

# 饲粮蛋白质水平对山羊屠宰性能、肉品质和肌肉氨基酸组成的影响

朱雯 徐伟 韦聪聪 杜叶叶 张子军 陈兴勇\*

(安徽农业大学动物科技学院,合肥 235100)

**摘要:** 本试验旨在研究不同饲粮蛋白质水平对山羊屠宰性能、肉品质和肌肉氨基酸组成的影响。选取3~4月龄安徽白山羊公羔36只[(16.00±1.35) kg],随机分为3组,每组12只。对照组饲喂正常蛋白质水平(14.8%)饲粮,其余2组分别饲喂90%蛋白质水平(13.4%)饲粮(LP I组)和80%蛋白质水平(12.0%)饲粮(LP II组)。预试期2周,正试期12周。结果表明:1) LP II组宰前活重、胴体重和屠宰率均低于对照组(0.05≤P<0.10);LP II组眼肌面积和GR值显著低于对照组(P<0.05);LP I组和对照组之间屠宰性能无显著差异(P>0.05)。2) pH、剪切力、滴水损失和肉色亮度值各组之间差异不显著(P>0.05);LP II组蒸煮损失显著高于对照组(P<0.05);与对照组相比,LP II组肉色红度值显著降低(P<0.05),黄度值显著升高(P<0.05)。3) 育肥山羊背最长肌必需氨基酸含量各组之间无显著差异(P>0.05);LP II组丝氨酸、谷氨酸和赖氨酸含量较对照组呈下降趋势(0.05≤P<0.10),LP I组与对照组之间氨基酸含量无显著差异(P>0.05)。由此可见,12.0%的饲粮蛋白质水平可降低安徽白山羊屠宰性能,影响肉品质和肌肉氨基酸组成;13.4%的饲粮蛋白质水平对山羊屠宰性能、肉品质(蒸煮损失除外)和肌肉氨基酸组成无显著影响。

**关键词:** 蛋白质水平;山羊;屠宰性能;肉品质;氨基酸组成

中图分类号:S826

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)12-5932-07

降低反刍动物饲粮蛋白质水平不仅可以降低环境氮排放,还可以减少饲粮蛋白质原料供给的压力<sup>[1]</sup>。蛋白质作为育肥羊生长的一个重要营养素,其水平对羊的生长和产品品质具有重要影响<sup>[2]</sup>。因此,研究低蛋白质水平饲粮对育肥山羊屠宰性能和肉品质的影响,确定适宜的育肥山羊饲粮蛋白质水平,对肉羊生产和环境保护具有双重意义。反刍动物采食的饲粮蛋白质一部分在瘤胃中转化成氨,过量的氨经过瘤胃壁吸收进入血液到达肝脏,转化成尿素排出体外<sup>[3]</sup>。畜禽生产产生大量的氮排泄导致水体污染和土壤酸化等问题出现<sup>[4]</sup>。中国约有1.4亿只山羊存栏,约占世界

存栏的21.4%<sup>[5]</sup>。安徽白山羊是黄淮山羊的一个地方群,其肉质鲜美、性早熟、繁殖力高,是国内地方良种之一<sup>[6]</sup>。本课题组前期研究发现,饲粮蛋白质水平较NRC(2007)<sup>[7]</sup>推荐水平低1.40%时并不影响安徽白山羊的生长与生产性能,降低2.8%时显著降低了山羊日增重与饲粮营养物质表观消化率<sup>[1]</sup>。饲粮蛋白质水平也是影响羊肉品质的重要因素之一<sup>[8]</sup>。低蛋白质水平饲粮降低了藏羊和小尾寒羊背最长肌脂肪含量,改变了肌肉氨基酸组成<sup>[9]</sup>。唐鹏等<sup>[10]</sup>研究发现,低蛋白质水平饲粮显著降低陕北绒山羊屠宰性能,但是对肉品质无显著影响。总之,低蛋白质水平饲粮对羊屠

收稿日期:2020-05-28

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD0502000);安徽省重大科技专项项目(201903b06020001)

作者简介:朱雯(1984—),女,安徽濉溪人,讲师,博士,研究方向为反刍动物营养。E-mail: zhuwen@ahau.edu.cn

\*通信作者:陈兴勇,教授,硕士生导师,E-mail: chenxingyong@ahau.edu.cn

宰性能和肉品质的影响研究尚未达到一致结论,且不同品种影响不同。目前,尚未见低蛋白质水平饲料对肉用山羊屠宰性能和肉品质影响的研究报道。因而,本研究以育肥安徽白山羊为研究对象,以期精准地研究低蛋白质水平饲料对山羊屠宰性能、肉品质及肌肉氨基酸组成的影响,为黄淮山羊生产提供理论和实践指导。

## 1 材料与方

### 1.1 试验时间与地点

试验于 2018 年 3 月 12 日至 2018 年 6 月 18 日在安徽省六安绿洁牧业有限公司进行,试验期 14 周,其中预试期 2 周,正试期 12 周。

### 1.2 试验设计

动物试验设计和饲养管理同本课题组前期研究报道<sup>[1]</sup>。简述如下:采用单因子随机区组设计,选取 36 只体重接近 $[(16.00 \pm 1.35) \text{ kg}]$ 的健康安徽白山羊公羊 36 只(3~4 月龄),随机分为 3 组,分别饲喂正常蛋白质水平(14.8%)饲料(对照组)、90%蛋白质水平(13.4%)饲料(低蛋白质水平 I 组,LP I 组)和 80%蛋白质水平(12.0%)饲料(低蛋白质水平 II 组,LP II 组),每组 12 只。基础饲料参照 NRC(2007)<sup>[7]</sup>中体重 20 kg、日增重 150 g/d 的公羊营养需要量配制。试验饲料为全混合颗粒饲料,直径为 2.5 mm,长度为 8 mm,试验饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 试验饲料组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis)

%

项目 Items	组别 Groups		
	对照 Control	LP I	LP II
原料 Ingredients			
玉米 Corn	13.0	17.0	21.0
豆粕 Soybean meal	24.0	20.0	16.0
麸皮 Wheat bran	7.5	7.5	7.5
小苏打 $\text{Na}_2\text{CO}_3$	1.0	1.0	1.0
食盐 NaCl	1.0	1.0	1.0
磷酸氢钙 $\text{CaHPO}_4$	0.5	0.5	0.5
石粉 Limestone	1.0	1.0	1.0
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.0	1.0	1.0
花生秧 Peanut vine	28.0	28.0	28.0
羊草 Chinese wildrye	22.0	22.0	22.0
合计 Total	100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>			
有机物 OM	86.3	87.6	88.3
粗蛋白质 CP	14.8	13.4	12.0
中性洗涤纤维 NDF	46.4	45.6	44.8
酸性洗涤纤维 ADF	31.8	31.5	31.2
粗脂肪 EE	3.7	3.6	3.3
粗灰分 Ash	13.7	12.4	11.7
代谢能 ME/(MJ/kg)	10.5	10.5	10.5

1) 每千克预混料含有 One kg of premix contained the following: VA 600 000 IU, VD<sub>3</sub> 80 000 IU, VE 5 000 IU, Zn 8 000 mg, Se 60 mg, I 200 mg, Fe 9 400 mg, Co 72 mg, Mn 10 400 mg, Cu 1 600 mg。

2) 代谢能为计算值,其他为实测值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

### 1.3 饲养管理

试验前对羊只进行检疫,预试期进行驱虫、防疫、定期消毒,保证羊舍干净。试验羊单栏饲喂,每天 06:30 和 18:30 各饲喂 1 次,确保槽内约有

10% 的剩料。试验期内所有羊只自由采食。

### 1.4 样品采集与处理

试验结束后,每组随机抽取 6 只羊屠宰,宰前禁食 24 h,禁水 2 h。屠宰采集背最长肌于 4 °C 环

境中。测定左侧背最长肌宰后不同时间点的 pH, 同时取 5 g 样品液氮速冻, 之后转移至 -80 ℃ 冰箱中保存用于氨基酸含量的测定。

## 1.5 检测指标

### 1.5.1 屠宰性能<sup>[11]</sup>

试验结束, 将禁食禁水后的山羊颈静脉放血处死。记录宰前山羊的活重, 去头、蹄、内脏, 剥皮后称出胴体重, 计算屠宰率:

屠宰率 (%) = 100 × 胴体重 / 宰前活重。

GR 值: 第 12 肋骨与第 13 肋骨之间, 距离背脊中线 11 cm 的组织厚度。

眼肌面积: 第 12 肋骨与第 13 根肋骨之间, 背最长肌的横切面积。用硫酸绘图纸描绘出眼肌横切面的轮廓, 计算眼肌面积:

眼肌面积 (cm<sup>2</sup>) = 眼肌高度 × 眼肌宽度 × 0.7。

### 1.5.2 肉品质<sup>[12]</sup>

pH 测定: 采用便携式 pH 计 (Testo 205, 德国, 德国) 分别测定宰后 45 min、24 h 背最长肌 (第 12~13 脊椎) 的 pH<sub>45 min</sub> 和 pH<sub>24 h</sub>, 分别测定背最长肌上、中、下 3 个部位的 pH, 取平均值。

肉色测定: 现场采用柯尼美能达 CR-300 色差计测定背最长肌的亮度 (L\*)、红度 (a\*) 和黄度 (b\*) 值。

滴水损失: 取宰后 24 h 胴体左侧背最长肌第 1~2 腰椎处肉块, 称重后 (W<sub>1</sub>) 勾住其一端, 将其悬挂在吹气膨胀的塑料袋中 (羊肉不与袋接触), 用细线将袋口扎紧, 悬挂于 4 ℃ 冰箱, 静置 24 h, 取出样品再次称重 (W<sub>2</sub>), 计算滴水损失:

滴水损失 (%) = 100 × (W<sub>1</sub> - W<sub>2</sub>) / W<sub>1</sub>。

蒸煮损失: 取背最长肌肉样 200 g 左右, 称重 (W<sub>1</sub>), 将肉样放入蒸煮袋中 80 ℃ 水浴 30 min, 将肉样取出冷却 30 min 后称重 (W<sub>2</sub>), 计算蒸煮损失:

蒸煮损失 (%) = 100 × (W<sub>1</sub> - W<sub>2</sub>) / W<sub>1</sub>。

剪切力: 将蒸煮后的肉样, 沿肌纤维平行方向切成条状 (长 3.0 cm, 宽 1.0 cm, 厚 1.0 cm), 用 TMS-Pro 质构仪 (Food Technology Corporation Co., 美国) 测定肉的剪切力。触发力为 100 N, 剪切速度为 150 mm/min。

### 1.5.3 肌肉氨基酸组成

背最长肌中 17 种氨基酸含量的检测采用全

自动氨基酸分析仪 (日立 L-8900), 参照 GB 5009.124—2016 测定。样品在冻干机中冷冻干燥, 将肉样用研钵磨碎 (加入液氮), 称取 100 mg 样品 (精确至 0.000 1 g) 于水解管中, 加入 10 mL、6 mol/L 的盐酸溶解, 向水解管中吹入氮气 (使管中成负压), 置于 105 ℃ 烘箱中水解 24 h, 然后使用双蒸水定容至 50 mL, 作为消化液。准确移取上述制备好的消化液 1 mL 于离心管中, 真空干燥后, 用 0.02 mol/L 盐酸超声溶解, 经过 0.22 μm 滤膜, 约收集 1 mL 滤液上机测定。

## 1.6 数据统计与分析

采用 SAS 9.3 软件的 PROC MIXED 模型进行统计分析, AR (1) 多重比较用于检验各组平均值间的差异显著性。P < 0.05 表明组间差异显著, 0.05 ≤ P < 0.10 表明有显著趋势。

## 2 结果

### 2.1 饲粮蛋白质水平对山羊屠宰性能的影响

由表 2 可知, LP II 组宰前活重、胴体重和屠宰率均呈低于对照组的趋势 (0.05 ≤ P < 0.10), LP I 组与对照组之间屠宰性能差异不显著 (P > 0.05)。LP II 组眼肌面积和 GR 值显著低于对照组和 LP I 组 (P < 0.05), LP I 组和对照组间差异不显著 (P > 0.05)。

### 2.2 饲粮蛋白质水平对山羊肉品质的影响

由表 3 可知, 各组背最长肌 pH<sub>45 min</sub>、pH<sub>24 h</sub>、ΔpH、滴水损失和剪切力均无显著差异 (P > 0.05)。LP II 组蒸煮损失显著高于对照组 (P < 0.05)。肉色亮度值各组之间无显著差异 (P > 0.05)。与对照组相比, LP II 组红度值显著降低 (P < 0.05), LP I 组与对照组和 LP II 组差异不显著 (P > 0.05)。LP II 组黄度值显著高于对照组 (P < 0.05), LP I 组与对照组和 LP II 组差异不显著 (P > 0.05)。

### 2.3 饲粮蛋白质水平对山羊肉肌肉氨基酸组成的影响

由表 4 可见, 各组之间背最长肌必需氨基酸含量无显著差异 (P > 0.05)。与对照组相比, LP II 组丝氨酸、谷氨酸和赖氨酸含量呈下降趋势 (0.05 ≤ P < 0.10), LP I 组与对照组之间各氨基酸含量无显著差异 (P > 0.05)。

表 2 不同饲料蛋白质水平对育肥山羊屠宰性能的影响

Table 2 Effects of different dietary CP levels on slaughter performance of fattening goats

项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
	对照 Control	LP I	LP II		
宰前活重 Live weight at slaughter/kg	25.4	25.4	23.9	0.38	0.09
胴体重 Carcass weight/kg	11.4	11.1	10.1	0.29	0.06
屠宰率 Dressing percentage/%	44.0	43.6	41.9	0.64	0.08
眼肌面积 Eye muscle area/cm <sup>2</sup>	18.9 <sup>a</sup>	17.4 <sup>a</sup>	15.0 <sup>b</sup>	0.83	0.05
GR 值 GR value/mm	4.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	0.26	<0.01

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ), 无字母或相同字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ )。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ), while with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ( $P>0.05$ ). The same as below.

表 3 不同饲料蛋白质水平对育肥山羊肉品质的影响

Table 3 Effects of different dietary CP levels on meat quality of fattening goats

项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
	对照 Control	LP I	LP II		
pH <sub>15 min</sub>	6.86	6.83	6.83	0.07	0.94
pH <sub>24 h</sub>	5.76	5.78	5.71	0.05	0.51
ΔpH	1.09	1.03	1.12	0.06	0.60
滴水损失 Drip loss/%	2.14	2.47	2.60	0.23	0.40
蒸煮损失 Cooking loss/%	18.1 <sup>b</sup>	23.4 <sup>a</sup>	23.8 <sup>a</sup>	1.33	0.04
剪切力 Shear force/N	33.5	33.3	30.3	2.44	0.60
肉色 Meat color					
亮度 L*	36.3	37.1	37.6	0.72	0.45
红度 a*	19.5 <sup>a</sup>	17.7 <sup>ab</sup>	16.5 <sup>b</sup>	0.73	0.03
黄度 b*	6.7 <sup>b</sup>	7.5 <sup>ab</sup>	8.3 <sup>a</sup>	0.32	<0.01

表 4 饲料不同蛋白质水平对育肥山羊背最长肌氨基酸组成的影响

Table 4 Effects of different dietary CP levels on amino acid composition in

*longissimus dorsi* of fattening goats

%

项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
	对照 Control	LP I	LP II		
天冬氨酸 Asp*	10.43	11.10	10.64	0.22	0.16
苏氨酸 Thr <sup>#</sup>	5.93	5.68	5.59	0.10	0.13
丝氨酸 Ser	4.96	4.80	4.59	0.10	0.09
谷氨酸 Glu*	14.61	14.19	13.47	0.33	0.09
甘氨酸 Gly*	7.90	7.63	7.73	0.15	0.51
丙氨酸 Ala*	3.32	3.71	3.47	0.15	0.25
亮氨酸 Leu <sup>#</sup>	7.46	8.29	7.75	0.25	0.14
赖氨酸 Lys <sup>#</sup>	9.29	8.98	8.59	0.17	0.07
半胱氨酸 Cys	0.72	0.68	0.59	0.05	0.26
蛋氨酸 Met <sup>#</sup>	2.62	2.70	2.42	0.15	0.45
酪氨酸 Tyr	2.24	2.26	1.93	0.13	0.21
组氨酸 His <sup>#</sup>	2.64	2.53	1.94	0.22	0.13

续表 4

项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
	对照 Control	LP I	LP II		
结氨酸 Val	5.10	4.85	4.82	0.10	0.18
异亮氨酸 Ile <sup>*#</sup>	4.88	4.81	4.70	0.15	0.70
苯丙氨酸 Phe <sup>#</sup>	4.77	4.77	4.37	0.19	0.28
精氨酸 Arg <sup>*</sup>	5.09	5.06	4.13	0.58	0.47
脯氨酸 Pro	5.95	5.73	5.76	0.10	0.38
风味氨基酸 DAA	46.2	46.5	44.1	1.24	0.39
必需氨基酸 EAA	40.0	40.0	38.2	1.00	0.39

#必需氨基酸 essential amino acid; \* 风味氨基酸 delicious amino acid。

### 3 讨论

#### 3.1 饲粮蛋白质水平对育肥山羊屠宰性能的影响

屠宰性能是生产者关注的重要经济指标,屠宰率越高,家畜的产肉能力越大<sup>[13]</sup>。唐越等<sup>[10]</sup>研究了不同能量和蛋白质水平饲粮对陕北绒山羊屠宰性能的影响,发现降低饲粮蛋白质水平显著降低了屠宰率、眼肌面积和 GR 值。本试验研究结果显示,12.0%的低蛋白质水平饲粮同样降低了安徽白山羊的屠宰率、眼肌面积和 GR 值。眼肌面积与胴体重呈正相关,是衡量肉羊胴体品质的重要指标之一<sup>[14]</sup>。本课题组前期研究发现,12.0%的低蛋白质水平饲粮显著降低山羊饲粮中有机物、粗蛋白质、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的表观消化率<sup>[1]</sup>。因此,本研究中低蛋白质水平组(12.0%)山羊胴体重的下降可能是由于营养物质消化率降低所致。背膘厚度即 GR 值是胴体脂肪含量的标志,GR 值越小,表明脂肪含量越低<sup>[11]</sup>。本研究显示,与对照组相比,饲粮蛋白质水平为 12.0%时显著降低山羊 GR 值。前期研究发现,相比饲粮蛋白质水平 14.8%的对照组,12.0%的低蛋白质水平饲粮显著降低山羊血清葡萄糖含量,提高血清非酯化游离脂肪酸含量<sup>[1]</sup>,说明 12.0%的低蛋白质水平饲粮降低了山羊体内脂肪合成,提高了脂肪分解代谢,最终降低脂肪沉积。因此,本研究中 GR 值的下降主要是由于 12.0%蛋白质水平饲粮引起脂肪代谢过程的改变所致。

#### 3.2 饲粮蛋白质水平对育肥山羊肉品质的影响

肉的 pH 是评价肉品质的重要指标之一,其对肉色、嫩度和系水力均有较大的影响,且刚屠宰肉的 pH 在 6.0~7.0 为正常值<sup>[15]</sup>。本研究中,3 组育

肥山羊背最长肌的  $\text{pH}_{45\text{min}}$  在 6.83~6.86,均符合正常的肉质标准。动物在屠宰后由于血液循环停止,肌肉细胞由有氧呼吸变成无氧呼吸,动员大量肌糖原产生乳酸,导致 pH 下降,且肌肉 pH 下降程度也是评价肉品质的重要指标之一<sup>[16]</sup>。本研究中,各组间肉羊背最长肌  $\text{pH}_{24\text{h}}$  及  $\Delta\text{pH}$  无显著差异,且均处于羊肉 pH 的可接受范围(5.6~5.8)<sup>[17]</sup>。

蒸煮损失是衡量肉的系水力指标之一,对肌肉的物理形态、风味、肉色等均具有重要意义,蒸煮损失越低,熟肉率越高,说明肉的保水性能和品质越好。Wang 等<sup>[18]</sup>研究报道,相比 17%蛋白质水平组,15%蛋白质水平饲粮显著降低海南黑山羊背最长肌系水力。本研究结果与其一致,低蛋白质水平饲粮组蒸煮损失显著高于对照组,表明低蛋白质水平饲粮降低肉羊背最长肌的系水力。肌间脂肪含量是影响肌肉系水力的重要因素<sup>[19]</sup>,因此,本研究中低蛋白质水平组 GR 值显著降低是影响其熟肉率的重要原因之一。

肉色是根据肌肉中肌红蛋白、血红蛋白和微量的有色代谢物含量及其化学状态来评判肉品质和新鲜度的一个重要指标,同时也是决定消费者购买的一个最直观的评价指标,其受到氧化作用和光反射的综合影响<sup>[20]</sup>。本研究试验表明,亮度值差异不显著,黄度值加深,对肉色造成了不利的影 响。低蛋白质水平组红度值降低,可能是由于低蛋白质水平饲粮影响了肌红蛋白的合成<sup>[21]</sup>。

#### 3.3 饲粮蛋白质水平对育肥山羊肌肉氨基酸含量的影响

氨基酸是蛋白质的基本组成单位,其种类和数量决定蛋白质的营养价值,在人类和动物营养

中起重要作用<sup>[22]</sup>。联合国粮农组织 (FAO)<sup>[23]</sup> 指出健康的肉产品必需氨基酸含量应在 40% 左右, 本研究各组山羊背最长肌必需氨基酸含量均在 40% 左右, 说明安徽白山羊肉营养价值高。游离氨基酸也是肉类重要的风味前体物质之一, 影响肌肉的鲜味, 且在影响羊肉鲜味的氨基酸中, 谷氨酸起主导作用<sup>[24]</sup>。本试验中, 与对照组相比, LP II 组谷氨酸含量呈下降趋势, 表明 12.0% 蛋白质水平饲料在一定程度上影响羊肉风味。为了保持各组之间能量水平一致, LP II 组饲料玉米含量较高, 而玉米中赖氨酸含量较低<sup>[25]</sup>, 可能是导致肉中赖氨酸含量下降的原因。Teixeira 等<sup>[26]</sup> 研究报道, 肉牛饲料中添加过瘤胃赖氨酸, 可增加肌肉中赖氨酸含量, 提高肉的系水力, 改善肉品质。因此, 赖氨酸含量降低可能是 LP II 组肉羊肌肉蒸煮损失增加的原因之一。

## 4 结 论

① 饲料蛋白质水平在 14.8% 基础上降低 1.4%, 可增加安徽白山羊肌肉蒸煮损失, 但对安徽白山羊的屠宰性能、其他肉品质指标及肌肉氨基酸组成无显著影响。

② 饲料蛋白质水平在 14.8% 基础上降低 2.8%, 可降低安徽白山羊的屠宰性能, 并影响肌肉品质和肌肉氨基酸组成。

## 参考文献:

[ 1 ] ZHU W, XU W, WEI C C, et al. Effects of Decreasing dietary crude protein level on growth performance, nutrient digestion, serum metabolites, and nitrogen utilization in growing goat kids (*Capra hircus*) [J]. *Animals*, 2020, 10(1): 151.

[ 2 ] DABIRI N, THONNEY M L. Source and level of supplemental protein for growing lambs [J]. *Journal of Animal Science*, 2004, 82: 3237-3244.

[ 3 ] LINN J G, OLSON J D. Using milk urea nitrogen to evaluate diets and reproductive performance of dairy cattle [C]//Proceedings of 4-State Applied Nutritional and Management Conference. Minnesota: University of Minnesota, 1995: 155-167.

[ 4 ] HRISTOV A N, HANIGAN M, COLE A, et al. Review: ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots [J]. *Canadian Journal of Animal Science*, 2011, 91(1): 1-35.

[ 5 ] FAOSTAT. PopStat [DB/OL] [2019-12-30]. <http://www.fao.org/faostat/en/>.

[ 6 ] LING Y H, REN C H, GUO X F, et al. Identification and characterization of microRNAs in the ovaries of multiple and uniparous goats (*Capra hircus*) during follicular phase [J]. *BMC Genomics*, 2014, 15(1): 339.

[ 7 ] NRC. Nutrient requirements of small ruminants, sheep, goats, cervids, and new world camelids [S]. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007.

[ 8 ] LOPES L S, MARTINS S R, CHIZZOTTI M L, et al. Meat quality and fatty acid profile of brazilian goats subjected to different nutritional treatments [J]. *Meat Science*, 2014, 97(4): 602-608.

[ 9 ] JIAO J X, WANG T, ZHOU J W, et al. Carcass parameters and meat quality of Tibetan sheep and Small-tailed *Han* sheep consuming diets of low-protein content and different energy yields [J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2020, 104(4): 1010-1023.

[ 10 ] 唐鹏, 王尧悦, 王国军, 等. 饲料能量和蛋白质水平对陕北白绒山羊生长性能、血清生化指标、屠宰性能和肉品质的影响 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30(6): 2194-2201.

[ 11 ] 赵有璋. 羊生产学 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2011.

[ 12 ] 吴建平. 不同肉羊品种体脂脂肪酸遗传变异性及其特性的研究 [D]. 博士学位论文. 兰州: 甘肃农业大学, 2000.

[ 13 ] 李长春, 成启明, 王志军, 等. 饲草型 FTMR 对羔羊生产性能的影响 [J]. *中国草地学报*, 2017, 39(2): 90-95.

[ 14 ] 陈丽. 羊胴体分级模型与分级评定技术研究 [D]. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2011.

[ 15 ] WATANABE A, DALY C C, DEVINE C E. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing [J]. *Meat Science*, 1996, 42(1): 67-78.

[ 16 ] DÍAZ M T, VELASCO S, CAÑEQUE V, et al. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality [J]. *Small Ruminant Research*, 2002, 43(3): 257-268.

[ 17 ] PRATIWI N M W, MURRAY P J, TAYLOR D G. Feral goats in Australia: a study on the quality and nutritive value of their meat [J]. *Meat Science*, 2007, 75(1): 168-177.

[ 18 ] WANG D F, ZHOU L L, ZHOU H L, et al. Effects of nutritional level of concentrate-based diets on meat quality and expression levels of genes related to meat quality in *Hainan* black goats [J]. *Animal Science Journal*, 2015, 86(2): 166-173.

[ 19 ] VAN MILGEN J, NOBLET J, DUBOIS S. Energetic efficiency of starch, protein and lipid utilization in growing pigs [J]. *The Journal of Nutrition*, 2001, 131

- (4):1309-1318.
- [20] 王永辉,马丽珍.肌肉颜色变化的机理及其控制方法初探[J].肉类工业,2006(4):18-21.
- [21] LANZA M, BELLA M, PRIOLO A, et al. Lamb meat quality as affected by a natural or artificial milk feeding regime[J]. Meat Science, 2006, 73(2):313-318.
- [22] MCCOARD S A, SALES F A, SCIASCIA Q L. Amino acids in sheep production[J]. Frontiers in Bioscience, 2016, 8:264-288.
- [23] FAO, WHO. Energy and protein requirements [R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1973: 12.
- [24] JIANG W D, WU P, TANG R J, et al. Nutritive values, flavor amino acids, healthcare fatty acids and flesh quality improved by manganese referring to up-regulating the antioxidant capacity and signaling molecules TOR and Nrf2 in the muscle of fish [J]. Food Research International, 2016, 89:670-678.
- [25] KLEMESRUD M J, KLOPFENSTEIN T J, STOCK R A, et al. Effect of dietary concentration of metabolizable lysine on finishing cattle performance [J]. Journal of Animal Science, 2000, 78(4):1060-1066.
- [26] TEIXEIRA P D, TEKIPPE J A, RODRIGUES L M, et al. Effect of ruminally protected arginine and lysine supplementation on serum amino acids, performance, and carcass traits of feedlot steers [J]. Journal of Animal Science, 2019, 97(8):3511-3522.

## Effects of Dietary Protein Levels on Slaughter Performance, Meat Quality and Muscle Amino Acid Composition of Goats

ZHU Wen XU Wei WEI Congcong DU Yeye ZHANG Zijun CHEN Xingyong\*

(College of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 235100, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to investigate the effects of dietary different protein levels on slaughter performance, meat quality and muscle amino acid composition of goats. Thirty-six *Anhui* white goats [(16.00±1.35) kg] aged within three to four months were randomly assigned to three groups ( $n=12$ ). Goats in the control group were fed a basal diet with 14.8% crude protein, while the others in two groups were fed the diet with 90% (LP I group) and 80% (LP II group) crude protein levels, respectively. The experiment took place over 12 weeks after 2 weeks of adaptation. The results showed as follows: 1) compared with the control group, the live weight at slaughter, carcass weight and dressing percentage in LP II group tended to decrease ( $0.05 \leq P < 0.10$ ); the eye muscle area and GR value in LP II group significantly decreased ( $P < 0.05$ ); there was no significant difference in slaughter performance between LP I group and control group ( $P > 0.05$ ). 2) pH, drip loss, shear force and brightness value were not significantly different among groups ( $P > 0.05$ ); cooking loss in LP II group was significantly higher than that in control group ( $P < 0.05$ ); compared with the control group, redness value in LP II group significantly decreased ( $P < 0.05$ ), while yellowness value significantly increased ( $P < 0.05$ ). 3) Essential amino acid content was not different among groups ( $P > 0.05$ ); histidine, glutamate and lysine contents in LP II group tended to be lower than that in control group ( $0.05 \leq P < 0.10$ ), with no difference between LP I group and control group ( $P > 0.05$ ). It is concluded that 12.0% protein level decrease the slaughter performance, affect the meat quality, and muscle amino acid composition in *Anhui* white goats. A diet containing 13.4% protein level is optimal for *Anhui* white goats fatten without any adverse effect on slaughter performance, meat quality (except for cooking loss), and muscle amino acid composition. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(12):5932-5938]

**Key words:** protein level; goat; slaughter performance; meat quality; amino acid composition