

体质量对巴美肉羊肌纤维特性及肉品质的影响

辛 雪, 苏 琳, 马晓冰, 尹丽卿, 林在琼, 靳 焱*
(内蒙古农业大学食品科学与工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘 要: 本实验以3组不同体质量(30~40、40~50、50~60 kg)巴美肉羊的臂三头肌为材料, 用ATP酶组织化学染色法, 研究体质量对肌纤维特性以及肉品质的影响。结果表明: 30~40 kg羊的I型肌纤维横截面积显著小于其他两个体质量组($P<0.05$); 50~60 kg羊的IIA型肌纤维直径显著大于其他两个体质量组($P<0.05$), 而数量比例和面积比例显著小于其他两个体质量组($P<0.05$); 50~60 kg羊的IIB型肌纤维的面积比例显著高于其他两个体质量组($P<0.05$)。30~40 kg羊肉亮度(L^*)值显著低于50~60 kg羊($P<0.05$), 而剪切力极显著高于50~60 kg羊($P<0.01$); 体质量与I型肌纤维的直径呈显著正相关($P<0.05$), 与I型肌纤维的横截面积和IIA型肌纤维的直径呈极显著正相关($P<0.01$), 与IIA型肌纤维数量比例和面积比例呈极显著负相关($P<0.01$)。

关键词: 巴美肉羊; 体质量; 肌纤维特性; 肉品质

Effect of Body Weight on Muscle Fiber Characteristics and Meat Quality of Bamei Lambs

XIN Xue, SU Lin, MA Xiao-bing, YIN Li-qing, LIN Zai-qiong, JIN Ye*
(College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: The aim of this study was to investigate the effect of three different body weights on muscle fiber characteristics and meat quality traits in *triceps brachii* muscle of Bamei lambs by ATPase histochemical staining technique. The results showed that the cross-sectional area of type I muscle fiber from 30–40 kg lambs was significantly lower than that of lambs with higher body weights ($P < 0.05$). The diameter of type IIA muscle fiber and the proportion by area of type IIB muscle fiber from 50–60 kg lambs were significantly increased over that of lambs with smaller body weights ($P < 0.05$), whereas the proportions by number and area of type IIA muscle fiber from the heavier lambs were significantly smaller ($P < 0.05$). The 30–40 kg lambs had significantly lower L^* value and higher Warner-Bratzler shear force than the 50–60 kg ones ($P < 0.05$). Body weight was correlated significantly positively with the diameter and cross-sectional area of type I muscle fiber and type IIA muscle fiber diameter ($P < 0.05$), but highly significantly negatively with the proportions by number and area of type IIA muscle fiber ($P < 0.01$).

Key words: Bamei lambs; body weight; muscle fiber characteristics; meat quality

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2014)19-0039-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201419008

巴美肉羊是内蒙古自治区培育的肉毛兼用新品种, 具有适合舍饲圈养、耐粗饲、适应性好、抗逆性强、羔羊育肥增重快、性成熟早、遗传性稳定等特点^[1]。农业部在2009年将巴美肉羊认定为农业主导肉羊品种^[2]。

根据肌肉结构、代谢类型和收缩能力, 可以将肌纤维分成3种不同的类型: I型(慢速氧化型)、IIA型(快速氧化型)和IIB型(快速酵解型)^[3-6]。很多研究表明肌纤维特性(包括肌纤维类型、肌纤维横截面积、肌纤维直径和肌纤维面积比例等)与肉的pH值、色泽、滴水损失、嫩度、保水性等品质指标密切相关^[7-8]。

Ryu等^[9-10]研究发现肌纤维特性对肉质指标有很大的影响, 肌纤维数量比例可以直接影响肉宰前和宰后的能量代谢水平; I型肌纤维和IIB型肌纤维的数量与滴水损失、色泽和保水性都有密切的关系。Nam等^[11]在对猪的研究中发现, 猪I型肌纤维的含量越多, 肉的感官品质越好。Karlsson^[8]和Renand^[12]等的研究也发现IIB型肌纤维越多, 肉的剪切力越大, 肉质越差^[10]。影响肌纤维特性和肉质的因素有很多, 已有大量研究表明, 性别、年龄、部位和饲养条件都会影响肌纤维特性和肉质, 但关于体质量对肌纤维特性和肉质影响的研究很少^[13-16]。

收稿日期: 2014-04-04

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31160330)

作者简介: 辛雪(1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉品科学。E-mail: xinqizhi3841@126.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

本实验以巴美肉羊的臂三头肌为材料,采用pH 4.6的酸性前孵育液ATP酶染色法对样品进行组化染色,测定比较了不同体质量肉羊的单根肌纤维直径、肌纤维横截面积、不同类型肌纤维数量比例和面积比例,并分析了巴美肉羊肌纤维特性与肉品质之间的相关关系。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

选取内蒙古农牧业科学院在相同饲养条件下喂养的12月龄的巴美公羊9只,将其分为3个体质量组:30~40、40~50、50~60 kg,取臂三头肌作为实验材料。

异戊烷 美国Alfa公司;巴比妥钠、氯化钴 国药集团化学试剂有限公司;三磷酸腺苷二钠盐 美国Sigma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。

1.2 仪器与设备

冰冻切片机 德国Slee公司;DM 4000B显微图像分析设备 德国Leica公司;LRH-250生化培养箱 上海一恒科学仪器有限公司;Sartorius PB-10型pH计 北京赛多利斯科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 肉质指标的测定

1.3.1.1 pH值的测定

使用胴体直测式pH计,在屠宰后45 min测定初始pH值,记为 pH_1 ;静置排酸24 h测定最终pH值,记为 pH_{24} 。

1.3.1.2 色泽的测定

将样品切成5 cm×5 cm×1.5 cm大小的肉块,使用TC-P2A型全自动测色色差仪测定样品的红度(a^*)值、黄度(b^*)值和亮度(L^*)值^[17]。

1.3.1.3 剪切力的测定

将样品连包装一起放入(80±1)℃的水浴锅中,加热煮1 h后,放入流水中冷却至室温,去除包装后按肌纤维方向切成4 cm×1 cm×1 cm大小的肉块,用CLM-3型嫩度仪测定剪切力^[18]。

1.3.1.4 熟肉率的测定

取30~50 g的样品,置于水浴锅中煮沸45 min,取出在室温下冷却30~40 min,沥干水分再次称质量^[19]。

1.3.2 肌纤维特性的测定

1.3.2.1 取材与制片

巴美肉羊屠宰后2 h内,将臂三头肌顺着肌纤维方向切成0.5 cm×0.5 cm×1 cm大小的肉块,放入预冷的异戊烷中干燥30 s,在液氮中速冻^[20]。将预处理的样品置于一25℃的恒温冰冻切片机内,切成12 μm厚的片,用于染色。

1.3.2.2 染色

用pH 4.6的酸性前孵育液mATPase组织化学染色法进行染色^[3]。

1.3.2.3 肌纤维各项指标的测定

将染好的片子用Leica Qwin V3显微图像分析软件分析肌纤维的各项指标。每个片子随机选取3~4个视野,肌纤维总数不少于1 500根。测量每根肌纤维横截面上最长两点和最短两点距离,计算二者的平均值,测量多根求平均值即为肌纤维直径;圈出视野内各型肌纤维的横截面积,测多根求其平均值即为肌纤维横截面积;对每种类型肌纤维的数量计数,用每种类型肌纤维数量除以肌纤维总量即为肌纤维数量比;通过测量视野内各型肌纤维的横截面积,求得每种类型肌纤维面积总和,用每种肌纤维总面积除以总肌纤维面积即为肌纤维面积比例。

1.4 统计分析

用DPSv 6.55和SPSS 20.0对实验数据进行统计分析,所有数值用 $\bar{x} \pm s$ 表示。

2 结果与分析

2.1 巴美肉羊臂三头肌染色结果

通过对巴美肉羊臂三头肌进行mATPase染色,在10×10倍显微镜下观察得到图像,结果如图1所示。

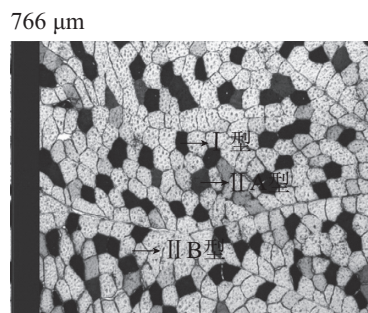
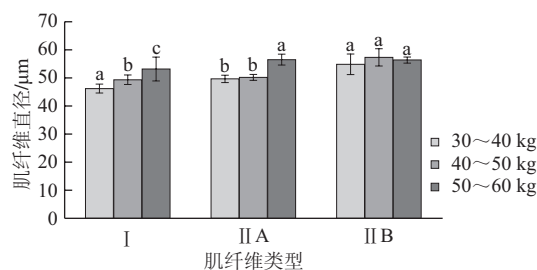


图1 巴美肉羊臂三头肌染色照片

Fig.1 Serial cross-section of triceps brachii muscle stained with mATPase

2.2 体质量对肌纤维直径的影响



小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

图2 不同体质量羊的各型肌纤维直径

Fig.2 Fiber diameters of triceps brachii muscle from lambs with different body weights

由图2可知,体质量由低到高肉羊组的I型肌纤维直径分别为46.21、49.26、53.26 μm,三者差异显著

($P<0.05$)。体质量由低到高肉羊组的 II A 型肌纤维的直径分别为 49.78、50.20、56.57 μm , 50~60 kg 组的 II A 型肌纤维直径显著大于其他两组 ($P<0.05$) , 而 30~40 kg 和 40~50 kg 两组间差异不显著 ($P>0.05$)。体质量由低到高肉羊的 II B 型肌纤维的直径分别为 55.05、57.42、56.31 μm , 3 个体质量组间均无显著性差异 ($P>0.05$)。

2.3 体质量对肌纤维横截面积的影响

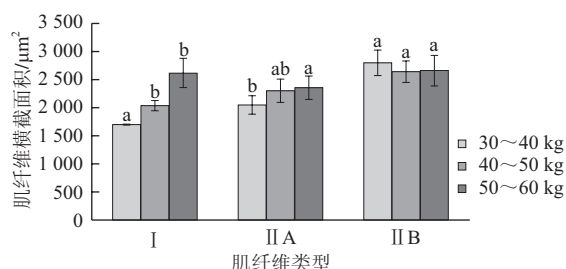


图3 不同体质量羊的各型肌纤维横截面积

Fig.3 Fiber cross-sectional area of triceps brachii muscle from lambs with different body weights

由图3可知, 体质量由低到高肉羊组的 I 型肌纤维的横截面积分别为 1 698.88、2 042.27、2 616.46 μm^2 , 30~40 kg 羊的 I 型肌纤维横截面积显著小于其他两组 ($P<0.05$)。体质量由低到高肉羊组的 II A 型肌纤维的横截面积分别为 2 060.67、2 313.05、2 371.20 μm^2 , 30~40 kg 和 50~60 kg 两组的 II A 型肌纤维横截面积差异显著 ($P<0.05$)。体质量由低到高肉羊组的 II B 型肌纤维的横截面积分别为 2 805.16、2 650.51、2 678.47 μm^2 , 在 3 个体质量组间无显著差异 ($P>0.05$)。

2.4 体质量对肌纤维数量比例的影响

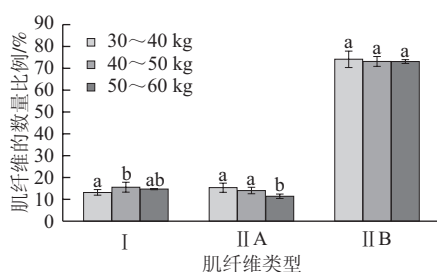


图4 不同体质量羊的各型肌纤维数量比例

Fig.4 Proportion by number of triceps brachii TB muscle fiber from lambs with different body weights

由图4可知, 体质量由低到高肉羊组的 I 型肌纤维的数量比例分别为 13.08%、15.51%、14.63%, 30~40 kg 羊的 I 型肌纤维数量比例显著低于 40~50 kg 羊 ($P<0.05$) , 这两组与 50~60 kg 羊相比均无显著性差异 ($P>0.05$)。体质量由低到高肉羊组的 II A 型肌纤维的数量比例分别是 15.37%、13.86%、11.33%, 50~60 kg 羊的 II A 型肌纤维数量比例显著低于其他两组

($P<0.05$) , 即 II A 型肌纤维的数量比例随着体质量的增加而降低。体质量由低到高肉羊组的 II B 型肌纤维的数量比例分别是 74.02%、72.89%、73.01% , 在 3 个体质量组间不存在显著性差异 ($P>0.05$)。

2.5 体质量对肌纤维面积比例的影响

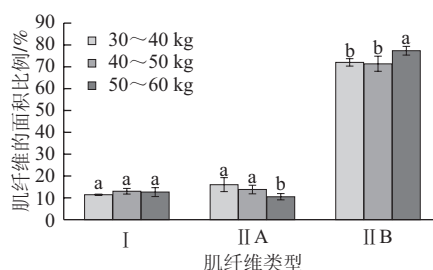


图5 不同体质量羊的各型肌纤维面积比例

Fig.5 Proportion by area of triceps brachii muscle fiber from lambs with different body weights

由图5可知, 体质量由低到高肉羊组的 I 型肌纤维的面积比例分别为 11.57%、12.89%、12.75% , 在 3 个体质量组间无显著性差异 ($P>0.05$)。体质量由低到高肉羊组的 II A 型肌纤维的面积比例分别为 16.16%、13.94%、10.49% , 50~60 kg 羊显著低于其他两组 ($P<0.05$) , 即 II A 型肌纤维的面积比例随着体质量的增加而降低。体质量由低到高肉羊的 II B 型肌纤维的面积比例分别是 72.27%、71.49%、77.44% , 50~60 kg 羊的 II B 型肌纤维面积比例显著高于其他两组 ($P<0.05$)。

2.6 不同体质量巴美肉羊臂三头肌肉品质的测定结果

表1 不同体质量巴美肉羊臂三头肌肉品质

Table 1 Meat quality traits of triceps brachii muscle from Bamei lambs with different body weights

体质量/kg	pH		色泽			剪切力/(kg/cm²)	熟肉率/%
	pH ₁	pH ₂₄	a*	b*	L*		
30~40	6.32±0.09 ^a	5.49±0.29 ^a	18.84±3.66 ^a	3.66±1.07 ^a	22.63±0.88 ^a	66.97±5.43 ^a	81.61±2.80 ^a
40~50	6.39±0.27 ^a	5.38±0.38 ^a	14.35±2.98 ^a	3.58±0.62 ^a	25.07±0.85 ^{ab}	55.36±3.44 ^{ab}	80.91±2.04 ^a
50~60	6.35±0.20 ^a	5.64±0.10 ^a	15.36±1.10 ^a	3.33±1.01 ^a	25.57±.83 ^b	44.36±3.84 ^b	78.34±2.97 ^a

注: 同列小写字母不同表示差异显著 ($P<0.05$) , 大写字母不同表示差异极显著 ($P<0.01$)。

由表1可知, pH₁、pH₂₄、a*、b*和熟肉率在 3 个不同体质量羊之间均不存在显著性差异 ($P>0.05$) ; 30~40 kg 羊的 L* 值显著低于 50~60 kg ($P<0.05$) ; 30~40 kg 羊的剪切力极显著高于 50~60 kg 羊 ($P<0.01$)。即随着体质量的增加, L* 值增大, 而剪切力降低。原因可能有两个: 首先, II A 型肌纤维中含有较多的肌红蛋白, 随着体质量的增加, II A 型肌纤维的数量和面积比例降低, 因此降低了肉的红色, 增加了肉的亮度。此外, II B 型肌纤维中含有较多的糖原, 随着体质量的增加, II B 型肌纤维的面积比例增加, 羊屠宰后, 机体停止供给氧气, 羊肉体内的糖原进行无氧酵解作用, 过度的无

氧酵解导致乳酸的堆积,引起pH值下降,导致肌细胞内Ca²⁺转运能力下降,此时细胞内环境被破坏,肌细胞膜的通透性增强,大量的蛋白质外泄,造成肌肉系水能力下降,肌红蛋白和Fe²⁺的流失最终导致肉色的变化。本实验与Kim^[21]和Choe^[22]等研究结果一致。

2.7 巴美肉羊臂三头肌肌纤维特性与体质量、肉品质的相关性

表2 巴美肉羊臂三头肌肌纤维特性与体质量、肉品质的相关性
Table 2 Correlation coefficients between histochemical characteristics and body weight as well as meat quality traits of triceps brachii muscle from Bamei lambs

指标	肌纤维直径			肌纤维横截面积			肌纤维数量比例			肌纤维面积比例		
	I	II A	II B	I	II A	II B	I	II A	II B	I	II A	II B
体质量	0.721*	0.812**	0.117	0.901**	0.514	-0.320	0.356	-0.804**	-0.231	0.258	-0.827**	0.614
pH ₁	-0.444	-0.220	-0.658	-0.189	-0.651	-0.751*	-0.715*	-0.531	-0.615	-0.801**	-0.481	-0.444
pH ₂₄	-0.135	0.086	-0.840	0.132	-0.512	-0.691*	-0.679*	-0.764*	-0.811**	-0.599	-0.721*	-0.203
a*	-0.092	-0.039	0.145	-0.201	-0.018	0.431	-0.019	0.432	0.421	0.059	0.422	0.155
b*	-0.193	-0.057	-0.528	-0.093	-0.395	-0.225	-0.433	-0.230	-0.363	-0.366	-0.204	-0.151
L*	0.533	0.435	-0.063	0.640	0.366	-0.355	-0.286	-0.664	-0.477	0.283	-0.672*	0.183
剪切力	-0.771*	-0.743*	-0.192	-0.844**	-0.589	0.097	-0.402	0.601	0.139	-0.426	0.612	-0.532
熟肉率	-0.100	-0.219	0.050	-0.217	0.020	0.265	0.059	0.353	0.106	0.203	0.330	-0.069

注:*,相关性显著($P < 0.05$);**,相关性极显著($P < 0.01$)。

由表2可知,体质量与I型肌纤维的直径呈显著正相关($P < 0.05$),与I型肌纤维的横截面积和II A型肌纤维的直径呈极显著正相关($P < 0.01$),与II A型肌纤维数量比例和面积比例呈极显著负相关($P < 0.01$)。pH₁与II B型肌纤维的横截面积、I型肌纤维的数量比例呈显著负相关($P < 0.05$),与I型肌纤维的面积比例呈极显著负相关($P < 0.01$)。pH₂₄与II B型肌纤维的横截面积、I型肌纤维的数量比例、II A型肌纤维的数量比例和面积比例均呈显著负相关($P < 0.05$),且与II B型肌纤维的数量比例呈极显著负相关($P < 0.01$),与Immonen等^[23]的研究结论一致。L*值与II A型肌纤维的面积比例呈显著负相关($P < 0.05$),与Ryu等^[9]结论一致。剪切力与I型和II A型肌纤维的直径呈显著负相关($P < 0.05$),与I型肌纤维的横截面积呈极显著负相关($P < 0.01$),与Maltin等^[24]结果相似理论上说随着体质量的增加,肌纤维变粗,肌纤维直径变大,剪切力也随之增大,但是在本实验的研究中剪切力的变化规律与之相反,可能是因为随着体质量的增大,肌纤维直径和横截面积也会增大,进而引起肌肉脂肪的沉积,最终导致肉的剪切力下降。

3 结论

随着巴美肉羊体质量的增加,臂三头肌中I型和II A型肌纤维的直径和横截面积随之增大,而II A型肌纤维的数量比例和面积比例随之降低。L*值随着巴美肉羊体质量的增加而增大,但剪切力随着体质量的增加而降低。

pH₁和pH₂₄均与I型肌纤维的数量比例和II B型肌纤维的横截面积呈显著负相关($P < 0.05$);L*与II A型肌

纤维的面积比例呈显著负相关($P < 0.05$);剪切力与I型和II A型肌纤维的直径呈显著负相关($P < 0.05$),与I型肌纤维的横截面积呈极显著负相关($P < 0.01$)。

参考文献:

- [1] 高爱琴,李虎山,王志新,等.巴美肉羊肉用性能和肉质特性研究[J].畜牧与兽医,2008,40(2):45-47.
- [2] 郑建梅.巴美肉羊在河套地区肉羊产业中的支撑作用[C]//中国畜牧兽医学会养羊分会全国养羊生产与学术研讨会论文集.河北:中国畜牧兽医学会养羊分会,2010:130-132.
- [3] BROOKE M H, KAISER K K. Three myosin adenosine triphosphatase system: the nature of their pH liability and sulfhydryl dependence[J]. Journal of Histochemistry and Cytochemistry, 1970, 18(9): 670-672.
- [4] GAUTHIER G F. On the relationship of ultrastructural and cytochemical features to color in mammalian skeletal muscle[J]. Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie, 1969, 95(3): 462-482.
- [5] SCHIAFFINO S, REGGIANI C. Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance[J]. Physiological Reviews, 1996, 76(2): 371-423.
- [6] PETER J B, BARNARD R J, EDGERTON V R, et al. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pig and rabbit[J]. Biochemistry, 1972, 11(14): 2627-2633.
- [7] SEIDEMAN S C, CROUSE J D. The effects of sex condition, genotype and diet on bovine muscle fiber characteristics[J]. Meat Science, 1986, 17(1): 55-72.
- [8] KARLSSON A, ENFALT A C, ESSEN-GUSTAVSSON B, et al. Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs[J]. Journal of Animal Science, 1993, 71(4): 930-938.
- [9] RYU Y C, KIM B C. The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig *longissimus dorsi* muscle[J]. Meat Science, 2005, 71(2): 351-357.
- [10] RYU Y C, KIM B C. Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality[J]. Journal of Animal Science, 2006, 84(4): 894-901.
- [11] NAM Y J, CHOI Y M, LEE S H, et al. Sensory evaluations of porcine longissimus dorsi muscle: relationships with postmortem meat quality traits and muscle fiber characteristics[J]. Meat Science, 2009, 83(4): 731-736.
- [12] RENAND G, PICARD B, TOURAILE C, et al. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls[J]. Meat Science, 2001, 59(1): 49-60.
- [13] PETERSEN J S, HENCKEL P, OKSBJERG N, et al. Adaptations in muscle fibre characteristics induced by physical activity in pigs[J]. Journal of Animal Science, 1998, 66(3): 733-740.
- [14] LEFAUCHEUR L, VIGNERON P. Postnatal changes in some histochemical and enzymatic characteristics of three pig muscles[J]. Meat Science, 1986, 16(3): 199-216.
- [15] 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.
- [16] RYU Y C, CHOI Y M, LEE S H, et al. Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds[J]. Meat Science, 2008, 80(2): 363-369.
- [17] 李泽,靳焱,马霞.不同贮藏温度下宰后羊肉的肉质变化及其影响因素[J].农业工程学报,2010,26(增刊1):338-342.
- [18] 靳焱,南庆贤.高压处理对牛肉感观性能与食用品质的影响[J].农业工程学报,2004,20(5):196-199.
- [19] 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,2011:22-23.
- [20] 华晓青,史晓燕,靳焱,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.
- [21] KIM G D, KIM B W, JEONG J Y, et al. Relationship of carcass weight to muscle fiber characteristics and pork quality of crossbred (Korean native black pig × Landrace) F₂ pigs[J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(2): 522-529.
- [22] CHOE J H, CHOI Y M, LEE S H, et al. The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality[J]. Meat science, 2008, 80(2): 355-362.
- [23] IMMOMEN K, RUUSUNEN M, H I SSA K, et al. Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH[J]. Meat Science, 2000, 55(1): 25-31.
- [24] 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(3/4): 237-248.