

3 个绵羊品种肉质性状及其发育性规律的比较研究

燕 凤^a, 陈泽光^a, 燕 飞^b, 周 颖^a, 宦霞娟^a, 李 旺^a, 陈玉林^a

(西北农林科技大学 a. 动物科技学院, b. 动物医学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] **【目的】**比较滩羊、蒙古羊和小尾寒羊的肉质性状及其发育性规律,为选育优质肉羊品种提供理论基础。**【方法】**选取 80,120,160 和 200 日龄的雄性滩羊 33 只、蒙古羊 31 只、小尾寒羊 34 只,屠宰后取其背最长肌测定剪切力、失水率、大理石纹评分和 pH。**【结果】**3 个供试绵羊品种背最长肌的剪切力随日龄增加而增大;大理石纹评分和失水率随日龄增加而减小;pH 值在滩羊和小尾寒羊背最长肌中呈波动变化,在蒙古羊背最长肌中则随日龄增加而减小。3 个绵羊品种中,蒙古羊背最长肌的肉嫩度、失水率、大理石纹评分及 pH 最高,滩羊的肉嫩度和 pH 在 3 个品种中最低,小尾寒羊的失水率和大理石纹评分在 3 个品种中最低。供试绵羊背最长肌的肉嫩度在品种间差异显著($P<0.05$),在不同日龄间差异不显著($P>0.05$);供试绵羊背最长肌的失水率、大理石纹评分及 pH 在不同日龄和品种间均差异显著($P<0.05$)。整体而言,绵羊背最长肌的剪切力与失水率呈强负相关($r=-0.535, P<0.01$),大理石纹评分与失水率($r=0.403, P<0.02$)、pH 值($r=0.369, P<0.05$)间均呈正相关。**【结论】**滩羊、蒙古羊和小尾寒羊背最长肌肉质性状的发育性变化规律基本相同,蒙古羊背最长肌的肉嫩度和多汁性在 3 个品种中最优;大理石纹评分、失水率和 pH 对肉嫩度均具有正效应。

[关键词] 绵羊;肉质性状;发育性规律

[中图分类号] S826.81

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)03-0025-05

Comparison of meat quality traits and developmental state of three Chinese native sheep breeds

YAN Feng^a, CHEN Ze-guang^a, YAN Fei^b, ZHOU Ying^a,

HUAN Xia-Juan^a, LI Wang^a, CHEN Yu-lin^a

(a. College of Animal Science and Technology, b. College of Veterinary Medicine, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】**The meat quality traits and developmental regularity of Tan sheep, Mongolia sheep and small-tailed Han sheep were compared for the breeding of excellent meat sheep variety to provide theoretical foundation. **【Method】**Male Tan sheep ($n=34$), Mongolia sheep ($n=31$) and Small-tailed Han sheep ($n=34$) aged 80 to 200 days were selected and slaughtered to investigate shear force, water loss rate, marbling and pH of their Longissimus dorsal (LD). **【Result】**The shear force increased continuously with sheep growth, but marbling score and water loss rate decreased with sheep growth. The pH value of Tan sheep and small tailed Han sheep exhibited “rise-decline-rise” developmental changes from 80th day to the 200th day, but pH value of Mongolia sheep decreased with sheep growth. The meat tenderness, water loss rate, marbling score and pH value of Mongolia sheep were the highest among three tested sheep; Meat ten-

* [收稿日期] 2008-05-14

[基金项目] 农业部农业产业结构调整重大技术研究专项项目(05-07-03B)

[作者简介] 燕 凤(1979—),女,陕西户县人,在读硕士,主要从事分子遗传育种研究。E-mail:yanfeng3721@163.com

[通信作者] 陈玉林(1964—),男,河南鄢陵人,教授,博士生导师,主要从事动物饲料营养及动物育种与繁殖研究。

E-mail:myxy11@yahoo.com.cn

derness and pH value of Tan sheep were the lowest among tested breeds; Water loss rate and marbling of small-tailed Han sheep were the lowest among tested breeds. The tenderness of Sheep LD tested was significantly different among breeds ($P<0.05$) and no significant difference at different ages ($P>0.05$). The water loss rate, marbling scores and pH values of LD were significantly different ($P<0.05$) among tested breeds and ages. In a whole, the shear force and water loss rate of tested sheep was extremely negative correlated($r=-0.535, P<0.01$) and that of water loss rate and marbling score was positive correlated($r=0.403, P<0.02$). But water loss rate and pH value of tested sheep was negative correlated($r=-0.369, P<0.27$). 【Conclusion】 The meat quality traits of LD among three tested sheep breeds had almost the same developmental regularity. The meat tenderness and juiciness of LD of Mongolia sheep were the highest among three breeds respectively. Further analysis shows that marbling score, water loss rate and pH value may have positive effects on mutton tenderness.

Key words: Sheep; meat quality trait; developmental regularity

绵羊肉质性状主要指肉的嫩度、风味、多汁性和色泽等,其中肉嫩度不仅反映肉品质的优劣,同时也被认为是影响消费者口感要求与满意程度的重要指标之一^[1-2]。肉嫩度的主观评定指标为剪切力值,影响肉嫩度的因素包括 3 个方面:肉品本身的因素(如失水率、大理石纹和 pH 的影响)、宰前的因素(如品种、年龄、性别、营养水平)、以及宰后自然成熟时间等因素。肉质性状(嫩度)多为微效多基因控制的综合性状,是遗传基础与外部环境因素共同作用的结果。滩羊、蒙古羊及小尾寒羊是我国地方绵羊品种中的主要代表品种,有关其肉质的系统比较研究尚未见报道。因此,本试验对这 3 个绵羊品种的肉质性状及其发育性规律进行了比较研究,旨在探讨剪切力、失水率、大理石纹和 pH 等指标对肉嫩度的影

响,为优质肉羊新品种的选育提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材 料

选取宁夏农垦贺兰山清真牛羊产业集团的雄性滩羊 33 只,内蒙古阿拉善盟阿左旗的雄性蒙古羊 31 只,山东济宁的雄性小尾寒羊 34 只。所有供试绵羊从 60 日龄开始均饲养在同一环境条件下,在日龄 80,120 和 160 d,分别随机选择滩羊 8 只、蒙古羊 8 只、小尾寒羊 9 只进行屠宰;在日龄 200 d,随机选择滩羊 9 只、蒙古羊 7 只、小尾寒羊 7 只进行屠宰。宰后取背最长肌用于测定剪切力、失水率、肉色、大理石纹和 pH。供试羊日粮组成及营养水平见表 1。

表 1 供试绵羊日粮组成及营养水平

Table 1 Compositions and nutrient level of the diet for experimental sheep

原料 Ingredient	含量/(g·kg ⁻¹) Composition	营养成分 Nutrient content	营养水平 Nutrient level
苜蓿干草 Alfalfa hay	650.0	干物质/(g·kg ⁻¹) DM	889.8
苹果渣 Apple pomace	10.0	粗蛋白/(g·kg ⁻¹) CP	135.0
玉米 Corn	175.0	粗纤维/(g·kg ⁻¹) CF	223.7
麸皮 Wheat bran	37.5	中性洗涤纤维/(g·kg ⁻¹) NDF	432.3
豆粕 Soybean meal	40.0	酸性洗涤纤维/(g·kg ⁻¹) ADF	311.5
棉粕 Cotton seed meal	20.0	消化能/(MJ·kg ⁻¹) DE	10.6
次粉 Wheat middling	35.0	钙/(g·kg ⁻¹) Ca	10.8
石粉 Calcium carbonate	9.0	磷/(g·kg ⁻¹) P	4.0
食盐 Salt	2.0		
酵母粉 Yeast powder	15.0		
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.5		
预混剂 * Premix material	5.0		

注: * 含石粉 900 g/kg, 锌 3.5 g/kg, 铁 3.0 g/kg, 锰 2.0 g/kg, 铜 0.10 g/kg, 碘 0.10 g/kg, 钴 0.10 g/kg, 硒 0.10 g/kg, 维生素 A 6 000 IU/g, 维生素 D 1 500 IU/g, 维生素 E 1.0 IU/g。

Note: * Contained 900 g/kg limestone, 3.5 g/kg Zn, 3.0 g/kg Fe, 2.0 g/kg Mn, 1.0 g/kg Cu, 0.10 g/kg I, 0.10 g/kg Co, 0.10 g/kg Se, 6 000 IU/g V_A, 1 500 IU/g V_D, and 1.0 IU/g V_E.

1.2 主要试剂与仪器

磷酸盐缓冲液由天津化学试剂厂生产, C-LM3

型嫩度仪和压力仪由东北农业大生产, pH S-2F 型数字 pH 计由上海雷磁仪器厂生产。

1.3 肉质性状的测定

剪切力、失水率、大理石纹的测定方法参考杨富民等^[3]的方法,pH 值测定参考杨富民^[4]的方法。

1.4 数据分析

用 SPSS16.0 软件进行数据分析,试验结果表示为“ $\bar{x}\pm SD$ ”。日龄与品种的交互作用通过 Univariate 分析,如果日龄与品种的交互作用 $P>0.05$,剪切力、失水率、大理石纹和 pH 的差异用 one-way ANOVA 分析;如果日龄与品种的交互作用 $P<0.05$,剪切力等指标则用 Multivariate 分析。剪切力、失水率、大理石纹和 pH 4 项指标间的相关

性用 Bivariate Correlations 进行分析。

2 结果与分析

2.1 绵羊背最长肌的剪切力

由表 2 可知,3 个绵羊品种背最长肌的剪切力值随日龄增加而增大,但不同日龄间差异不显著($P>0.05$);在不同绵羊品种间,蒙古羊背最长肌的剪切力值极显著低于滩羊和小尾寒羊($P<0.01$);滩羊背最长肌的剪切力值高于小尾寒羊,但二者差异不显著($P>0.05$)。

表 2 3 个绵羊品种不同日龄背最长肌剪切力的比较
Table 2 Comparison of LD shear force at different days old among three sheep breeds kg

绵羊品种 Sheep breed	日龄/d Day age			
	80	120	160	200
滩羊 Tan sheep	2.74±0.53 M	3.01±0.72 M	3.09±0.66 M	3.27±0.30 M
蒙古羊 Mongolia sheep	2.30±0.39 N	2.39±0.44 N	2.49±1.09 N	2.80±0.42 N
小尾寒羊 Small-tailed Han sheep	2.64±0.55 M	2.71±0.87 M	2.77±0.51 M	2.99±0.44 M

注:同列数据后标不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),标相同字母表示差异不显著($P>0.05$)。
Note: Values with different superscripts of capital letter in the same column indicate significantly distinctive difference ($P<0.01$); Values with the same superscripts of letter in the same column indicate no difference ($P>0.05$).

2.2 绵羊背最长肌的失水率

由表 3 可知,滩羊、蒙古羊和小尾寒羊背最长肌的失水率随日龄增加而降低。滩羊 80,120 日龄与 160 日龄间背最长肌失水率差异均不显著($P>0.05$),但 200 日龄与 80,120 和 160 日龄间的背最长肌失水率差异显著($P<0.05$);小尾寒羊背最长肌的失水率在各日龄间的变化趋势与滩羊相同;蒙古羊的背最长肌失水率在 80 日龄与 120 日龄、120 日龄与 160 日龄间均差异显著($P<0.05$),而 160

日龄与 200 日龄间差异不显著($P>0.05$)。由表 3 还可知,在 80 日龄时,蒙古羊背最长肌的失水率极显著高于滩羊和小尾寒羊($P<0.01$);在 120 日龄时,滩羊背最长肌的失水率显著低于蒙古羊($P<0.05$);在 160 日龄时,蒙古羊背最长肌的失水率在 3 个品种中最高,但品种间差异不显著($P>0.05$);在 200 日龄时,蒙古羊背最长肌的失水率显著高于滩羊和小尾寒羊($P<0.05$)。

表 3 3 个绵羊品种不同日龄背最长肌失水率的比较
Table 3 Comparison of LD water loss rate at different days old among three sheep breeds %

绵羊品种 Sheep breed	日龄/d Day age			
	80	120	160	200
滩羊 Tans sheep	15.19±0.98 M ^a	13.78±0.81 m	12.85±0.49 ^a	9.56±1.07 b _m
蒙古羊 Mongolia sheep	20.12±0.69 N ^a	16.99±2.45 b _n	13.65±1.13 ^c	12.83±0.37 c _n
小尾寒羊 Small-tailed Han sheep	15.12±1.41 M ^a	14.51±0.45 m _m	12.92±1.03 ^a	9.20±0.76 b _m

注:同行的上标字母表示同一品种不同日龄间的差异比较;同列的下标字母表示同一日龄不同品种间的差异比较。不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。
Note: Significant differences between ages in the same breeds are indicated by the superscript letters in the same row;The subscript letters of the same column indicate significant differences between breeds in the same ages. The different small letters indicate significant differences ($P<0.05$),the different capital letters indicate extremely significant difference ($P<0.01$). The same as below.

2.3 绵羊背最长肌的大理石纹评分

表 4 表明,滩羊、蒙古羊和小尾寒羊背最长肌的大理石纹评分随日龄增加而降低。80 日龄时,蒙古羊背最长肌的大理石纹评分显著高于滩羊和小尾寒羊($P<0.05$);120 日龄时,蒙古羊背最长肌的大理

石纹评分显著高于小尾寒羊($P<0.05$);在 160 日龄时,大理石纹评分在 3 个绵羊品种间差异不显著($P>0.05$);在 200 日龄时,蒙古羊背最长肌的大理石纹评分显著高于小尾寒羊($P<0.05$)。

由表 4 还可知,滩羊背最长肌的大理石纹评分

在 200 日龄时极显著低于 50,120 和 160 日龄($P<0.01$);蒙古羊 80 和 120 日龄时背最长肌的大理石纹评分显著高于 160 和 200 日龄($P<0.05$);小尾

寒 200 日龄时羊背最长肌的大理石纹评分显著低于 80,120 和 160 日龄($P<0.05$)。

表 4 3 个绵羊品种不同日龄背最长肌大理石纹评分的比较

Table 4 Comparison of LD Marbling score at different days old among three sheep breeds

绵羊品种 Sheep breed	日龄/d Day age			
	80	120	160	200
滩羊 Tan sheep	2.06±0.24 ^A _m	1.88±0.26 ^A _{mn}	2.06±0.20 ^A	1.19±0.09 ^B _{mn}
蒙古羊 Mongolia sheep	2.67±0.17 ^a _n	2.38±0.16 ^a _m	1.75±0.21 ^b	1.64±0.18 ^b _m
小尾寒羊 Small-tailed Han sheep	2.00±0.25 ^a _m	1.72±0.24 ^a _n	1.67±0.22 ^a	1.00±0.11 ^b _n

2.4 绵羊背最长肌的 pH 值

由表 5 可知,蒙古羊背最长肌的 pH 值随日龄增加而降低;滩羊和小尾寒羊背最长肌的 pH 值却呈波动变化。滩羊背最长肌 80 日龄的 pH 值极显著低于($P<0.01$)120,160 和 200 日龄;蒙古羊背最长肌的 pH 值在 200 日龄时显著低于($P<0.05$)80,120 和 160 日龄;小尾寒羊背最长肌的 pH 值在各日龄之间差异均不显著($P>0.05$)。

由表 5 还可知,80 日龄时,蒙古羊背最长肌的 pH 值极显著高于滩羊和小尾寒羊($P<0.01$),而滩羊背最长肌的 pH 值则显著低于小尾寒羊($P<0.05$);120 日龄时,蒙古羊背最长肌的 pH 值极显著高于小尾寒羊($P<0.01$);160 日龄时,蒙古羊背最长肌的 pH 值高于滩羊($P<0.01$)和小尾寒羊($P<0.05$);200 日龄时,3 个绵羊品种间背最长肌的 pH 值无明显差异($P>0.05$)。

表 5 3 个绵羊品种不同日龄背最长肌 pH 值的比较

Table 5 Comparison of LD pH at different days old among three sheep breeds

绵羊品种 Sheep breed	日龄/d Day age			
	80	120	160	200
滩羊 Tan sheep	5.52±0.22 ^{Mm} ^A	6.21±0.14 ^{MN} ^B	5.93±0.12 ^M ^B	6.13±0.14 ^B
蒙古羊 Mongolia sheep	6.66±0.11 ^N ^a	6.48±0.07 ^M ^a	6.46±0.10 ^{Nm} ^a	6.14±0.10 ^b
小尾寒羊 Small-tailed Han sheep	5.90±0.08 ^{Mn}	5.93±0.07 ^N	6.04±0.09 ⁿ	5.98±0.10

2.5 绵羊背最长肌的剪切力、失水率、大理石纹评分和 pH 值之间的相关性分析

对不同绵羊品种背最长肌剪切力、失水率、大理石纹评分和 pH 的相关性分析结果表明:滩羊背最长肌的失水率与 pH 值呈强负相关($r=-0.750$, $P<0.01$);蒙古羊背最长肌的剪切力与大理石纹评分呈负相关($r=-0.575$, $P<0.05$),大理石纹评分与 pH 值呈正相关($r=0.653$, $P<0.05$),剪切力与失水率呈负相关($r=-0.598$, $P<0.05$);小尾寒羊背最长肌的剪切力与失水率呈强负相关($r=-0.727$, $P<0.01$)。

不同日龄间绵羊背最长肌剪切力、失水率、大理石纹评分和 pH 值的相关性分析结果表明:80 日龄时,背最长肌的剪切力、失水率、大理石纹评分和 pH 值无明显相关关系;而 120 日龄时,剪切力与失水率呈强负相关($r=-0.873$, $P<0.01$);160 日龄时,剪切力与失水率呈强负相关($r=-0.712$, $P<0.01$),剪切力与大理石纹评分呈负相关($r=-0.696$, $P<0.05$),失水率与大理石纹评分呈强正相关($r=0.854$, $P<0.01$);在 200 日龄时,失水率与大理石纹评分呈强正相关($r=0.911$, $P<0.01$)。

在整体上,绵羊背最长肌的剪切力与失水率呈负相关($r=-0.535$, $P<0.05$),失水率与大理石纹评分呈正相关($r=0.403$, $P<0.05$),并且大理石纹评分与 pH 值呈正相关($r=0.369$, $P<0.05$)。

3 讨 论

本研究通过比较不同品种、不同日龄绵羊背最长肌的剪切力、失水率、大理石纹评分和 pH 值后发现,供试 3 个绵羊品种背最长肌的剪切力值随日龄增加而增大;大理石纹评分和失水率随日龄增加而降低;滩羊和小尾寒羊背最长肌的 pH 值随日龄增加呈波动变化,而蒙古羊背最长肌的 pH 值随日龄增加而降低。刘兴余等^[5]认为,不同年龄畜肉嫩度差别很大,一般年龄较小的动物肉较嫩,老龄动物肉嫩度较低。随着年龄的增加,肌肉中胶原蛋白内交联的数目不断增加,使不可溶性胶原的比例增大,导致肉的嫩度下降。国外许多报道表明,在其他条件一定的情况下,年龄是影响肉品质的一个最重要指标^[6-9]。本研究证明,日龄对绵羊背最长肌的嫩度有影响,但这种影响在 80~200 日龄不显著($P>0.05$);同时还证明,在 80~200 日龄,日龄对绵羊背

最长肌的失水率、大理石纹评分和 pH 值影响显著 ($P<0.05$)。

有研究表明,肌肉品质特性还受品种等因素的影响^[10]。品种因素对宰后苏尼特羊肌肉的剪切力值和失水率影响极显著 ($P<0.01$)^[11]。Arsenos 等^[12]也认为,品种因素明显影响羊肉的食用性,尤其在嫩度(剪切力值、熟肉率)方面,其影响力更为显著 ($P<0.01$)。本研究发现,品种等因素对羊肉食用品质(剪切力值、失水率、大理石纹和 pH 值)的影响均差异显著 ($P<0.05$)。袁志明^[13]在 2006 年比较了小尾寒羊和蒙古羊的肉品理化性状及食用品质,认为蒙古羊的大理石纹评分、失水率和 pH 值均高于小尾寒羊,而滩羊与蒙古羊间差异不显著。本研究结果表明,蒙古羊背最长肌的嫩度、失水率和大理石纹评分在 3 个品种中最优,滩羊背最长肌的嫩度和 pH 在 3 个品种中最差,小尾寒羊背最长肌的失水率和大理石纹评分在 3 个品种中最低,3 个绵羊品种间背最长肌的剪切力、失水率、大理石纹评分和 pH 值差异显著。

Batcher 和 Dawson 早在 1960 年便发现,猪背最长肌的大理石纹与嫩度高度相关;但其他研究发现,大理石纹与嫩度相关性差^[14-16]。Ramsey 等^[17]研究表明,更多的大理石纹会增加肉的嫩度。本研究结果表明,绵羊背最长肌的剪切力与失水率呈强负相关,失水率与大理石纹评分正相关,大理石纹评分与 pH 值正相关。这说明在其他条件一定的情况下,大理石纹越丰富,肉的嫩度就越高。在国外,较高的肌肉 pH 值还与较高的风味评分直接相关^[18]。因而 pH 值高的肌肉,肉的嫩度也高;肉的嫩度越高,越富有多汁性,风味也就越佳。

[参考文献]

[1] Marta G, Jorge A R, Marcial P, et al. Effect of selection for growth rate on the ageing of myofibrils, meat texture properties and the muscle proteolytic potential of *M. longissimus* rabbits [J]. Meat Science, 2006, 72(1): 121-129.

[2] Morgan J B, Savell J W, Hale D S, et al. National beef tenderness survey [J]. Animal Science, 1991, 69(8): 3274-3283.

[3] 杨富民, 王晓玲. 杂种羊肉品质的测定 [J]. 甘肃科技, 2004, 20(6): 161-163.

Yang F M, Wang X L. Test of meat quality of hybrid sheep [J]. Gansu Science and Technology, 2004, 20(6): 161-163. (in Chinese)

[4] 杨富民. 肉用杂种一代羊肉品质特性研究 [D]. 兰州: 甘肃农业

大学, 2004.

Yang F M. Study on mutton characteristics of crossbred for meat [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2004. (in Chinese)

[5] 刘兴余, 金邦荃. 影响肉嫩度的因素及其作用机理 [J]. 食品研究与开发, 2005, 26(5): 177-179.

Liu X Y, Jin B Q. Effects on meat tenderness and its mechanism [J]. Research and development of food, 2005, 26(5): 177-179. (in Chinese)

[6] Bulmer T N. Relationship of marbling to the palatability of beef [J]. Animal Science, 1963, 22(8): 771-778.

[7] Hammond J. Growth and development of mutton quality in the sheep [M]. London: Loiver and Boyd, 1932.

[8] Harrison A R, Smith M E, Allen D M, et al. Nutritional regime effects on quality and yield characteristics of beef [J]. Animal Science, 1978, 47(2): 383-388.

[9] Tuma H J, Henrickson R L, Stephens D F. Influence of marbling and animal age on factors associated with beef quality [J]. Animal Science, 1962, 21(11): 848-851.

[10] Joubert D M. Analysis of factors influencing post-natal growth and development of the muscle fibre [J]. Animal Science, 1956, 47: 59-102.

[11] 席其乐木格. 苏尼特羊宰后肌肉品质及其变化规律的研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2007.

Xi Q L M G. Study on sunit mutton quality and changing rule [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2007. (in Chinese)

[12] Arsenos G, Banos G, Fortomaris P, et al. Eating quality of lamb meat: effects of breed, sex, degree of maturity and nutritional management [J]. Meat Science, 2002, 60(4): 379-387.

[13] 袁志明. 小尾寒羊和蒙古羊肉品理化性状及食用品质的研究 [J]. 特产研究, 2006, 28(2): 22-23.

Yuan Z M. Study on physicochemical characters and edible quality between Small-tail Han sheep mutton and Mongolia Mutton [J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2006, 28(2): 22-23. (in Chinese)

[14] Safflc R L, Bratzler L J. The effect of fatness on some processing and palatability characteristics of pork carcasses [J]. Food Technol, 1959, 13: 236.

[15] Murphy M O, Carlin A F. Relation of marbling, cooking yield and eating quality of pork chops to back fat thickness on hog carcasses [J]. Food Technol, 1961(15): 57.

[16] Kauffman R G, Carpenter Z L, Bray R W, et al. Biochemical properties of pork and their relationship to quality II. intramuscular fat [J]. Food Science, 1964, 29(1): 70-74.

[17] Ramsey C B, Tribble L F, Wu C, et al. Effects of grains, marbling and sex on pork tenderness and composition [J]. Animal Science, 1990, 68(1): 148-154.

[18] Hopkins D L. Assessment of lamb meat color [J]. Meat Focus International, 1996, 5(11): 400-401.