

不同饲养条件对羊肉品质的影响

权心娇, 王思珍*, 曹颖霞

(内蒙古民族大学动物科学技术学院, 内蒙古 通辽 028000)

摘要:以小尾寒羊和本地羊的杂交羊为母本, 萨福克羊为父本进行杂交得到羊群, 选择6~10月龄的30只羊进行去势处理, 在冬季进行日光暖棚(A组)和普通羊舍(B组)两种环境下饲养。饲养实验结束后两组分别随机选取7只羊屠宰, 对羊肉进行感官评定和食用品质分析。结果表明: 两组肉质在肉色、大理石纹、pH值、失水率、胆固醇含量等指标上并无明显差异; A组羊的熟肉率、蒸煮损失和嫩度分别是44.57%、13.96%、4.5 kg, B组羊的分别是48.01%、18.86%、6.82 kg, 两组间差异显著($P < 0.05$)。A组羊的肉质更易熟、蒸煮损失少、肉质更嫩、口感更佳。A、B组实验羊肉质均含有丰富的脂肪酸、氨基酸和矿物质, 且两种饲养条件下羊肉中这3种营养物质含量差异不显著。

关键词: 羯羊; 日光暖棚; 肉品品质; 感官评定; 影响

Influence of Different Feeding Conditions on Mutton Quality

QUAN Xinjiao, WANG Sizhen*, CAO Yingxia

(College of Animal Science and Technology, Inner Mongolia University for the Nationalities, Tongliao 028000, China)

Abstract: Hybrid ewes of Small Tail Han sheep and local sheep in Tongliao, Inner Mongolia autonomous region was crossbred with Suffolk rams. Totally 30 crossbred sheep between 6 and 10 months of age were castrated, and then fed under two different environments in winter: in a sunlight greenhouse (group A) and a common sheep pen (group B), respectively. Seven sheep were randomly selected from each group after the feeding experiment and slaughtered for sensory evaluation and eating quality analysis of lamb meat. The results showed that there was no significant difference in meat color, marbling, pH, water loss rate and cholesterol content between the two groups. The cooked meat yield, cooking loss rate and tenderness of mutton were 44.57%, 13.96% and 4.5 kg for group A, and 48.01%, 18.86% and 6.82 kg for group B, respectively, suggesting significant differences in respect of these three indexes between both groups ($P < 0.05$). Data showed that lamb meat from group A was more easy to cook, producing higher meat tenderness, better taste and lower cooking loss rate. Fatty acids, amino acids and minerals were abundant in mutton from both groups without significant differences.

Key words: wether; solar greenhouse; meat quality; sensory evaluation; influence

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)15-0011-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201515003

进入20世纪以来, 随着生活水平的提高, 市场对羊肉的需求量日益增加^[1]。20世纪后期, 世界各地的养羊产业开始向多级化方向发展, 已由过去单一的以产毛为主转向肉毛兼用, 进而转变为“主肉从毛”的发展局面, 尤其以羔羊肉的生产为主^[2]。影响羊产肉性能和肉品品质的主要因素包括遗传因素、年龄因素、性别因素和饲养因素^[3-4]。国内现阶段更重视对羊的生长速度和肉产量的提高, 而国外已经开始通过遗传和环境因素共同影响, 研究如何改良肉品品质^[5-6]等一系列问题, 也越来越受到市场和消费者的关注。研究显示, 环境温度对动物采食

量、能量需求量等方面有影响, 从而影响肉的蛋白质、氨基酸等含量^[7]。本实验选择冬季, 在日光暖棚和普通羊舍两种饲养环境下, 对羊屠宰后肉质进行相关感官和理化特性指标的测定。旨在解释不同饲养环境对羊肉肉质的影响。

1 材料与方法

1.1 动物

2013年11月25日—2014年1月23日, 在通辽市科尔

收稿日期: 2014-10-17

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目(31160474)

作者简介: 权心娇(1988—), 女, 硕士研究生, 主要从事家畜环境卫生学、动物营养与饲料科学研究。E-mail: quanxinjiao@hotmail.com

*通信作者: 王思珍(1961—), 男, 教授, 学士, 主要从事家畜环境卫生学、动物营养与饲料科学研究。E-mail: szhw1961@163.com

沁区余粮堡镇吴金宝嘎查一养羊个体户,用小尾寒羊和本地羊的杂交羊为母本,以萨福克羊为父本自繁自养,选取检疫后健康无病6~10月龄的绵羊羯羊30只,随机分为两组,每组15只,采用单栏饲养,经统计分析两组羊的体质量差异不显著。一组在日光暖棚羊舍饲养(A组),另外一组在普通羊舍内饲养(B组),预饲期为20d,实验期40d。饲养实验结束后对两组分别随机选取7只屠宰,同时取屠宰羊只的背最长肌400g左右作为代表对其感官指标和营养指标进行测定,按照国家标准或标准实验室方法测定相关数据。

1.2 仪器与设备

BPG-9140A电热鼓风干燥箱 上海一恒科技有限公司; PHS-3C型精密pH计 上海嘉鹏科技有限公司; TA.XT.plus物性测定仪 英国Stable Micro System公司; AAA-Direct全自动氨基酸分析仪 戴安中国有限公司; SER148脂肪测定仪 嘉盛(香港)科技有限公司; SHF3-NPCaO₂氮磷钙测定仪 西化仪(北京)科技有限公司; Z-2000原子吸收仪 北京普析通用仪器有限责任公司。

1.3 方法

1.3.1 肉色与大理石纹测定

肉色采用目测评分法^[8]:取胸腰结合处的背最长肌,置于0~4℃冰箱中存放24h后,在室内自然光下对照美制NPPC比色板(1991版)对肉样新鲜切面进行目测评分。1分为灰白色(异常肉色),2分为轻度灰白(倾向异常肉色),3分为正常鲜红色,4分为稍深红色(属于正常肉色),5分为暗紫色(异常肉色),分值之间增设0.5分档。

大理石纹与肉色测定同步进行,在室内自然光下对照美制NPPC比色板(1991版),按5级评分制进行大理石纹评分。1分为脂肪痕量,2分为脂肪微量,3分为脂肪中量,4分为脂肪多量,5分为脂肪过量。两分之间允许设0.5分档^[8]。

1.3.2 pH值测定

宰后45min从羊背最长肌肌肉内层切取肌肉组织,用pH计测定肉样pH₁值,之后将试样置于4℃环境中冷藏,24h后再测定pH₂₄值^[9]。

1.3.3 肉样熟肉率与蒸煮损失测定

采用蒸煮法^[10]来计算熟肉率和蒸煮损失。实验羊屠宰后1h内,取其具有代表性肌肉100g,将其切割称取50g,置于铝锅上用沸水蒸50min,取出后室温冷却30~45min后,再称质量。将剩余约50g肉样称质量后浸于80℃0.9%生理盐水中,以80℃水浴加热25min,从水浴中取出肉样,用自来水将其冷却至室温后置于4℃冰箱中保存,时间不超过24h。取出后吸干肉样表面水分,称质量。分别按公式(1)、(2)计算熟肉率^[11]和蒸煮损失^[12]。

$$\text{熟肉率}/\% = \frac{\text{蒸煮后肉样质量}/\text{g}}{\text{蒸煮前肉样质量}/\text{g}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{蒸煮损失}/\% = \frac{\text{蒸煮前肉质量}/\text{g} - \text{蒸煮后肉质量}/\text{g}}{\text{蒸煮前肉质量}/\text{g}} \times 100 \quad (2)$$

1.3.4 肉样失水率与嫩度测定

失水率的测定:实验羊宰后2h内取倒数第3~4胸椎段背最长肌,用圆形取样器切取厚约1.0cm横截面积约5cm²的肉样。然后将其夹在两层纱布中间,上下各垫18层中速滤纸,再夹于两层硬塑料间,置于压力仪平台上加压至35kg保持5min。撤除压力后立即从纱布中剥下肉样,称其质量并按照公式(3)计算失水率^[13]。

$$\text{失水率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (3)$$

式中: m_1 为加压前肉样质量/g; m_2 为加压后肉样质量/g。

嫩度的测定:宰后1h内取胴体第13~16胸椎处背最长肌一段肉样,剔除肉表脂肪,置于4℃条件下冷藏24h。取出后放入80℃恒温水浴锅中,加盖后持续加热,直至肌肉中心温度达到70℃为止,取出肉样使肌肉冷却至0~4℃。用1.27cm直径的圆形取样器顺肌纤维方向钻切肉样,备用。用物性测定仪测定5个肉块的平行剪切力值,计算出算术平均值,单位用kg表示^[14]。

1.3.5 肉样矿物质含量测定

按照GB/T 13885—2003《动物饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法》^[15],测定肉样中Cu、Fe、Zn、Mg、Mn的含量;按照GB/T 9695.13—2009《肉与肉制品 钙含量测定》^[16]测定肉样中的Ca含量;按照GB/T 9695.4—2009《肉与肉制品总磷含量的测定》^[17]测定肉样中的P含量。

1.3.6 肉样氨基酸含量的测定

采用氨基酸自动分析仪测定法^[18]。将均质化的肉样经干燥、脱脂、水解等过程后,用全自动氨基酸分析仪测定试样液的氨基酸含量。

1.3.7 肉样脂肪酸与胆固醇含量的测定

按照GB/T 9695.2—2008《肉与肉制品 脂肪酸测定》^[19]测定脂肪酸含量。

胆固醇含量的测定:采用索氏提取法提取脂肪,并计算出每100g食物中脂肪含量。经提取、皂化、冷却、静置分层等步骤,用分光光度法在分光光度计560~575nm波长范围内比色,测得吸光度,在标准曲线上查出相应的胆固醇含量^[18]。

1.4 数据统计分析

利用SPSS 19软件对实验数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同饲养环境条件下肉样感官品质的比较

表1 不同饲养环境条件下肉样感官品质
Table 1 Sensory quality of lambs from different feeding conditions

指标	A组	B组
肉色	5.57±0.35	5.21±0.27
大理石纹	3.14±0.24	3.36±0.24

肉色是商品肉色、香、味、质几大要素中最直观、最先导的感官印象。肌肉颜色深浅主要取决于肌肉中血红蛋白和肌红蛋白的含量和状态，还与微量色素代谢产物有关^[20]。由表1可知，A组和B组的实验羊肉色评分均在5分左右，属正常肉色。但A组实验羊肉色色泽较B组实验羊肉偏深红。

大理石纹指肉眼可见的肌肉横切面红色中的白色脂肪纹状结构，比色标准以3分为最理想脂肪分布。两种环境下的实验羊肉评分均在3分左右，脂肪分布理想，说明肉样中蓄积的脂肪适量，且肉多汁性好。

2.2 不同饲养环境条件下肉样物理特性的比较

表2 不同饲养环境条件下肉样的物理特性
Table 2 Physical properties of lambs from different feeding conditions

指标	A组	B组
pH ₁	7.11±0.06 ^a	6.98±0.07 ^b
pH ₂₄	6.39±0.14 ^a	6.47±0.13 ^a
熟肉率/%	44.57±0.01 ^A	48.01±0.00 ^B
蒸煮损失/%	13.96±3.57 ^a	18.86±4.80 ^b
失水率/%	10.35±4.31 ^a	11.27±7.66 ^a
嫩度/kg	4.50±7.16 ^a	6.82±9.21 ^b

注：同行小写字母不同表示差异显著（ $P < 0.05$ ）；同行大写字母不同表示差异极显著（ $P < 0.01$ ）。下同。

由表2可知，对于刚分割下来的肉，A组显著高于B组（ $P < 0.05$ ），而经过排酸这一过程，最终pH₂₄值均回到同一水平；A组肉样的熟肉率极显著低于B组（ $P < 0.01$ ）；A组肉样的蒸煮损失显著低于B组（ $P < 0.05$ ）；在肉品嫩度上，A组羊肉显著高于B组（ $P < 0.05$ ）。

2.3 不同饲养环境条件下肉样氨基酸和脂肪酸含量的比较

氨基酸分为必需氨基酸（essential amino acid, EAA）和非必需氨基酸（non-essential amino acid, NEAA）。必需氨基酸是指必须从食物中直接获得，人体不能直接合成的氨基酸。必需氨基酸的组成与含量是衡量蛋白质优劣性的重要指标^[21-22]。

由表3可知，A、B两组实验羊的17种氨基酸中，缬氨酸和异亮氨酸含量差异显著（ $P < 0.05$ ），其余15种氨基酸差异不显著（ $P > 0.05$ ）。

表3 不同饲养环境条件下肉样的氨基酸含量
Table 3 Amino acid contents of lambs from different feeding conditions

氨基酸种类	A组	B组
精氨酸	5.07±0.38 ^a	5.16±0.49 ^a
赖氨酸	7.35±0.51 ^a	7.71±0.15 ^a
丙氨酸	5.22±0.05 ^a	5.19±0.04 ^a
苏氨酸	3.37±0.24 ^a	3.62±0.08 ^a
甘氨酸	4.17±0.27 ^a	4.45±0.58 ^a
缬氨酸	3.68±0.05 ^b	3.36±0.18 ^a
丝氨酸	4.87±0.30 ^a	5.14±0.35 ^a
脯氨酸	3.40±0.32 ^a	3.68±0.27 ^a
异亮氨酸	3.26±0.11 ^b	2.92±0.25 ^a
亮氨酸	9.53±0.39 ^a	10.05±0.33 ^a
蛋氨酸	2.26±0.11 ^a	2.28±0.05 ^a
组氨酸	4.27±0.58 ^a	4.52±0.55 ^a
苯丙氨酸	3.89±0.19 ^a	3.91±0.11 ^a
谷氨酸	15.09±1.20 ^a	15.91±1.07 ^a
天冬氨酸	8.44±0.70 ^a	9.00±0.73 ^a
半胱氨酸	0.87±0.08 ^a	0.89±0.03 ^a
酪氨酸	3.62±0.34 ^a	3.74±0.14 ^a

表4 不同环境饲养条件下肉样的脂肪酸含量
Table 4 Fatty acid contents of lambs from different feeding conditions

脂肪酸种类	A组	B组
C _{8:0}	0.12±0.01 ^a	0.13±0.00 ^a
C _{10:0}	0.12±0.04 ^a	0.15±0.04 ^a
C _{12:0}	0.15±0.14 ^a	0.10±0.04 ^a
C _{14:0}	2.27±1.24 ^a	2.37±0.43 ^a
C _{14:1}	0.07±0.03 ^a	0.08±0.01 ^a
C _{15:0}	0.32±0.17 ^a	0.31±0.07 ^a
C _{15:1}	0.10±0.01 ^a	0.09±0.02 ^a
C _{16:0}	22.30±5.30 ^a	26.37±7.03 ^a
C _{16:1}	1.84±0.44 ^a	2.18±0.37 ^a
C _{17:0}	0.94±0.37 ^a	1.12±0.54 ^a
C _{17:1}	0.86±0.20 ^a	1.08±0.30 ^a
C _{18:0}	17.69±2.58 ^a	23.73±11.49 ^a
trans-C _{18:1}	3.09±0.82 ^a	3.31±0.86 ^a
cis-C _{18:1}	38.75±7.62 ^a	46.70±14.81 ^a
trans-C _{18:2}	0.25±0.10 ^a	0.27±0.11 ^a
cis-C _{18:2}	6.31±0.62 ^a	6.37±0.76 ^a
C _{20:0}	0.13±0.04 ^a	0.15±0.05 ^a
C _{18:3 n-6}	0.08±0.01 ^a	0.09±0.02 ^a
C _{18:3 n-3}	0.37±0.20 ^a	0.29±0.04 ^a
C _{20:1 n-9}	0.09±0.02 ^a	0.10±0.03 ^a
C _{21:0}	0.06±0.02 ^a	0.06±0.01 ^a
C _{20:2}	0.04±0.01 ^a	0.05±0.01 ^a
C _{22:0}	0.06±0.01 ^a	0.06±0.01 ^a
C _{20:3 n-6}	0.18±0.01 ^a	0.18±0.01 ^a
C _{22:1 n-9}	1.66±0.04 ^a	1.67±0.07 ^a
C _{20:5 n-3}	0.17±0.04 ^a	0.17±0.04 ^a
C _{22:6 n-3}	0.12±0.05 ^a	0.13±0.04 ^a

由表4可知，A、B两组实验羊的脂肪酸含量差异均不显著（ $P > 0.05$ ）。

2.4 不同饲养环境条件下肉样矿物质和胆固醇的比较

由表5可知，A、B两组实验羊肉的Ca、Cu、Fe、Zn、Mg含量差异均不显著（ $P > 0.05$ ）。A组实验羊肉P含量显著高于B组实验羊肉（ $P < 0.05$ ）。两组实验羊的肌肉中胆固醇含量差异不显著（ $P > 0.05$ ）。

表5 不同饲养环境饲养条件下肉样的矿物质及胆固醇含量
Table 5 Mineral and cholesterol contents of lambs from different feeding conditions

指标	A组	B组
Ca含量/(mg/100 g)	0.42±0.08 ^a	0.35±0.03 ^a
P含量/(mg/100 g)	0.81±0.02 ^a	0.77±0.01 ^b
Cu含量/(mg/100 g)	8.17±1.31 ^a	8.20±3.41 ^a
Fe含量/(mg/100 g)	5.40±0.35 ^a	4.77±0.32 ^a
Zn含量/(mg/100 g)	9.23±0.86 ^a	9.60±0.21 ^a
Mg含量/(mg/100 g)	10.33±0.58 ^a	10.26±0.64 ^a
胆固醇含量/(mg/kg)	220.00±23.85 ^a	190.65±27.91 ^a

3 讨论

3.1 日光暖棚饲养条件对肉质感官性能的影响

许多肉质感官性状都与其内在品质有着必然的联系。A组实验羊在肉色上较B组实验羊偏深红，A、B两组实验羊的肉色值分别为5.57和5.21，介于鲜红和深红肉色之间。大理石纹是评价肉品脂肪分布的指标之一，A、B两组实验羊的大理石纹评分分别是3.14和3.36，显示脂肪分布适中。

3.2 日光暖棚饲养条件对肉质理化性能的影响

肉的pH值、熟肉率、蒸煮损失、失水率和嫩度等指标是肉品口感好坏的重要评定标准。数据显示，A组实验羊在刚屠宰1 h内的pH值为7.11，显著高于B组实验羊肉的pH值6.98。肉在由生到煮熟的过程中，质量会减轻。原理是当肉煮熟后，肌肉中蛋白质的热变性作用，使肌纤维紧缩，空间变小，肌肉中自由水不易被挤出^[23]。由此可知熟肉率越高，肌肉在蒸煮过程中的蒸煮损失就越低，那么肉的嫩度就越好。A组实验羊肉的熟肉率、蒸煮损失和嫩度分别是44.57%、13.96%、4.50 kg，B组实验羊肉的分别是48.01%、18.86%、6.82 kg，两者差异显著 ($P < 0.05$)。说明A组实验羊肉蒸煮后损失少，熟肉率高，肉质嫩度好，嫩度数值愈小，肉愈细嫩，数值愈大，肉愈粗老^[24]。但是，两种条件下饲养的羊，肉质在重压下的失水程度无明显差异。以上数据均可说明A组实验羊肉呈现出比B组实验羊肉更好的保水性。

3.3 日光暖棚饲养条件对肉营养物质含量的影响

必需氨基酸指的是人体自身不能合成或合成速率不能满足人体需要，必须从食物中摄取的氨基酸^[25]。必需氨基酸共有8种：赖氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、缬氨酸。A组实验羊肉缬氨酸和异亮氨酸这两种必需氨基酸含量明显高于B组实验羊肉，人体缺乏异亮氨酸时会出现体力衰竭，昏迷等症状，而缬氨酸有加快创伤愈合、治疗肝功能衰竭、提高血糖水平、增加生长激素等功能。两种肉样脂肪酸含量丰富，但是日光暖棚和普通羊舍两种饲养环境对肉样脂肪酸含量无明显影响。

从矿物质含量角度来看，在一定范围内，其含量越

高，营养价值越大，A、B两组实验羊矿物质含量丰富，其中A组实验羊P含量尤为突出，明显高于B组实验羊。说明日光暖棚饲养条件对肌肉中P含量有很大的影响。

4 结论

暖棚技术使宰后羊肉肉质保水性更好，嫩度更佳，感官性能和食用品质更好；日光暖棚技术可以提高羊肉中缬氨酸、异亮氨酸和P的含量。但脂肪酸和胆固醇含量差异不显著。

由于日光暖棚技术利用的是自然资源，成本很低，养殖户可根据生产需要适宜选择日光暖棚技术饲养，从而提高经济效益。

参考文献:

- [1] 韩卫杰. 肉用绵羊杂交组合筛选及胴体分割方法的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005: 6-7.
- [2] 赵有璋. 肉羊高效益生产技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 5-10.
- [3] LAWRIE R. Developments in meat science-2[M]. London: Applied Science Publishers, 1981: 833-836.
- [4] SHAHIDI F, RUBIN L J, D'SOUZA L A, et al. Meat flavor volatiles: a review of the composition, techniques of analysis, and sensory evaluation[J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 1986, 24(2): 141-243.
- [5] SELLIER P, MONIN G. Genetics of pig meat quality: a review[J]. Journal of Muscle Foods, 1994, 5(2): 187-219.
- [6] GIBB M J, COOK J E, TREACHER T T. Performance of British Saanen, Boer × British Saanen and Anglo-Nubian castrated male kids from 8 weeks to slaughter at 28, 33 or 38 kg live weight[J]. Animal Science, 1993, 57(2): 263-271.
- [7] 秦玉玲. 温热环境对动物养分需要量的影响[J]. 养殖技术顾问, 2014(1): 17.
- [8] 刘伟娟. 几种肉羊肌肉组织学性状和理化性状的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2009: 11-12.
- [9] 陈韬, 董文明, 李兴楼, 等. 云南山羊肉质研究[J]. 畜牧与兽医, 1999, 31(5): 14-16.
- [10] 李福昌, 李同树, 苏鹏程, 等. 渤海黑牛肉品质品质的研究[J]. 黄牛杂志, 2001, 27(1): 14-15.
- [11] 席其乐木格, 莎丽娜, 武彩霞, 等. 苏尼特绵羊肉理化品质的分析研究[J]. 农产品加工: 学报, 2005(5): 28-30.
- [12] 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.
- [13] 倪德斌, 熊远, 邓昌彦, 等. 猪肌肉品质测定技术规范[C]//山东畜牧兽医学会养猪专业委员会第一届学术研讨会论文集, 北京: 中国畜牧兽医协会, 2007.
- [14] 孙旺斌, 张骞, 屈雷, 等. 陕北白绒山羊周岁羯羊肌肉常规营养成分及肉质特性[J]. 食品科学, 2011, 32(17): 357-361.
- [15] 全国饲料工业标准化技术委员会. GB/T 13885—2003 动物饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [16] 全国食品工业标准化委员会肉禽蛋制品分技术委员会. GB/T 9695.13—2009 肉与肉制品 钙含量测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [17] 全国食品工业标准化委员会肉禽蛋制品分技术委员会. GB/T 9695.4—2009 肉与肉制品 总磷含量的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [18] 李述刚. 新疆主要地方品种绵羊肌肉营养成分测定研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009: 30.
- [19] 全国食品工业标准化委员会肉禽蛋制品分技术委员会. GB/T 9695.2—2008 肉与肉制品 脂肪酸测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [20] 张伟力. 猪肉肉色与酸度测定方法[J]. 养猪, 2002(2): 33-34.
- [21] 李庆龙, 柯惠玲. 粮食营养与人体健康[M]. 北京: 农业出版社, 1987: 10-28.
- [22] 孙远明. 食品营养学[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 57-89.
- [23] 张霞飞, 边连全, 丛玉艳, 等. 补饲CaCO₃对猪肉系水力的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(3): 733-734.
- [24] 曾勇庆, 王慧, 储明星, 等. 小尾寒羊肉品理化性状及食用品质的研究[J]. 中国畜牧杂志, 2000, 36(3): 6-8.
- [25] 罗卫星, 张启林, 穆林, 等. 黔北麻羊的肉用性能和肉质特性研究[J]. 西南农业学报, 2010, 23(5): 1706-1710.