

杨洋, 袁超, 龙勇, 等. 不同月龄贵州黑山羊生长性能、屠宰性能及肌肉和脂肪组织中膾味脂肪酸含量分析 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (1): 13-19.

YANG Y, YUAN C, LONG Y, et al. Analysis of growth performance, slaughter performance and content of odor fatty acids in muscle and adipose tissue of Guizhou Black goats at different months of age [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (1): 13-19.

## 不同月龄贵州黑山羊生长性能、屠宰性能及肌肉和脂肪组织中膾味脂肪酸含量分析

杨洋<sup>1</sup>, 袁超<sup>1</sup>, 龙勇<sup>2</sup>, 肖文<sup>2</sup>

(1. 贵州省畜牧兽医研究所, 贵州 贵阳 550005;

2. 贵州大学高原山地动物遗传育种与繁殖教育部重点实验室, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** 为了研究不同月龄贵州黑山羊的生产性能、屠宰性能及肌肉和脂肪组织中膾味脂肪酸的含量, 选择同一饲养水平下的3、6、12和24月龄贵州黑山羊公母各40只进行生长性能测定, 随机选取不同年龄段公母羊各5只进行屠宰性能分析, 并对不同月龄贵州黑山羊公羊的不同肌肉和脂肪组织中膾味脂肪酸含量进行测定分析。结果: 不论公羊还是母羊, 不同月龄的贵州黑山羊在体重、体高、体长、胸围等指标上均存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 且均随着月龄增大而增大, 其屠宰性能各项指标也随月龄增大而逐渐增加。对肌肉组织中脂肪酸分析发现, 不同月龄贵州黑山羊背最长肌和腿肌中3种膾味脂肪酸4-甲基辛酸 (MOA)、4-乙基辛酸 (EOA) 和4-甲基壬酸 (MNA) 含量均呈现出随月龄增加而增大的趋势, 3种膾味脂肪酸均在24月龄时含量最高。在皮下脂肪中, MOA和MNA的含量均在24月龄最高, 均极显著高于其他月龄, 而EOA含量在12月龄最高, 且极显著高于其他月龄; 在脂肪组织中, 3种膾味脂肪酸的含量均在24月龄最高, 极显著高于其他月龄。本研究结果说明, 不同月龄贵州黑山羊生长和屠宰性能有较大差异, 且膾味脂肪酸会随着年龄的增加而不断形成和沉积。

**关键词:** 月龄; 贵州黑山羊; 生长性能; 屠宰性能; 膾味脂肪酸

中图分类号: S827.5 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)01-0013-07

## Analysis of growth performance, slaughter performance and content of odor fatty acids in muscle and adipose tissue of Guizhou Black goats at different months of age

YANG Yang<sup>1</sup>, YUAN Chao<sup>1</sup>, LONG Yong<sup>2</sup>, XIAO Wen<sup>2</sup>

(1. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550005, China;

2. Key Laboratory of Plateau Mountain Animal Genetics, Breeding and Reproduction, Ministry of Education, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** This study was to determine the production performance, slaughter performance and content of mutton fatty acids in muscle and adipose tissue of Guizhou Black goats at different months of age. In the experiment, 80 Guizhou Black goats (40 males and 40 females) aged 3, 6, 12, and 24 months were selected under the same feeding level for growth performance measurement. Five males and five females of the goats of different ages were randomly selected for slaughter performance analysis. The content of mutton fatty acids in different muscles and adipose tissues of the male goats at different months of age were measured and analyzed. The results showed that there were significant differences in body weight, body height, body length, chest circumference, and other indicators between the males and females ( $P < 0.05$ ), and these indicators all increased with higher months of age of the goats. The various indicators of slaughter performance of the goats showed the same trend. The analysis of fatty acids in the muscle tissue showed that the contents of 4-methyl octanoic acid (MOA), 4-ethyl octanoic acid (EOA) and 4-methyl nonanoic acid (MNA) all showed a trend of increasing with higher months of age of the goats. The contents of the three

收稿日期: 2023-05-31; 修回日期: 2023-10-27

基金项目: 贵州省科技计划项目 (黔科合支撑 [2021] 一般 112); 贵州省农业科学院青年科技基金项目 (黔农科院青年科技基因 [2021] 27号); 贵州省科技计划项目 (黔科合支撑 [2022] 重点 033); 国家重点研发计划项目 (2021YFD1100308)

第一作者: 杨洋, 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事动物遗传育种与繁殖方面的研究, E-mail: 1037856957@qq.com.

types of mutton fatty acids in the tissue were the highest at 24 months of age of the animals. In the subcutaneous fat of the goats, the contents of MOA and MNA were the highest at 24 months of age, both significantly higher than those at the other months of age; however, the content of EOA was the highest at 12 months of age, and significantly higher than that at the other months of age. In the adipose tissue of animals, the contents of the three types of mutton fatty acids were the highest at 24 months of age, which was significantly higher than those at the other months of age. The present study indicated that there were significant differences in growth and slaughter performance among Guizhou Black goats at different months of age, and the formation and deposition of mutton fatty acids continued with the increasing age of goats.

**Keywords:** month of age; Guizhou Black goat; growth performance; slaughtering performance; odor fatty acids

养羊生产中,全面客观地分析羊的体重体尺等生长指标,能够对羊的生产实践起到积极的指导作用。陈玲等<sup>[1]</sup>通过分析不同月龄湖羊体重与体尺关系,建立了湖羊不同月龄体重、体尺的回归模型,为不同阶段的选择提供依据。李明明等<sup>[2]</sup>分析了藏山羊羔羊不同月龄的体尺性状,结果表明体重和体尺性状与月龄之间存在正相关。羊的屠宰年龄对屠宰性能以及肉质具有一定的影响,蔡树东等<sup>[3]</sup>对于不同品种杂交羊生长性能和屠宰性能分析表明,萨哈 F1、杜哈 F1 羔羊初生至 5 月龄的体重、日增重、胴体重、屠宰率、产肉率、净肉率、臀脂重均显著高于湖哈 F1 和哈萨克羔羊。王维婷等<sup>[4]</sup>研究表明不同月龄莱芜黑山羊屠宰性能及肉质品质均存在不同程度的差异,且 12 月龄时的屠宰效益最高。羊肉特有的膻味也是影响肉品质的关键因素,冯润芳等<sup>[5]</sup>通过对小尾寒羊后腿、里脊、上脑和羊排 4 个部位的脂肪含量、蛋白质含量、挥发性风味物质和脂肪酸组成对比分析表明,小尾寒羊主要风味化合物为辛醛、壬醛、辛醇、1-辛烯-3-醇、辛酸和癸酸。尹丽卿等<sup>[6]</sup>通过分析 4、5、6 和 8 月龄巴寒 F2 羊和小尾寒羊肌肉脂肪酸的组成得知,巴寒 F2 羊和小尾寒羊各月龄肌肉中,大多数脂肪酸在各月龄间存在差异,棕榈酸、硬脂酸、油酸等含量较多且都随着月龄的增大先升高后降低。康生萍等<sup>[7]</sup>通过对不同月龄青海黑藏羊肌肉脂肪酸组成和风味差异比较发现,12 月龄青海黑藏羊肉在脂肪酸组成方面更具优势,而 24 月龄羊肉整体风味物质更为丰富。有报道指出,4-甲基辛酸(MOA)、4-乙基辛酸(EOA)和 4-甲基壬酸(MNA) 3 种支链脂肪酸是形成羊肉膻味的主要因素<sup>[8]</sup>。贵州黑山羊具有适应性强、耐粗饲、产肉性能好、膻味轻、肉鲜美可口、板皮品质优良等特点,已列入国家品种资源目录。目前对贵州黑山羊的研究主要集中在饲养技术、遗传改良技术等方面,对于贵州黑山羊在不同月龄生长性能以及相应的肉质风味特征的研究未见相关报道。因此,本试验通过分析不同月龄贵州黑山羊的生长性能、屠宰性能及相关肌肉和脂肪组织中膻味脂肪酸的含量,为了解贵州黑山羊发育规律、膻味物质形成规律奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物

试验所用贵州黑山羊均来于自贵州省畜牧兽医研究所麦坪基地,选取同一批次生产、生长环境一致的 3、6、12 和 24 月龄贵州黑山羊公母羊各 40 只,测定体重和体尺等数据;随机选取不同年龄段贵州黑山羊公母各 5 只进行屠宰性能测定。

### 1.2 生长性能测定

测定贵州黑山羊各月龄体重和体尺指标。体重的测定工作均在上午 10 点之前完成,保证测定的试验羊均是空腹状态;体尺包括体高、体长、胸围、管围、胸深和胸宽,测定体尺时,将试验羊保定在平坦的地面,使其能够保持自然站立的姿态,测定方法参考《第三次全国畜禽遗传资源普查操作手册(第二册)》中羊生长性能测定的方法。

### 1.3 屠宰性能测定

选取各月龄段的贵州黑山羊公母各 5 只进行屠宰,屠宰前 24 h 禁食,测定宰前活重、胴体重、净肉重、眼肌面积、胴体脂肪含量值(GR 值)等指标,测定方法参考《第三次全国畜禽遗传资源普查操作手册(第二册)》中羊屠宰性能测定的方法,并计算屠宰率、净肉率和胴体净肉率。

屠宰率 = 胴体质量 / 宰前活质量 × 100%; 净肉率 = 净肉重 / 宰前活质量 × 100%; 胴体净肉率 = 净肉重量 / 胴体重 × 100%。

### 1.4 肉品质测定

对不同月龄贵州黑山羊公母羊进行肉品质的测定,包括肉色、pH 值、剪切力、熟肉率、滴水损失以及干物质、粗蛋白质、粗脂肪含量。测定方法参考《第三次全国畜禽遗传资源普查操作手册(第二册)》中羊肉品质的测定方法。

肉色:使用色差仪测定背最长肌的亮度(L)、红度(a)和黄度(b)值。

pH 值:试验羊屠宰后,使用 pH 计测定背最长肌屠宰 45 min 和 24 h 的 pH 值。

剪切力:取背最长肌组织块,修剪并剔除表面脂肪与结缔组织后放置在自封袋中,置于水浴锅中

80 ℃水浴 1 h, 水浴结束干燥后, 修剪尺寸大小约为 1.5 cm×1.0 cm×1.0 cm 测试样块, 然后使用嫩度仪测定剪切力, 单位以牛顿 (N) 表示。

**熟肉率:** 称取 100 g 肉样, 剔除表面脂肪和结缔组织, 放入恒温浴锅内 100 ℃水浴 45 min, 完成后室温下干燥去除肉样表面水分称重, 计算熟肉率。熟肉率=蒸后重/蒸前重×100%。

**滴水损失:** 取背最长肌, 剔除表面脂肪和结缔组织, 处理好的样品修剪成 5 cm×3 cm×2 cm 大小称重后, 在 4 ℃条件下悬挂 24 h 后再次称重。滴水损失=(挂前重-挂后重)/挂前重×100%。

**常规营养成分测定:** 采用直接干燥法、凯氏定氮法、索氏脂肪抽提法, 参考 GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》、GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》等, 测定样品中干物质、粗蛋白质和粗脂肪含量。

### 1.5 膻味脂肪酸测定

采集屠宰的贵州黑山羊公羊各月龄段的背最长肌、腿肌、皮下脂肪和肾周脂肪 4 个组织样本, 使用锡箔纸包裹并做好标记后放入液氮罐中。对采集的 4 个组织样本进行膻味脂肪酸的测定, 测定方法参考 GB 5009.168—2016《食品中脂肪酸的测定》, 由贵州春满谷生物科技有限公司完成。

### 1.6 数据处理和分析

测量数据使用 Excel 进行整理后, 使用 SPSS 18.0 进行分析, 数据以“平均数±标准差”表示, 使

用 Duncan 法进行多重比较分析,  $P < 0.05$  表示差异显著,  $P < 0.01$  表示差异极显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同月龄贵州黑山羊生长性能分析

由表 1 可知, 贵州黑山羊公羊在不同年龄阶段体重、体高、体长、胸围等指标均差异显著 ( $P < 0.05$ ), 且均是随着年龄增大而提高; 管围在 6、12、24 月龄差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但均显著高于 3 月龄 ( $P < 0.05$ ); 胸深在 12 月龄和 24 月龄差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但均显著高于 3 月龄和 6 月龄 ( $P < 0.05$ ), 且 6 月龄显著高于 3 月龄 ( $P < 0.05$ ); 胸宽在 12 月龄和 6 月龄差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但均显著高于 3 月龄 ( $P < 0.05$ ), 24 月龄胸宽数值最大, 显著高于其他月龄 ( $P < 0.05$ )。

由表 2 可知, 贵州黑山羊母羊在不同年龄阶段体重、体高、体长、胸围等指标均差异显著 ( $P < 0.05$ ); 12、24 月龄管围无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 但均显著高于 3、6 月龄 ( $P < 0.05$ ); 24 月龄胸深均显著高于其他月龄 ( $P < 0.05$ ), 6 月龄和 12 月龄胸深无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 但均显著高于 3 月龄 ( $P < 0.05$ ); 12 月龄和 24 月龄胸宽无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 但均显著高于 3 月龄和 6 月龄 ( $P < 0.05$ ), 3 月龄和 6 月龄胸宽无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

表 1 不同月龄贵州黑山羊公羊生长性能

项目	3 月龄	6 月龄	12 月龄	24 月龄
体重/kg	13.45±1.77 <sup>d</sup>	22.40±3.28 <sup>e</sup>	33.93±5.50 <sup>b</sup>	35.87±3.45 <sup>a</sup>
体高/cm	42.80±3.34 <sup>d</sup>	52.15±2.87 <sup>e</sup>	57.23±4.52 <sup>b</sup>	60.45±3.56 <sup>a</sup>
体长/cm	41.25±2.34 <sup>d</sup>	54.76±4.34 <sup>e</sup>	60.68±6.63 <sup>b</sup>	63.62±3.65 <sup>a</sup>
胸围/cm	46.87±4.12 <sup>d</sup>	60.98±4.76 <sup>e</sup>	74.49±3.58 <sup>b</sup>	76.88±3.14 <sup>a</sup>
管围/cm	6.45±1.98 <sup>b</sup>	9.24±2.15 <sup>a</sup>	9.49±0.86 <sup>a</sup>	10.12±0.98 <sup>a</sup>
胸深/cm	18.76±2.34 <sup>e</sup>	25.78±3.35 <sup>b</sup>	28.82±0.36 <sup>a</sup>	29.98±2.53 <sup>a</sup>
胸宽/cm	15.45±2.98 <sup>e</sup>	17.56±2.16 <sup>b</sup>	18.82±0.56 <sup>b</sup>	20.12±3.27 <sup>a</sup>

注: 同行比较, 不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 相同或无字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。下同。

表 2 不同月龄贵州黑山羊母羊生长性能

项目	3 月龄	6 月龄	12 月龄	24 月龄
体重/kg	11.97±2.52 <sup>d</sup>	16.07±1.85 <sup>e</sup>	23.17±3.82 <sup>b</sup>	27.54±2.75 <sup>a</sup>
体高/cm	39.70±2.54 <sup>d</sup>	48.15±2.57 <sup>e</sup>	51.23±2.22 <sup>b</sup>	55.67±3.16 <sup>a</sup>
体长/cm	38.15±2.44 <sup>d</sup>	48.98±2.14 <sup>e</sup>	58.45±3.43 <sup>b</sup>	60.52±2.65 <sup>a</sup>
胸围/cm	44.25±3.34 <sup>d</sup>	54.24±2.32 <sup>e</sup>	65.79±2.48 <sup>b</sup>	73.46±3.18 <sup>a</sup>
管围/cm	6.12±1.24 <sup>b</sup>	6.98±1.76 <sup>b</sup>	8.23±1.76 <sup>a</sup>	8.78±1.34 <sup>a</sup>
胸深/cm	16.55±1.45 <sup>e</sup>	22.36±2.63 <sup>b</sup>	24.21±1.23 <sup>b</sup>	27.46±2.71 <sup>a</sup>
胸宽/cm	14.32±2.22 <sup>b</sup>	15.48±1.23 <sup>b</sup>	16.76±2.34 <sup>a</sup>	17.98±2.12 <sup>a</sup>

## 2.2 不同月龄贵州黑山羊屠宰性能分析

由表3可知,对于不同月龄的贵州黑山羊公羊,屠宰性能各项指标均随月龄逐渐增加;宰前活重各月龄阶段差异显著( $P<0.05$ );12、24月龄胴体重、净肉重、屠宰率均无显著性差异( $P>0.05$ ),但均显著高于3月龄和6月龄( $P<0.05$ ),且6月龄胴体重、净肉重、屠宰率显著高于3月龄( $P<0.05$ );24

月龄净肉率显著高于其他月龄( $P<0.05$ ),12月龄显著高于3、6月龄( $P<0.05$ ),但3、6月龄净肉率无显著性差异( $P>0.05$ );12、24月龄胴体净肉率、眼肌面积、GR值均无显著性差异( $P>0.05$ ),但均显著高于3、6月龄( $P<0.05$ ),其中胴体净肉率、GR值3月龄和6月龄无显著性差异( $P>0.05$ ),眼肌面积6月龄显著高于3月龄( $P<0.05$ )。

表3 不同月龄贵州黑山羊公羊屠宰性能

指标	3月龄	6月龄	12月龄	24月龄
宰前活重/kg	14.34±1.23 <sup>d</sup>	21.64±1.45 <sup>c</sup>	34.54±1.86 <sup>b</sup>	36.78±1.64 <sup>a</sup>
胴体重/kg	5.95±1.23 <sup>c</sup>	9.46±1.27 <sup>b</sup>	16.08±1.45 <sup>a</sup>	16.98±1.82 <sup>a</sup>
净肉重/kg	3.86±0.46 <sup>c</sup>	6.35±1.65 <sup>b</sup>	10.89±1.24 <sup>a</sup>	11.24±0.67 <sup>a</sup>
屠宰率/%	38.33±0.87 <sup>c</sup>	40.56±1.14 <sup>b</sup>	45.78±1.33 <sup>a</sup>	46.64±0.68 <sup>a</sup>
净肉率/%	28.23±0.76 <sup>c</sup>	28.78±0.98 <sup>c</sup>	31.24±1.14 <sup>b</sup>	33.18±1.55 <sup>a</sup>
胴体净肉率/%	66.14±0.23 <sup>b</sup>	66.32±0.76 <sup>b</sup>	68.98±0.87 <sup>a</sup>	68.34±1.41 <sup>a</sup>
眼肌面积/cm <sup>2</sup>	4.14±0.71 <sup>c</sup>	6.12±0.83 <sup>b</sup>	12.87±1.12 <sup>a</sup>	13.14±0.69 <sup>a</sup>
GR值/mm	3.68±0.25 <sup>b</sup>	3.84±0.40 <sup>b</sup>	5.24±0.34 <sup>a</sup>	5.46±0.51 <sup>a</sup>

由表4可知,对于不同月龄的贵州黑山羊母羊,各屠宰指标值也是随着月龄逐渐增加,其中宰前活重、胴体重、净肉重、屠宰率各月龄阶段均差异显著( $P<0.05$ );净肉率、眼肌面积、GR值在各月龄阶

段差异显著( $P<0.05$ );12、24月龄胴体净肉率无显著性差异( $P>0.05$ ),但均显著高于3、6月龄( $P<0.05$ ),6月龄胴体净肉率显著高于3月龄( $P<0.05$ )。

表4 不同月龄贵州黑山羊母羊屠宰性能

指标	3月龄	6月龄	12月龄	24月龄
宰前活重/kg	12.13±0.98 <sup>d</sup>	18.35±1.78 <sup>c</sup>	30.98±1.49 <sup>b</sup>	33.24±1.23 <sup>a</sup>
胴体重/kg	4.35±0.86 <sup>d</sup>	7.16±0.66 <sup>c</sup>	14.37±1.24 <sup>b</sup>	15.14±1.45 <sup>a</sup>
净肉重/kg	2.86±0.33 <sup>d</sup>	4.98±0.85 <sup>c</sup>	9.13±1.74 <sup>b</sup>	10.12±0.92 <sup>a</sup>
屠宰率/%	36.12±0.69 <sup>d</sup>	38.26±0.99 <sup>c</sup>	43.34±1.29 <sup>b</sup>	45.24±1.45 <sup>a</sup>
净肉率/%	24.78±0.66 <sup>d</sup>	25.88±0.47 <sup>c</sup>	29.32±1.36 <sup>b</sup>	31.04±1.5 <sup>a</sup>
胴体净肉率/%	63.12±0.91 <sup>c</sup>	65.78±1.69 <sup>b</sup>	67.54±1.83 <sup>a</sup>	67.82±1.64 <sup>a</sup>
眼肌面积/cm <sup>2</sup>	4.07±0.24 <sup>d</sup>	5.78±0.41 <sup>c</sup>	11.23±1.26 <sup>b</sup>	12.09±0.76 <sup>a</sup>
GR值/mm	3.24±0.28 <sup>d</sup>	3.86±0.56 <sup>c</sup>	4.41±0.43 <sup>b</sup>	4.97±0.66 <sup>a</sup>

## 2.3 不同月龄贵州黑山羊肉质性状分析

由表5可知,不同月龄的贵州黑山羊公羊的肉色L值差异显著( $P<0.05$ ),且12月龄L值最高,6、24月龄的a值显著高于3、12月龄( $P<0.05$ ),b值在各月龄阶段无显著性差异( $P>0.05$ );pH<sub>45 min</sub>值、pH<sub>24 h</sub>值和干物质含量各年龄段均无显著性差异( $P>0.05$ );12、24月龄剪切力显著大于3、6月龄( $P<$

0.05),且6月龄显著大于3月龄( $P<0.05$ );3月龄熟肉率、粗蛋白含量、粗脂肪含量均最低,显著低于6、12、24月龄( $P<0.05$ ),且6、12、24月龄间均无显著性差异( $P>0.05$ );12月龄滴水损失最小,显著低于3、6、24月龄( $P<0.05$ ),且3、6、24月龄间无显著性差异( $P>0.05$ )。

表5 不同月龄贵州黑山羊公羊肉质性状

指标	3月龄	6月龄	12月龄	24月龄
L值	27.78±1.76 <sup>d</sup>	30.64±1.25 <sup>c</sup>	35.67±1.45 <sup>a</sup>	32.64±0.86 <sup>b</sup>
肉色	a值	12.45±1.62 <sup>b</sup>	15.67±0.88 <sup>a</sup>	14.56±0.72 <sup>a</sup>
	b值	8.23±1.58	8.76±1.89	7.98±1.79
pH <sub>45 min</sub> 值	6.78±1.52	6.94±1.50	7.02±1.73	6.87±1.23
pH <sub>24 h</sub> 值	5.95±0.91	5.86±0.89	5.74±1.04	5.68±0.92
剪切力/N	97.45±2.78 <sup>c</sup>	100.76±3.45 <sup>b</sup>	104.45±2.12 <sup>a</sup>	106.48±3.71 <sup>a</sup>
熟肉率/%	59.87±2.67 <sup>b</sup>	62.10±2.19 <sup>a</sup>	63.46±2.32 <sup>a</sup>	62.13±2.54 <sup>a</sup>
滴水损失/%	1.52±0.34 <sup>a</sup>	1.43±0.56 <sup>a</sup>	1.34±0.26 <sup>b</sup>	1.47±0.52 <sup>a</sup>
干物质/%	24.43±1.23	25.34±1.45	25.67±1.47	24.87±1.29
粗蛋白含量/%	19.13±1.76 <sup>b</sup>	20.34±1.34 <sup>a</sup>	20.76±1.24 <sup>a</sup>	21.34±1.51 <sup>a</sup>
粗脂肪含量/%	5.67±0.87 <sup>b</sup>	6.54±1.02 <sup>a</sup>	7.56±0.68 <sup>a</sup>	7.45±0.93 <sup>a</sup>

由表6可知,不同月龄的贵州黑山羊母羊的L值差异显著 ( $P<0.05$ ),12月龄L值最大,3月龄a值和b值最小,显著低于其他月龄 ( $P<0.05$ ); pH<sub>45 min</sub>值和pH<sub>24 h</sub>值各年龄阶段无显著性差异 ( $P>0.05$ ); 3月龄剪切力、熟肉率、粗蛋白含量均显著低于6、12、24月龄 ( $P<0.05$ ),且6、12、24月龄间均无

显著性差异 ( $P>0.05$ ); 3月龄和6月龄滴水损失、干物质含量无显著差异 ( $P>0.05$ ),均显著低于12、24月龄 ( $P<0.05$ ); 3月龄粗脂肪含量显著低于其他月龄 ( $P<0.05$ ),12月龄和24月龄粗脂肪含量无显著性差异 ( $P>0.05$ )。

表6 不同月龄贵州黑山羊母羊肉质性状

指标	3月龄	6月龄	12月龄	24月龄
L值	26.58±1.34 <sup>d</sup>	28.74±1.45 <sup>c</sup>	34.76±1.23 <sup>a</sup>	32.56±1.09 <sup>b</sup>
肉色	a值	12.32±0.87 <sup>b</sup>	14.76±0.98 <sup>a</sup>	14.32±0.69 <sup>a</sup>
	b值	7.34±1.24 <sup>b</sup>	8.98±1.37 <sup>a</sup>	8.09±1.11 <sup>a</sup>
pH <sub>45 min</sub> 值	6.44±1.09	6.68±1.23	7.12±0.98	7.23±0.87
pH <sub>24 h</sub> 值	5.75±1.22	5.56±0.45	5.59±0.87	5.78±0.62
剪切力/N	100.35±2.12 <sup>b</sup>	107.54±2.15 <sup>a</sup>	106.42±2.34 <sup>a</sup>	105.28±2.18 <sup>a</sup>
熟肉率/%	58.35±2.19 <sup>b</sup>	60.18±2.32 <sup>a</sup>	62.38±1.97 <sup>a</sup>	62.89±1.34 <sup>a</sup>
滴水损失/%	1.47±0.57 <sup>b</sup>	1.46±0.78 <sup>b</sup>	1.65±0.29 <sup>a</sup>	1.58±0.49 <sup>a</sup>
干物质/%	22.34±1.56 <sup>b</sup>	23.45±1.38 <sup>b</sup>	26.12±1.98 <sup>a</sup>	25.97±1.46 <sup>a</sup>
粗蛋白含量/%	18.67±1.24 <sup>b</sup>	19.80±1.31 <sup>a</sup>	20.79±1.14 <sup>a</sup>	21.94±1.91 <sup>a</sup>
粗脂肪含量/%	5.27±0.81 <sup>c</sup>	6.57±1.18 <sup>b</sup>	7.36±0.54 <sup>a</sup>	7.99±0.91 <sup>a</sup>

### 2.4 不同月龄贵州黑山羊肌肉中膾味脂肪酸含量分析

由表7、8可知,不同月龄贵州黑山羊背最长肌和腿肌中MOA、EOA、MNA含量均呈现出随月龄增加含量增大的趋势,3种膾味脂肪酸均在24月龄时含量最高,且显著高于其他月龄 ( $P<0.05$ ); 在不同

月龄贵州黑山羊背最长肌中,MOA和EOA含量均差异显著 ( $P<0.05$ ),MNA的含量在12、24月龄之间无显著性差异 ( $P>0.05$ ),但均显著高于3、6月龄 ( $P<0.05$ )。在不同月龄贵州黑山羊腿肌中,MOA和MNA含量均差异显著 ( $P<0.05$ ),EOA含量在3、6月龄间无显著性差异 ( $P>0.05$ )。

表7 不同月龄贵州黑山羊背最长肌中膾味脂肪酸含量

μg/g

膾味脂肪酸	3月龄	6月龄	12月龄	24月龄
MOA	2.56±0.66 <sup>d</sup>	8.45±0.88 <sup>c</sup>	23.88±1.34 <sup>b</sup>	46.86±1.98 <sup>a</sup>
EOA	0.46±0.12 <sup>d</sup>	1.68±0.62 <sup>c</sup>	6.46±0.56 <sup>b</sup>	14.66±0.76 <sup>a</sup>
MNA	0.28±0.13 <sup>c</sup>	2.42±0.43 <sup>b</sup>	3.14±0.87 <sup>a</sup>	3.64±0.26 <sup>a</sup>

表 8 不同月龄贵州黑山羊腿肌中膾味脂肪酸含量

膾味脂肪酸	μg/g			
	3 月龄	6 月龄	12 月龄	24 月龄
MOA	1.24±0.23 <sup>d</sup>	3.12±0.55 <sup>c</sup>	7.28±1.02 <sup>b</sup>	9.21±1.15 <sup>a</sup>
EOA	1.46±0.59 <sup>c</sup>	1.88±0.27 <sup>c</sup>	3.78±0.92 <sup>b</sup>	5.19±1.25 <sup>a</sup>
MNA	0.78±0.32 <sup>d</sup>	1.22±0.78 <sup>c</sup>	3.82±0.56 <sup>b</sup>	6.12±0.16 <sup>a</sup>

## 2.5 不同月龄贵州黑山羊脂肪中膾味脂肪酸含量分析

由表 9、10 可知, 3 种膾味脂肪酸在皮下脂肪和肾周脂肪的含量随贵州黑山羊月龄的增大基本呈现出增加的趋势。在皮下脂肪中, MOA 和 MNA 的含量均在 24 月龄最高, 且显著高于其他月龄 ( $P < 0.05$ ), MOA 含量在 3 月龄和 6 月龄间无显著性差异 ( $P >$

0.05), MNA 含量在 6 月龄和 12 月龄间无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 而 EOA 含量在 12 月龄最高, 显著高于其他月龄 ( $P < 0.05$ )。在肾周脂肪组织中, 3 种膾味脂肪酸的含量均在 24 月龄最高, 且显著高于其他月龄 ( $P < 0.05$ ), EOA 含量在 3 月龄和 6 月龄间无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), MNA 含量在 3、6、12 月龄间无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

表 9 不同月龄贵州黑山羊皮下脂肪膾味脂肪酸含量

膾味脂肪酸	μg/g			
	3 月龄	6 月龄	12 月龄	24 月龄
MOA	0.76±0.12 <sup>c</sup>	0.98±0.67 <sup>c</sup>	2.28±0.73 <sup>b</sup>	6.66±0.81 <sup>a</sup>
EOA	0.62±0.11 <sup>d</sup>	3.43±0.45 <sup>c</sup>	6.91±0.59 <sup>a</sup>	5.56±1.12 <sup>b</sup>
MNA	0.38±0.12 <sup>c</sup>	0.92±0.13 <sup>b</sup>	1.06±0.61 <sup>b</sup>	2.56±0.32 <sup>a</sup>

表 10 不同月龄贵州黑山羊肾周脂肪膾味脂肪酸含量

膾味脂肪酸	μg/g			
	3 月龄	6 月龄	12 月龄	24 月龄
MOA	0.43±0.12 <sup>d</sup>	0.98±0.24 <sup>c</sup>	2.19±0.29 <sup>b</sup>	5.34±0.85 <sup>a</sup>
EOA	0.47±0.16 <sup>c</sup>	0.54±0.14 <sup>c</sup>	3.45±0.42 <sup>b</sup>	4.55±0.78 <sup>a</sup>
MNA	0.23±0.11 <sup>b</sup>	0.28±0.20 <sup>b</sup>	0.27±0.16 <sup>b</sup>	1.26±0.22 <sup>a</sup>

## 3 讨论

### 3.1 不同月龄贵州黑山羊生长性能、屠宰性能分析

在家畜的遗传选育中, 体重和体尺性状是一类重要的表型性状, 屠宰性能是对家畜生产性能评定的一个关键指标<sup>[9]</sup>。本试验发现, 贵州黑山羊公母羊在不同年龄阶段体重、体高、体长、胸围等指标均差异显著, 其变化幅度也较大。通过与廖正录等<sup>[10]</sup>在 2004 年修订发布的贵州黑山羊标准对比发现, 本试验研究得到的周岁贵州黑山羊公母羊体重、体长、体高、胸围等生长指标均比其标准要高, 说明经过多年的选育后, 贵州黑山羊的生产性能也得到了一定的提升。王维婷等<sup>[4]</sup>研究结果表明, 莱芜黑山羊的宰前质量、胴体质量均随月龄增加而显著增加。本试验研究表明, 对于贵州黑山羊公母羊来说, 其屠宰性能的各项指标均呈现出随月龄增加而逐渐增大的趋势, 其胴体重、屠宰率、净肉重、净肉率等指标均显著增加, 与上述研究结果一致。从屠宰率来看, 波尔山羊的屠宰率为 54.13%~54.36%<sup>[11]</sup>, 宜昌白山羊 (7 月

龄) 屠宰率高达 54.42%~58.98%<sup>[12]</sup>, 而本试验得到的贵州黑山羊公母羊在 24 月龄时其屠宰率分别为 46.64%和 45.24%, 远低于上述山羊品种, 因此, 提高贵州黑山羊的屠宰性能可作为下一步选育工作的方向。

### 3.2 不同月龄贵州黑山羊肉质性状分析

羊肉的 pH 值对于肉质的嫩度、适口性等有一定的影响<sup>[13]</sup>, 一般情况下羊肉的 pH 值在 6.5~7.0, 随着屠宰时间的延长, 糖酵解反应产生乳酸堆积, 其 pH 值会下降, 一般在 5.5 左右<sup>[14]</sup>。本研究结果显示, 不同月龄贵州黑山羊公母羊其肉质 pH<sub>45 min</sub>值和 pH<sub>24 h</sub>值无显著性差异, 且 pH<sub>45 min</sub>值大致呈现中性, pH<sub>24 h</sub>值在 5.5 左右, 均属于正常范围。剪切力是评价肌肉嫩度的重要指标<sup>[15]</sup>, 随着月龄的增长, 贵州黑山羊公母羊肌肉剪切力增大, 说明低月龄的黑山羊肉质更嫩, 这一研究结果与王维婷等<sup>[4]</sup>研究结果一致。滴水损失、熟肉率是衡量肉质保水性的指标, 本研究结果显示贵州黑山羊公母羊在 12 和 24 月龄时其滴水损失相对不高, 且熟肉率相对较高, 说明 12 和

24月龄的黑山羊肉保水能力更强。粗脂肪和粗蛋白质含量对羊肉的营养价值具有一定的影响,而其含量也受到饲喂方式和饲喂时间的影响,研究表明,舍饲的羔羊脂肪沉积比放牧的羔羊更高,饲喂时间较久的羊脂肪沉积较多<sup>[16]</sup>。本研究结果显示贵州黑山羊粗脂肪和粗蛋白质随月龄增大而增加,也说明在贵州黑山羊生长过程中,脂肪和蛋白在逐渐积累。

### 3.3 不同月龄贵州黑山羊肌肉和脂肪中膻味脂肪酸含量分析

短链脂肪酸对羊肉膻味的形成具有非常显著的作用,尤其以 MOA、EOA、MNA 为主要膻味形成物质,而这些膻味脂肪酸的合成具有组织特异性<sup>[17]</sup>。在放牧的情况下,皮下脂肪中 MOA 的含量显著高于内脏脂肪<sup>[18]</sup>,在对美利奴羊和法国伊尔羊的研究表明,MOA 在皮下脂肪中含量最高,其次是 EOA 和 MNA<sup>[19]</sup>。欧慧敏等<sup>[20]</sup>对呼伦贝尔羊的研究结果显示,在脂肪组织中,MOA 与 EOA 的含量高于 MNA 的含量。本研究结果显示,在不同月龄贵州黑山羊脂肪组织中,MOA 和 EOA 的含量均较高,这与以上研究结果一致,说明 MOA 和 EOA 有可能是对羊肉膻味发挥主要作用的主要脂肪酸。康生萍等<sup>[7]</sup>研究了不同月龄青海黑藏羊背最长肌脂肪酸的含量,结果表明,随着月龄的增加,MOA 的含量也不断增加。另有研究表明,羔羊的肌肉组织中 MOA 和 EOA 含量较低,低于周岁羊和成年羊<sup>[21]</sup>。欧慧敏等<sup>[20]</sup>的研究结果也表明,MOA、EOA、MNA 的含量均随日龄增加而增加。本研究结果显示,在贵州黑山羊肌肉组织中,MOA、EOA、MNA 的含量均随月龄的增加而增加,与上述研究结果一致,表明饲养时间越长,羊肉中膻味物质的含量越高。

## 4 结论

贵州黑山羊生长性能、屠宰性能随月龄增长而显著增加,MOA、EOA 和 MNA 3 种膻味脂肪酸在肌肉和脂肪组织中的含量随月龄增长不断增加,且 MOA 和 EOA 相对含量较大,可能对羊肉膻味起主导作用。

## 参考文献:

- [1] 陈玲,李振龙,刘桐序,等.不同月龄湖羊体重与体尺的多元回归分析[J].中国畜牧杂志,2023,59(2):80-84.
- [2] 李明明,贺娜,张军霞.藏羊羔羊不同月龄体尺性状的综合评价[J].青海大学学报,2022,40(6):47-54.
- [3] 蔡树东,李文,罗生金.不同品种杂交羊生长性能与屠宰性能分析[J].中国草食动物科学,2022,42(1):37-40.
- [4] 王维婷,周萌,杜鹏飞,等.不同月龄莱芜黑山羊屠宰性能及肉质比较研究[J].肉类研究,2022,36(5):21-28.
- [5] 冯润芳,孟风华,安晓雯,等.小尾寒羊不同部位挥发性风味物质和脂肪酸分析[J].食品工业科技,2021,42(21):285-293.
- [6] 尹丽卿,杨晶,苏琳,等.不同月龄巴寒 F2 羊和小尾寒羊肌肉中脂肪酸组成的比较[J].中国食品学报,2017,17(9):278-285.
- [7] 康生萍,胡林勇,张晓玲,等.不同月龄青海黑藏羊肌肉脂肪酸组成和风味差异比较[J].黑龙江畜牧兽医,2021(20):34-41.
- [8] 刘旺景,敖长金.羊膻味物质的合成机理及影响因素研究进展[J].动物营养学报,2019,31(12):5412-5421.
- [9] 解彪,张乃锋,崔凯,等.不同中性洗涤纤维水平饲料对早期断奶羔羊生长性能、血清指标、屠宰性能和组织器官发育的影响[J].动物营养学报,2018,30(3):963-972.
- [10] 廖正录,李洪曙,张开邦,等.DB52/T 401—2004 贵州黑山羊[S].贵阳:贵州省质量技术监督局,2004.
- [11] 宋军平,魏拣选,张玺.饲喂 DDGS 日粮对波尔山羊生长性能、瘤胃指标、胴体性状及经济效益的影响[J].中国饲料,2022(6):45-48.
- [12] 毛鑫.日粮营养水平对宜昌白山羊饲养效果的影响[D].武汉:华中农业大学,2020.
- [13] SU M, CHEN D, ZHOU J, et al. Effects of different dietary carbohydrate sources on the meat quality and flavor substances of Xiangxi Yellow Cattle [J]. *Animals*, 2022, 12(9): 1136.
- [14] 孔令莹,岳耀敬,郑琛,等.湖羊及其与南丘羊杂交后代屠宰性能和肉质特性[J/OL].食品科学,(2023-03-09).  
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20230308.1318.052.html>.
- [15] FERNANDE Z, TURREN G, REPETTO J L, et al. Lamb fattening under intensive pasture-based systems: a review [J]. *Animals*, 2020, 10(3): 382-384.
- [16] 杨艳丽.不同育肥时间对牦牛肉品质及肌肉代谢物的影响比较研究[D].北京:中国农业科学院,2020.
- [17] 刘旺景,敖长金.羊膻味物质的合成机理及影响因素研究进展[J].动物营养学报,2019,31(12):5412-5421.
- [18] RESCONI V C, CAMPO M M, FURNOLS M F I, et al. Sensory evaluation of castrated lambs finished on different proportions of pasture and concentrate feeding systems [J]. *Meat Sci*, 2009, 83(1): 31-37.
- [19] KAFFARNIK S, PREUB S, VETTER W. Direct determination of flavor relevant and further branched-chain fatty acids from sheep subcutaneous adipose tissue by gas chromatography with mass spectrometry [J]. *J Chromatogr A*, 2014, 1350: 92-101.
- [20] 欧慧敏,张小丽,钟荣珍,等.不同生长阶段呼伦贝尔羊 3 种脂肪组织中膻味脂肪酸含量的变化规律研究[J].动物营养学报,2022,34(11):7220-7227.
- [21] SALVATORE L, ALLEN D, BUTLER K L, et al. Factors affecting the concentration of short branched-chain fatty acids in sheep fat [J]. *Aust J Exp Agric*, 2007, 47(10): 1201-1207.