

苏尼特羊肉肌纤维特性与肉质相关性研究

苏琳¹, 辛雪¹, 刘树军², 林在琼¹, 马晓冰¹, 华晓青¹, 靳焱^{1,*}

(1. 内蒙古农业大学食品科学与工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018;

2. 乌拉特中旗农区畜牧业专项推进办公室, 内蒙古 乌拉特中旗 015300)

摘要: 以6月龄苏尼特羊(6只)的股二头肌为实验材料, 同时以同月龄的巴美肉羊(10只)、小尾寒羊(10只)为对照, 用ATP酶(ATPase)组织化学法染色, 对比其肌纤维密度、不同类型肌纤维的数量比例和面积比例、单根肌纤维直径及肌纤维横截面积, 并分析了苏尼特羊肌肉组织学特性与肉品质之间的相关关系, 揭示了苏尼特羊的肉质特性。结果表明: 3个品种的股二头肌中II B型肌纤维比例均为最多; 苏尼特羊I型肌纤维的数量比例、面积比例和肌纤维直径均显著小于巴美肉羊($P < 0.05$), 横截面积显著小于巴美肉羊和小尾寒羊($P < 0.05$); 苏尼特羊II A型肌纤维面积比例显著小于巴美肉羊和小尾寒羊($P < 0.05$); II B型肌纤维横截面积显著小于小尾寒羊($P < 0.05$)。苏尼特羊股二头肌的肌纤维密度与粗脂肪含量呈显著正相关, 与剪切力呈负相关, II B型肌纤维数量比例与极限pH值显著负相关($P < 0.05$)。

关键词: 苏尼特羊; 肌纤维特性; 肉品质

Relationship between Muscle Fiber Characteristics and Meat Quality Traits of Sunit Sheep

SU Lin¹, XIN Xue¹, LIU Shu-jun², LIN Zai-qiong¹, MA Xiao-bing¹, HUA Xiao-qing¹, JIN Ye^{1,*}

(1. College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;

2. Animal Husbandry Special-Purpose Facilitation Office, Wulate Middle Banner 015300, China)

Abstract: The objective of this study was to characterize the profile of muscle fibres from the same muscle (*biceps femoris*, BF) among different breeds (Sunit sheep, Bamei sheep and Small Tail Han sheep) by histochemical analysis. Six Sunit sheep, ten Bamei sheep and ten Small Tail Han sheep were slaughtered at 6 months of age. Ovine skeletal muscle fibres were classified using the myosin ATPase staining technique with an acid preincubation solution (pH 4.6), into three types (I, II A and II B). The fiber number, area percentage, diameter and cross-sectional area of each fiber type were studied. The relationship between fiber types and meat quality of Sunit sheep traits was also examined. The results showed that fiber number percentage of type II B was the most common in BF muscle of three breeds. The fiber number, area percentages and diameter of type I in Sunit sheep were significantly lower than those in Bamei sheep ($P < 0.05$). The cross-sectional area of type I and the fiber area percentage of type II A and were significantly lower than those in Bamei sheep and Small Tail Han sheep ($P < 0.05$). The cross-sectional area of type II B was significantly lower than that in Small Tail Han sheep ($P < 0.05$). For Sunit sheep, fiber density in BF muscle had a positive correlation with fat content ($P < 0.05$) and a negative correlation with WBSF. Fiber number percentage of type II B had a negative correlation with ultimate pH ($P < 0.05$).

Key words: Sunit sheep; muscle fiber characteristics; mutton quality

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2014)07-0007-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201407002

肌纤维是肌肉最基本的组成单位。肌纤维的组成及其类型转化会直接影响到畜禽肉产品的质量^[1]。1970年Brooke等^[2]根据肌球蛋白ATP酶对酸碱稳定性的不同提出了肌球蛋白组织化学分类法, 将肌纤维分为慢收缩氧化型(I型)、快收缩氧化酵解型(II A型)和快收

缩酵解型(II B型)3种类型, 这种方法现在仍是被普遍认可的肌纤维分类方法。肌纤维类型与肉品质间存在密切的关系。慢收缩氧化型肌纤维(I型)中肌红蛋白的含量高, 因此当其所占比例较高时, 肌肉颜色鲜红, 肉色评分较高; II B型肌纤维则刚好相反, 所含肌红蛋

收稿日期: 2013-08-04

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31360393)

作者简介: 苏琳(1978—), 女, 讲师, 博士研究生, 研究方向为畜产品加工。E-mail: sulin820911@163.com

*通信作者: 靳焱(1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜产品安全生产。E-mail: jinyeyc@sohu.com

白量很低,若所占比例高,肌肉颜色则显得苍白,肉色评分较低^[3]。II B型纤维具有高活性的ATP酶和高含量的糖原,当肌肉中II B型纤维所占比例大时,会使肌肉中的乳酸和磷酸迅速积聚,而导致pH值大幅下降,甚至会产生白肌肉^[4]。Larzul等^[5]的研究也证实,快收缩酵解型肌纤维(II B型)比例的增加会加快宰后pH值降低的速度和程度。同时众多研究表明,不同品种的同类畜禽,其肌肉组织学特性如肌纤维直径、肌纤维密度等存在较大差异,且与肌肉品质之间存在较为密切的联系^[6-8]。李海晏等^[9]认为肌纤维直径和密度是影响肌肉嫩度和系水力的重要指标,肌纤维越细、密度越大的品种,其肌肉脂肪的沉积量要多于肌纤维粗而密度低的品种。孙竹琰等^[10]对西藏藏山羊肌肉肌纤维直径、肌纤维密度进行了分析,研究表明藏山羊肌纤维细、肌纤维密度大,在一定程度上反映了藏山羊肌肉肉质细嫩。Maltin等^[11]比较8种不同品种猪的背最长肌肌纤维特性发现快速氧化酵解纤维的直径与肉的嫩度确定存在显著正相关。Shackelford等^[12]发现绵羊双肌臀肌纤维直径的增大会降低肉的嫩度和多汁性。肌纤维的密度和直径对于猪、羊和牛均显示中等偏高的遗传性,因此这些特性可以纳入基因选择程序以改善肉品质^[13-14]。

为了更深入地了解苏尼特羊肌纤维特性,本实验以6月龄苏尼特羊的股二头肌为实验材料,同时以同月龄的巴美肉羊和小尾寒羊做对照,采用ATP酶组织化学染色法对所采样品进行染色,分析肌纤维直径、面积和密度等在不同品种间的差异。同时对肌纤维与肉品质之间相互关系进行初步分析,旨在研究苏尼特羊肉质鲜美的内在原因。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

选择内蒙古巴彦淖尔市牧区6月龄的苏尼特羊6只、同月龄的巴美肉羊10只、小尾寒羊10只,在渔蒙家食品加工有限责任公司屠宰,取股二头肌为实验样品。

Alfa Aesar异戊烷 庄信万丰公司;三磷酸腺苷二钠盐 美国Sigma公司;巴比妥钠、氯化钴 国药集团化学试剂有限公司;硫化铵 上海振兴化工二厂有限公司;无水氯化钙、醋酸钠、冰醋酸 天津永大化学试剂厂;以上试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

MEV冰冻切片机 德国Slee公司;Leica 4000B显微镜 德国徕卡公司;PB-10pH计 北京赛多利斯仪器系统有限公司;DSH-300A回旋式水浴恒温振荡器 上海雅荣生化设备仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 取材和制片^[15]

苏尼特羊死后2 h内取股二头肌,顺着肌纤维方向切成0.5 cm×0.5 cm×1 cm的肌肉块,放入-40℃预冷后的异戊烷中干燥30 s后取出,在液氮中速冻30 s,取出后用干冰带回,放在-80℃冰箱中保存。制片时将组织块放入-25℃的恒冷切片机内切片,厚度为12 μm。

1.3.2 染色^[16-17]

以pH 4.6的醋酸盐缓冲液为酸性前孵育液的mATPase组织化学染色法染色。

1.3.3 肌纤维各项指标的测定

用显微彩图分析软件(Leica Qwin V3)在100倍下观察并分析肌纤维特性。选择3~4个视野,使研究的肌纤维数目不少于1 500根^[18]。对视野内不同类型肌纤维分别进行计数,计算每种类型肌纤维的数量比例;圈出每种类型肌纤维的轮廓,利用软件获得每种肌纤维的面积,计算每种类型肌纤维的面积比例。每种类型纤维的截面积是各型肌纤维的平均值。肌纤维横截面上最长两点间距离与最短两点间距离之和除以2作为肌纤维直径,测多根求平均值。测出每个视野的面积,并计算出每个视野内肌纤维的根数,然后换算成每平方毫米的根数,作为被测样本的肌纤维密度。

1.3.4 肌肉常规理化指标的测定

1.3.4.1 水分的测定

GB/T 9695.15—2008《肉与肉制品 水分含量测定》。

1.3.4.2 粗脂肪的测定

GB/T 9695.1—2008《肉与肉制品 游离脂肪含量测定》; pH值的测定:用胴体直测式pH计测定股二头肌pH值。pH₁为屠宰后45 min内的pH值;pH₂₄为将肉样在0~4℃下冷藏24 h后的pH值,也称为最终pH值。

1.3.4.3 色泽的测定

选取3 cm×3 cm×1 cm的股二头肌,在屠宰后1~2 h内放入TC-P2A型全自动测色色差仪测定样品肉颜色。

1.3.4.4 失水率的测定^[19]

采用离心法测定肉样失水率,取肉样10 g左右,高速离心(1 500 r/30 min),取出肉样,并用吸水纸吸取肉表面水分后称质量。

$$\text{失水率}/\% = \frac{\text{离心前肉样质量} - \text{离心后肉样质量}}{\text{离心前肉样质量}} \times 100$$

1.3.4.5 嫩度的测定

采用CLM-3型嫩度仪测定。将肉样切成2.5 cm×3 cm×5 cm大小的肉块,密封后放入75℃水浴锅中煮45 min,取出肉块,室温条件下待肉块变凉后顺着肌纤维方向将肉切成3 cm×1 cm×1 cm的条状,再于嫩度仪上测量。

1.4 统计分析

数据统计采用DPS v6.55和SPSS 17.0进行实验数据的统计分析,数值以 $\bar{x} \pm s$ 表示。

2 结果与分析

2.1 苏尼特羊股二头肌染色结果

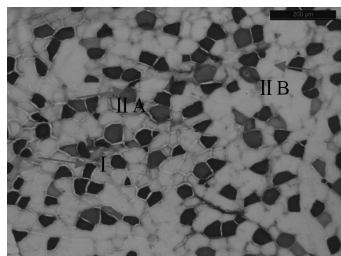
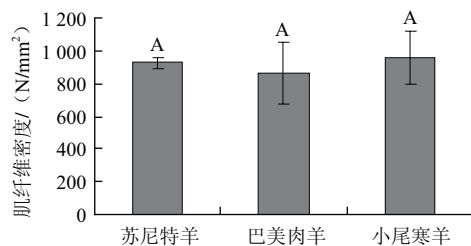


图1 苏尼特羊股二头肌染色照片 (×100)

Fig.1 Serial section of *biceps femoris* stained for myosin ATPase reactivity (×100)

由图1可知,依据在pH 4.6前孵育液中,三磷酸腺苷酶活性处出现棕褐色硫化钴沉淀, I 型纤维(慢收缩氧化型)表现出高的ATP酶活性,因此染色后颜色最深;而 II B型纤维(快收缩酵解型)在此pH值下没有反应,染色后颜色最浅; II A型纤维(快收缩氧化酵解型), pH 4.6时有一定的ATP酶活性,因此颜色介于二者之间。苏尼特羊股二头肌的肌纤维类型以 II B型纤维为主。

2.2 品种对肌纤维密度的影响



字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

图2 不同品种羊的肌纤维密度

Fig.2 Muscle fiber density of three sheep breeds

由图2可知,苏尼特羊、巴美肉羊、小尾寒羊的肌纤维密度分别为927、863.5、955.5 N/mm^2 , 6月龄绵羊3个品种间肌纤维密度无显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.3 品种对肌纤维数量比例、面积比例的影响

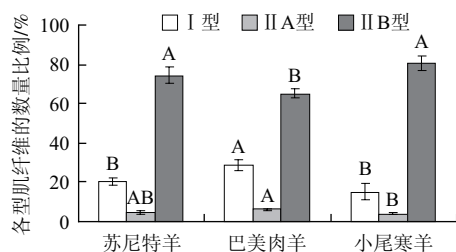


图3 不同品种羊的各型肌纤维数量比例

Fig.3 Muscle fiber number composition of BF muscle in three sheep breeds

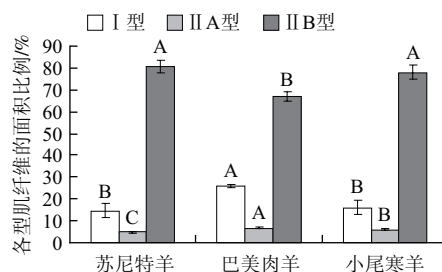


图4 不同品种羊的各型肌纤维面积比例

Fig.4 Muscle fiber area composition of BF muscle in three sheep breeds

由图3、4可知,苏尼特羊 I 型肌纤维的数量比例为20.79%,面积比例为14.76%,显著小于巴美肉羊 ($P < 0.05$),与小尾寒羊无显著差异 ($P > 0.05$)。II A型肌纤维的肌纤维数量比例在苏尼特羊、巴美肉羊、小尾寒羊3个品种的羊中分别为4.82%、6.14%、4.05%,苏尼特羊与巴美肉羊、小尾寒羊无显著差异 ($P > 0.05$),但巴美肉羊显著大于小尾寒羊 ($P < 0.05$)。II A型肌纤维面积比例在苏尼特羊、巴美肉羊、小尾寒羊3个品种的羊中分别为4.8%、6.76%、5.82%,即苏尼特羊显著小于巴美肉羊和小尾寒羊 ($P < 0.05$)。II B型肌纤维的数量比例和面积比例在3个品种间差异均不显著 ($P > 0.05$)。

2.4 品种对肌纤维直径的影响

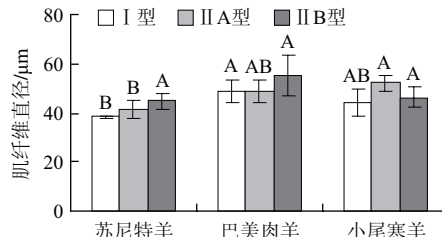


图5 不同品种羊的各型肌纤维直径

Fig.5 Muscle fiber diameters of BF muscle in three sheep breeds

由图5可知, I 型肌纤维的肌纤维直径在苏尼特羊中最小, 38.26 μm , 显著小于巴美肉羊 ($P < 0.05$),与小尾寒羊差异不显著 ($P > 0.05$)。苏尼特羊、巴美肉羊、小尾寒羊3个品种的 II A型肌纤维的肌纤维直径分别为41.11、48.68、52.06 μm , 即苏尼特羊显著小于小尾寒羊 ($P < 0.05$),与巴美肉羊差异不显著 ($P > 0.05$)。苏尼特羊、巴美肉羊和小尾寒羊的 II B型肌纤维直径分别为44.74、55.11、46.26 μm , 3个品种之间无显著性差异 ($P > 0.05$),苏尼特羊的各型肌纤维直径均小于巴美肉羊和小尾寒羊。

2.5 品种对肌纤维横截面积的影响

由图6可知,苏尼特羊 I 型肌纤维的横截面积为1041.2 μm^2 ,巴美肉羊和小尾寒羊的 I 型肌纤维的横截面积分别为1327.67 μm^2 和1420.29 μm^2 ,苏尼特羊 I 型肌纤维的横截面积显著小于巴美肉羊和小尾寒羊

表2 苏尼特羊股二头肌与肉质相关性
Table 2 Correlation coefficients between histochemical characteristics and meat quality traits in BF muscle of Sunit sheep

指标	肌纤维密度/ (N/mm ²)	肌纤维数量比			肌纤维面积比			肌纤维直径			肌纤维横截面积		
		I	II A	II B	I	II A	II B	I	II A	II B	I	II A	II B
水分/%	-0.271	-0.028	-0.684	0.213	-0.137	-0.582	0.280	-0.462	0.353	0.079	0.288	0.616	0.478
粗脂肪/%	0.857*	0.192	0.707	-0.018	0.166	0.648	-0.025	0.698	-0.042	-0.252	-0.703	-0.333	-0.169
pH ₁	-0.06	-0.119	-0.118	0.141	0.118	-0.213	0.164	0.287	-0.426	0.090	-0.303	-0.431	-0.491
pH ₂₄	-0.392	0.375	-0.116	-0.826*	0.424	-0.188	-0.718	-0.618	-0.042	-0.235	0.293	-0.207	-0.238
L*值	-0.805	-0.206	-0.761	0.397	-0.266	-0.732	0.438	-0.293	-0.199	0.138	-0.007	-0.260	-0.066
a*值	0.485	0.390	0.134	-0.072	0.130	0.264	-0.083	0.395	0.019	-0.093	-0.120	0.137	0.220
剪切力/(kg/cm ²)	-0.381	0.130	0.257	-0.190	-0.097	0.459	-0.036	0.445	0.105	0.338	0.469	0.690	0.587
失水率/%	-0.259	-0.170	-0.081	0.178	-0.077	-0.073	0.089	-0.447	0.534	-0.395	0.101	0.249	0.440

注：*, 显著相关 ($P < 0.05$)。

($P < 0.05$)。苏尼特羊、巴美肉羊、小尾寒羊的II A型肌纤维的横截面积分别为1 300.79、1 502.25、1 571.54 μm^2 ，II A型肌纤维横截面积在3个品种的羊中差异不显著($P > 0.05$)。苏尼特羊、巴美肉羊、小尾寒羊的II B型肌纤维的横截面积分别为1 243.88、1 549.12、1 621.46 μm^2 ，即II B型肌纤维横截面积为苏尼特羊显著小于小尾寒羊($P < 0.05$)，与巴美肉羊差异不显著($P > 0.05$)。综上可知，苏尼特羊的各型肌纤维横截面积均小于巴美肉羊和小尾寒羊。

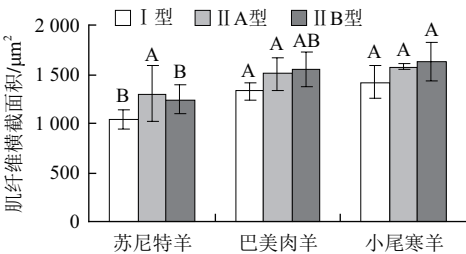


图6 不同品种羊的各型肌纤维横截面积

Fig.6 Muscle fiber cross-sectional area of BF muscle in three sheep breeds

2.6 苏尼特羊股二头肌肌肉品质测定结果

肉的品质反映了肉品的消费性能和潜在价值，肉品质与肉内在特性密切相关，主要反映在肉的色泽、风味、质构等方面，人们常用胴体质量、肉的色泽、肉的pH值、嫩度、保水性等品质指标来评价肉的品质^[1]。由表1可知，苏尼特羊股二头肌水分和粗脂肪含量，肌肉的pH值、色泽L*值（表示亮暗，偏白或偏暗）和a*值（表示红绿值，偏红或偏绿）。其中剪切力反映肉的嫩度，失水率反映肉的保水性。

表1 苏尼特羊股二头肌肌肉品质
Table 1 Meat quality traits in BF muscle of Sunit sheep

指标	水分含量/%	粗脂肪含量/%	pH值		色泽		剪切力/(kg/cm ²)	失水率/%
			pH ₁	pH ₂₄	L*值	a*值		
数值	74.63±0.79	3.08±0.98	6.68±0.27	5.90±0.18	23.52±2.77	15.72±1.11	49.95±5.28	4.37±1.08

2.7 苏尼特羊股二头肌肌纤维特性与肉质相关性

由表2可知，肌纤维密度与粗脂肪含量、色泽的

a*值正相关，与水分、pH₁、pH₂₄、色泽的L*值、剪切力、失水率负相关，其中与粗脂肪含量显著正相关($P < 0.05$)。肌纤维密度越大，沉积脂肪的量增多，嫩度增加，与剪切力呈负相关。理论上I型肌纤维含量高的肌肉脂肪含量高，由于I型肌纤维的直径及横截面积小于II型肌纤维，I型肌纤维比例高通常也就意味着肌纤维密度高。而IIB型肌纤维含量与极限pH值显著负相关($P < 0.05$)，IIB型肌纤维比例升高，提高糖酵解潜力值，使得pH₂₄降低，与肉质呈负相关性。

3 讨论

苏尼特羊、巴美肉羊、小尾寒羊的股二头肌肌纤维密度不存在显著差异($P > 0.05$)，苏尼特羊股二头肌的肌纤维密度与粗脂肪含量呈显著正相关($P < 0.05$)，与剪切力呈负相关。苏尼特羊I型肌纤维的数量比例、面积比例显著小于巴美肉羊($P < 0.05$)，II A型肌纤维的面积比例显著小于巴美肉羊和小尾寒羊($P < 0.05$)。苏尼特羊股二头肌中II B型肌纤维数量比例与极限pH值显著负相关($P < 0.05$)。苏尼特羊的各型肌纤维直径均小于巴美肉羊和小尾寒羊，其中I型肌纤维的肌纤维直径显著小于巴美肉羊($P < 0.05$)，II A型肌纤维的直径显著小于小尾寒羊($P < 0.05$)。苏尼特羊的各型肌纤维横截面积均小于巴美肉羊和小尾寒羊，其中I型肌纤维的横截面积显著小于巴美肉羊和小尾寒羊($P < 0.05$)，II B型肌纤维横截面积显著小于小尾寒羊($P < 0.05$)。

研究表明，在不同品种间肌纤维类型组成、肌纤维直径及横截面积均存在差异。Bünger等^[8]研究了产肉能力强且瘦肉率高的特塞尔与耐寒性及繁育能力强的苏格兰黑脸这两种具有鲜明特点的羊在肌纤维特性上的差别，结果显示特塞尔绵羊背最长肌的肌纤维横截面积比苏格兰黑脸羊高16%，而氧化型肌纤维比例特塞尔羊与苏格兰黑脸羊为7.5:9.6。蒋福虎等^[20]研究了粗毛羊等3个品种间的肌纤维差异，发现本地粗毛羊肌纤维较细，山西细毛羊较粗，德×本F1居中，与本地绵羊的肉质好、易

咀嚼的优点相吻合。孙伟等^[21]就湖羊和陶赛特羊的背最长肌的组织学特性进行了对比,发现湖羊的肌纤维直径小于陶赛特羊,但湖羊的肌纤维密度显著大于陶赛特羊,这说明陶赛特羊比湖羊有更大的肌纤维横截面积,具有更大的产肉潜力;而湖羊的肉质要比陶赛特羊细嫩。而苏尼特羊的肌纤维直径和横截面积均小于巴美肉羊和小尾寒羊,一定程度上解释了苏尼特羊肉质优良的内在原因。

参考文献:

- [1] 尹靖东. 动物肌肉生物学与肉品科学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 164-183.
- [2] BROOKE M H, KAISER K K. Three 'myosin adenosine triphosphatase' systems: the nature of their pH lability and sulfhydryl dependence[J]. Journal of Histochemistry and Cytochemistry, 1970, 18(9): 670-672.
- [3] LIN Su, HUI Li, XUE Xin, et al. Muscle fiber types, characteristics and meat quality[C]. Advanced Materials Research, 2013, 634: 1263-1267.
- [4] MONIN G, MEJENES-QUIJANO A, TALMANT A, et al. Influence of breed and muscle metabolic type on muscle glycolytic potential and meat pH in pigs[J]. Meat Science, 1987, 20(2): 149-158.
- [5] LARZUL C, LEFAUCHEUR L, ECOLAN P, et al. Phenotypic and genetic parameters for *longissimus* muscle fiber characteristics in relation to growth carcass, and meat quality traits in large white pigs[J]. Animal Science, 1997, 75(12): 3126-3137.
- [6] 陈晓娟, 石坚, 黄帅, 等. 二花脸仔猪与皮兰特仔猪肌纤维类型特性的比较及其与肉质的关系[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2008, 37(2): 185-189.
- [7] 解祥学, 孟庆翔, 任丽萍, 等. 我国6个肉牛品种肌肉纤维特征研究[J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(1): 66-72.
- [8] BÜNGER L, NAVAJAS E A, STEVENSON L, et al. Muscle fibre characteristics of two contrasting sheep breeds: Scottish Blackface and Texel[J]. Meat Science, 2009, 81(2): 372-381.
- [9] 李海晏, 陆甜, 夏枚生, 等. 猪肌纤维生长发育规律研究进展[J]. 畜牧与兽医, 2009, 41(10): 93-95.
- [10] 孙竹珑. 藏山羊肌肉组织学特性研究[J]. 西南民族学院学报, 1991, 17(3): 48-53.
- [11] MALTIN C A, WARKUP C C, MATTHEWS K R, et al. Pig muscle fibre characteristics as a source of variation in eating quality[J]. Meat Science, 1997, 47(3): 237-248.
- [12] SHACKELFORD S D, WHEELER T L, KOOHMARAIE M. Effect of callipyge phenotype and cooking method on tenderness of several major lamb muscles[J]. Journal of Animal Science, 1997, 75(8): 2100-2105.
- [13] deVRIES A G, FAUCITANO L, SOSNICKI A, et al. The use of gene technology for optimal development of pork meat quality[J]. Food Chemistry, 2000, 69(4): 397-405.
- [14] REHFELDT C, FIEDLER I, ENDER K, et al. Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection[J]. Livestock Production Science, 2000, 66(2): 177-188.
- [15] HWANG Y H, KIM G D, JEONG J Y, et al. The relationship between muscle fiber characteristics and meat quality traits of highly marbled Hanwoo (Korean native cattle) steers[J]. Meat Science, 2010, 86(2): 456-461.
- [16] 王晓冬, 汤乐民. 生物光镜标本技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 129-131.
- [17] 华晓青, 刘树军, 史晓燕, 等. 巴美肉羊和小尾寒羊肌纤维特性的研究[J]. 食品工业, 2012, 33(10): 105-108.
- [18] CERISUELO A, SALA R, NÜRNBERG G, et al. How many muscle samples are required to obtain reliable estimations of muscle fibre characteristics from pig longissimus muscle? [J]. Meat Science, 2007, 76(3): 583-587.
- [19] 郭元, 李博. 小尾寒羊不同部位羊肉理化特性及肉用品质的比较[J]. 食品科学, 2008, 29(10): 143-147.
- [20] 蒋福虎, 冯旭芳, 李蒙召. 羊肉肌纤维生长规律的观察[J]. 山西农业大学学报, 1996, 16(4): 386-388.
- [21] 孙伟, 程华平, 马月辉, 等. 湖羊背最长肌组织学特性分析及其与陶赛特羊的初步比较[J]. 中国畜牧杂志, 2011, 47(11): 12-14.