,将肉样置于 2 层医用纱布之间,上下各垫 18 层滤纸,置于食品物性分析仪上,选择 5 cm 圆形探头,使其匀速加压至 35 kg,保持 5 min,撤除压力后立即称重记为 G_4 ,每个处理重复测定 3 次,通过加压损失计算公式进行计算。

$$\text{加压失水率}/\% = (G_3 - G_4) / G_3 \times 100$$

式中: G_3 为加压前样品质量,g; G_4 为加压后样品质量,g。

1.4 数据处理及分析

试验数据采用 Excel 2016 进行数据整理,用 SPSS 19.0 统计分析软件对数据进行单因素方差分析,采用最小显著性差异法及 Duncan 法进行多重比较 ($N=18$),结果均以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 不同部位牦牛肉常规营养成分结果分析

肉的常规营养成分主要包括水分、脂肪、蛋白质、灰分等,对肉的营养及食用价值有决定性作用。水分含量与肉的加工品质及储藏有重要的影响;灰分在肉中的含量虽然较少,但却反映了肉中矿物质的沉积情况;蛋白质和脂肪的含量影响着肉的营养价值,此外,脂肪含量与肉的风味也密切相关^[12]。牦牛肉具有蛋白质高、脂肪低,且氨基酸、脂肪酸含量丰富且比例适宜的特性,满足当今人们对健康食品的要求^[13]。牦牛不同部位肌肉常规营养成分的结果见表 3。

由表 3 可知,6 个不同肌肉部位的水分含量均在 72%~75%,背阔肌的水分含量为 72.96%,显著低于其它 5 个部位 ($P<0.05$);6 个部位的灰分含量均在 1.0%左右;背阔肌的脂肪含量显著高于其它 5 个部位 ($P<0.05$),其次分别是腰大肌和背最长肌,脂肪含量最低的为臀股二头肌,仅为 1.25%。此外,6 个部位的蛋白质含量均在 21%左右,且不存在显著性差异 ($P>0.05$)。

表3 不同部位肌肉常规营养成分

Table 3 Conventional nutrients in different parts

%

肌肉部位	水分	干物质	灰分	脂肪	蛋白质
背阔肌	72.96±0.78 ^c	27.04±0.78 ^a	1.12±0.05 ^{bc}	3.54±0.61 ^a	20.86±0.58 ^a
臂三头肌	73.47±0.43 ^{ab}	26.53±0.43 ^{bc}	1.14±0.03 ^a	1.85±0.37 ^{cd}	20.77±0.36 ^a
腰大肌	73.63±0.66 ^{ab}	26.37±0.66 ^{bc}	1.07±0.03 ^d	2.89±0.47 ^b	20.67±0.55 ^a
背最长肌	73.15±0.72 ^b	26.85±0.72 ^b	1.08±0.03 ^{cd}	2.14±0.68 ^c	22.14±0.54 ^a
臀股二头肌	74.27±0.70 ^a	25.73±0.70 ^c	1.12±0.03 ^{ab}	1.25±0.33 ^d	21.27±0.49 ^a
半腱肌	74.13±0.71 ^a	25.87±0.71 ^c	1.08±0.05 ^{cd}	1.70±0.40 ^{cd}	21.59±0.50 ^a

注:同列肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 不同部位牦牛肉矿物质元素含量结果分析

矿物质是指一些无机盐类和元素,根据人体的需要量主要分为常量元素和微量元素两大类。许多矿物质元素对肉质有着重要的影响。比如,铁和铜对肉质的影响主要在两个过程:铁铜组成的酶的抗氧化过程和铁铜催化脂肪氧化过程^[14];钙是肌肉收缩和肌原纤维降解酶系的激活剂,对肉的嫩度影响较大。研究表明,钙在宰后牦牛肉的成熟过程中具有重要的作用,且用氯化钙对牛肉进行处理,能够显著改善牛肉的嫩度^[15-16]。镁作为重要的辅酶,参与多种代谢反应。能够通过抑制屠宰前应激所导致的糖原分解反应来改善肉质,且镁含量高低可对肌肉的pH值产生影响^[17]。锌对肉品质产生的作用相对较弱,但作为动物生命活动所必需的元素,锌能够增强人体免疫力、预防疾病。

本文测定牦牛不同肌肉部位中的常量元素(Ca、K、Mg、Na)和微量元素(Fe、Cu、Zn、Mn),结果见表4、表5。

表4 不同部位肌肉常量元素含量

Table 4 Contents of constant elements in different parts

mg/100 g

肌肉部位	Ca	K	Mg	Na
背阔肌	7.64±0.81 ^a	255.17±16.56 ^d	33.54±4.47 ^{bc}	91.64±8.36 ^a
臂三头肌	6.77±1.13 ^{ab}	232.08±6.92 ^c	35.87±2.82 ^{ab}	80.49±6.39 ^b
腰大肌	6.30±1.16 ^{bc}	286.45±14.76 ^c	32.02±3.83 ^c	75.68±8.68 ^{bc}
背最长肌	6.83±0.68 ^{ab}	296.97±18.16 ^c	36.13±3.07 ^{ab}	73.37±8.89 ^c
臀股二头肌	5.35±0.80 ^d	308.68±18.84 ^b	38.18±2.54 ^a	64.51±5.90 ^d
半腱肌	5.41±0.88 ^{cd}	325.07±13.91 ^a	37.72±2.73 ^a	77.13±6.07 ^{bc}

注:同列肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

由表4、表5可知,就常量元素而言,背阔肌的Ca、Na元素含量较为丰富,显著高于腰大肌、臀股二头肌和半腱肌($P<0.05$);半腱肌的K、Mg元素含量较丰富,其中,K含量显著高于其它5个部位($P<0.05$),高达325.07 mg/100 g,臂三头肌为6个部位中K含量最低的部位,为232.08 mg/100 g,显著低于另5个部位($P<0.05$)。在微量元素上,臂三头肌的微量元素含量较

表5 不同部位肌肉微量元素含量

Table 5 Contents of trace elements in different parts

mg/100 g

肌肉部位	Zn	Fe	Cu	Mn
背阔肌	3.38±0.40 ^{cd}	2.89±0.31 ^{bc}	0.15±0.03 ^b	0.06±0.03 ^a
臂三头肌	4.68±0.34 ^a	3.70±0.52 ^a	0.18±0.03 ^a	0.03±0.02 ^a
腰大肌	3.10±0.38 ^d	3.50±0.38 ^a	0.11±0.05 ^{cd}	0.05±0.02 ^a
背最长肌	4.52±0.52 ^a	3.34±0.69 ^{ab}	0.12±0.03 ^c	0.05±0.02 ^a
臀股二头肌	3.59±0.46 ^c	3.47±0.64 ^a	0.09±0.02 ^d	0.05±0.02 ^a
半腱肌	3.92±0.48 ^b	3.04±0.50 ^{bc}	0.04±0.02 ^e	0.04±0.02 ^a

注:同列肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

高,其中Zn、Fe、Cu含量为6个部位中最高,分别为4.68、3.70、0.18 mg/100 g,腰大肌的Zn含量最低,背阔肌的Fe含量最低,而半腱肌的Cu含量显著低于其它部位($P<0.05$);此外,6个部位的Mn含量不存在显著性差异($P>0.05$)。

2.3 不同部位牦牛肉食用品质结果分析

肉的食用、加工品质相互渗透。其中,Bouton等^[18]和Purchas等^[19]的研究先后发现肉的最终pH值和肉的持水力和嫩度联系紧密。目前,许多国家建立起来的牛肉等级评价体系均是以肉的食用品质为基础^[20-22]。且国内外已有不少研究是关于其它肉牛品种不同部位食用品质的。Anderson等^[23]发现臀中肌与背最长肌的感官生化特性相似,肉质相对接近,且在宰后24 h后,半膜肌的pH值显著低于背最长肌($P<0.05$);Hunt等^[24]通过消费者评价,也得出了臀中肌与背最长肌肉质相似的结论。

育肥牦牛不同部位肌肉的食用品质如表6所示。

由表6可知,宰后45 min,腰大肌和半腱肌的pH值显著低于其它4个部位($P<0.05$),宰后24 h的pH值中,背阔肌、臂三头肌、腰大肌显著高于另3个部位($P<0.05$)。肉色指标的 L^* 、 a^* 、 b^* 值分别代表了肉的亮度值、红度值和黄度值。试验结果表明:半腱肌的 L^* 值与臂三头肌、腰大肌和臀股二头肌间存在显著性差异($P<0.05$),臀股二头肌的 a^* 值和 b^* 值较低,其中 b^* 值

表6 不同部位肌肉食用品质的比较

Table 6 Comparison of food quality in different parts

肌肉部位	pH _{45min}	pH _{24h}	L*	a*	b*	剪切力/N	大理石花纹评分	蒸煮损失/%	加压失水率/%
背阔肌	6.78±0.17 ^a	5.52±0.07 ^a	30.30±2.58 ^b	14.61±1.83 ^a	15.16±2.21 ^a	52.57±3.53 ^a	1.94±0.43 ^{ab}	30.24±1.55 ^a	34.58±2.14 ^a
臂三头肌	6.84±0.22 ^a	5.55±0.15 ^a	26.97±3.01 ^c	11.42±2.00 ^{cd}	14.52±1.92 ^a	52.41±5.44 ^a	1.86±0.28 ^a	34.55±2.00 ^a	33.48±1.62 ^{ab}
腰大肌	6.41±0.18 ^c	5.51±0.09 ^a	27.79±2.87 ^c	11.04±1.59 ^{cd}	13.68±1.71 ^a	31.27±5.55 ^c	3.42±0.24 ^a	33.09±2.20 ^b	33.12±1.75 ^b
背最长肌	6.85±0.16 ^a	5.43±0.10 ^b	30.81±1.64 ^b	11.92±2.24 ^c	14.90±1.34 ^a	25.59±3.92 ^d	3.93±0.38 ^b	25.42±1.77 ^c	27.82±2.44 ^c
臀股二头肌	6.78±0.15 ^a	5.39±0.08 ^b	28.12±3.86 ^c	10.26±2.03 ^d	11.40±2.07 ^b	44.78±4.46 ^b	3.06±0.38 ^c	26.88±2.12 ^d	26.23±2.46 ^d
半腱肌	6.63±0.15 ^b	5.37±0.04 ^b	32.64±3.40 ^{ab}	13.21±1.58 ^b	15.15±2.99 ^a	43.77±2.71 ^b	2.14±0.45 ^d	32.00±2.36 ^b	34.22±2.11 ^a

注: 同列肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

显著低于其它部位 ($P<0.05$)。大理石花纹评分主要针对的是肉的肌内脂肪, 育肥牦牛不同部位的剪切力值表明, 大理石花纹评分与剪切力密切相关, 其中, 大理石花纹评分越高, 剪切力值越低, 也就表明肉的嫩度越好^[25]。背阔肌和臂三头肌的剪切力显著高于其它部位 ($P<0.05$), 而背最长肌的剪切力最低, 低至 25.59 N。蒸煮损失和加压失水率主要突出的是肉的持水力, 试验结果表明, 背最长肌和臀股二头肌的蒸煮损失率和加压失水率显著低于其它部位 ($P<0.05$), 表明这两个部位的持水力良好。

3 结论

通过对舍饲育肥牦牛背阔肌、臂三头肌、腰大肌、背最长肌、臀股二头肌、半腱肌 6 个部位的营养指标和理化指标的研究, 结果显示, 不同部位牦牛肉之间除蛋白质含量、Mn 元素含量以外, 其它指标均存在显著性差异 ($P<0.05$)。腰大肌和背最长肌的嫩度较好, 臀股二头肌和半腱肌的嫩度其次, 背最长肌和臀股二头肌的持水力最好。结果表明, 部位是影响牦牛肉品质的重要因素, 臀股二头肌和背最长肌具有相似的肉质特性, 可在今后的生产加工中提高其食用和经济价值。

参考文献:

- [1] 姬秋梅. 中国牦牛品种资源的研究进展[J]. 自然资源学报, 2001(6): 564-570.
- [2] JI Qiumei. Advances in research of yak resources in China[J]. Journal of Natural Resources, 2001(6): 564-570.
- [3] JUÁREZ M, LÓPEZ CAMPOS Ó, PRIETO N, et al. Carcass characteristics and meat quality of *Bison*, buffalo, and yak[M]. More than beef, pork and chicken—the production, processing, and quality traits of other sources of meat for human diet. Cham: Springer International Publishing, 2019: 95-117.
- [4] MUCHENJE V, DZAMA K, CHIMONYO M, et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review[J]. Food Chemistry, 2009, 112(2): 279-289.

- [4] ODDY V H, HARPER G S, GREENWOOD P L, et al. Nutritional and developmental effects on the intrinsic properties of muscles as they relate to the eating quality of beef[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2001, 41(7): 921-942.
- [5] 王鸿泽. 日粮能量水平对舍饲育肥牦牛生产性能、瘤胃发酵及肌肉脂肪代谢的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2015.
- WANG Hongze. Effects of dietary energy concentration on performance, rumen fermentation and intramuscular fat metabolism in yaks fed indoors[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2015.
- [6] 祁红霞, 石红梅, 杨勤, 等. 草原牧区牦牛舍饲育肥试验[J]. 中国牛业科学, 2015, 41(6): 46-48.
- QI Hongxia, SHI Hongmei, YANG qin, et al. Feeding and fattening experiment of prairie areas yak barn[J]. China Cattle Science, 2015, 41(6): 46-48.
- [7] 郝婉名, 祝超智, 赵改名, 等. 西门塔尔杂交牛不同部位肉间的差异性[J]. 肉类研究, 2019, 33(1): 14-18.
- HAO Wanming, ZHU Chaozhi, ZHAO Gaiming, et al. Differences in meat quality among different parts of crossbred simmental cattle[J]. Meat Research, 2019, 33(1): 14-18.
- [8] 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 Lei, ZHANG Zhisheng, LI Haipeng, et al. Quality valuation of the different sites of simmental cattle[J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2011, 38(3): 217-220.
- [9] 周恒量. 九龙牦牛不同部位肉品质对比研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2016.
- ZHOU Hengliang. Comparative study on meat quality of different positions of Jiulong yak[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2016.
- [10] 程婷婷, 张文洁, 王欢, 等. 新疆褐牛不同部位分割肉块品质差异研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(21): 354-357.
- CHENG Tingting, ZHANG Wenjie, WANG Huan, et al. Distinction of beef quality in different cutting beef of Xinjiang brown cattle[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(21): 354-357.
- [11] 李升升, 靳义超. 基于主成分和聚类分析的牦牛部位肉品质评价[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(2): 159-164.
- LI Shengsheng, JIN Yichao. Evaluation of different cuts of the yak meats based on principal component and hierarchical cluster analysis[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2018, 37(2): 159-164.

- [12] LARICK D K, TURNER B E. Flavor characteristics of forage and grain-fed beef as influenced by phospholipid and fatty acid compositional differences[J]. *Journal of Food Science*, 1990, 55(2): 312-317.
- [13] 拜彬强,郝力壮,柴沙驼,等. 牦牛肉品质特性研究进展[J]. *食品科学*, 2014, 35(17): 290-296.
BAI Binqiang,HAO Lizhuang,CHAI Shatuo, et al. Progress in understanding meat quality characteristics of yak[J]. *Food Science*, 2014, 35(17): 290-296.
- [14] 曹满湖,陈清华. 维生素和矿物质对猪肉品质的影响[J]. *肉类研究*, 2007, 21(8): 46-49.
CAO Manhu,CHEN Qinghua. The effect of vitamins and minerals on pork quality[J]. *Meat Research*, 2007, 21(8): 46-49.
- [15] 刘佳东. 宰后牦牛肉成熟机理及肉用品质变化研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2011.
LIU Jiadong. Research on yak meat maturation mechanism and meat quality after slaughter[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2011.
- [16] 邱燕,崔薇,陈韬. 氯化钙处理对牛肉嫩化的研究进展[J]. *肉类研究*, 2009, 23(2): 10-13.
QIU Yan,CUI Wei,CHEN Tao. Research progress on the calcium chloride treatment to tenderize beef[J]. *Meat Research*, 2009, 23(2): 10-13.
- [17] BASS P D, T E E L, BELK K E, et al. Effects of sex and short-term magnesium supplementation on stress responses and longissimus muscle quality characteristics of crossbred cattle[J]. *Journal of Animal Science*, 2010, 88(1): 349-360.
- [18] BOUTON P E, HARRIS P V, SHORTHORSE W R. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton[J]. *Journal of Food Science*, 1971, 36(3): 435-439.
- [19] PURCHAS R W, AUNGUPAKORN R. Further investigations into the relationship between ultimate pH and tenderness for beef samples from bulls and steers[J]. *Meat Science*, 1993, 34(2): 163-178.
- [20] VERBEKE W, VAN WEZEMAEL L, DE BARCELLOS M D, et al. European beef consumers' interest in a beef eating-quality guarantee: Insights from a qualitative study in four EU countries[J]. *Appetite*, 2010, 54(2): 289-296.
- [21] LEGAKO J F, BROOKS J C, O'QUINN T G, et al. Consumer palatability scores and volatile beef flavor compounds of five USDA quality grades and four muscles[J]. *Meat Science*, 2015, 100: 291-300.
- [22] PROST E, PEŁCZYŃSKA E, KOTULA A W. Quality characteristics of bovine meat. II. beef tenderness in relation to individual muscles, age and sex of animals and carcass quality grade[J]. *Journal of Animal Science*, 1975, 41(2): 541-547.
- [23] 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 Science*, 2012, 91(3): 247-254.
- [24] 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 Science*, 2014, 98(1): 1-8.
- [25] RAMSBOTTOM J M, STRANDINE E J. Comparative tenderness and identification of muscles in wholesale beef cuts[J]. *Journal of Food Science*, 1948, 13(4): 315-330.

加工编辑:姚骏
收稿日期:2019-12-18