

# 青贮桑叶对湖羊生产性能和肉品质的影响

马慧慧, 徐彬, 魏凤仙, 李文嘉, 孙全友, 王琳燧, 邓文, 付趁, 李绍钰  
(河南省农业科学院 畜牧兽研究所, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 为探究不同比例青贮桑叶对育肥湖羊生产性能、肉品质的影响, 选取 160 只平均体质量为  $(19.12 \pm 1.04)$  kg 的健康湖羊, 随机分为 4 组, 每组 5 个重复(栏), 每个重复 8 只, 其中 I 组为对照组, 饲喂以花生秧为唯一粗饲料的基础饲料, II、III、IV 组以青贮桑叶代替部分花生秧, 青贮桑叶与花生秧的比例分别为 15:85、30:70、45:55。试验期 60 d。结果表明, 各组平均日采食量、平均日增质量、料重比和屠宰性能指标差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。II、III、IV 组肌肉蒸煮损失和剪切力分别较 I 组显著降低 17.14%、19.54%、16.57% 和 7.92%、9.50%、6.75%; III、IV 组肌肉中粗蛋白含量分别较 I 组显著升高 9.31%、8.27%; III 组肌肉棕榈酸含量显著低于 I、II、IV 组; III、IV 组肌肉中  $\alpha$ -亚麻酸、花生二烯酸含量显著高于 I 组; II、III、IV 组肌肉中饱和脂肪酸含量分别较 I 组显著降低 6.00%、10.29% 和 7.03%; III 组单不饱和脂肪酸含量显著高于其他组, IV 组多不饱和脂肪酸含量显著高于其他组 ( $P < 0.05$ )。III、IV 组湖羊背最长肌中的天门冬氨酸、谷氨酸、亮氨酸、赖氨酸、色氨酸、总氨基酸、鲜味氨基酸含量均显著高于 I、II 组 ( $P < 0.05$ )。由此可见, 饲料中添加青贮桑叶在不影响育肥湖羊生长性能、屠宰性能的情况下, 可改善肉品质、提高肌肉中不饱和脂肪酸含量和氨基酸含量, 以补饲青贮桑叶 30% 时效果最优。

**关键词:** 青贮桑叶; 湖羊; 生产性能; 肉品质; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号: S816.5 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2022)08-0134-09

## Effects of Silage Mulberry Leaves on Production Performance and Meat Quality of Hu Sheep

MA Huihui, XU Bin, WEI Fengxian, LI Wenjia, SUN Quanyou, WANG Linyi,  
DENG Wen, FU Chen, LI Shaoyu

(Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Henan Academy of Agricultural Sciences,  
Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** This study was conducted to study the effects of silage mulberry leaves on growth performance, meat quality of Hu sheep. 160 healthy Hu sheep with average weight of  $(19.12 \pm 1.04)$  kg were randomly divided into four groups with five replicates in each group and eight sheep in each replicate. The control group (group I) was fed with peanut seedlings, and the mulberry leaves and peanut seedlings were mixed at 15:85 (group II), 30:70 (group III) and 45:55 (group IV) in treatment groups, respectively. The experimental period lasted for 60 days. The results showed that average daily feed intake, average daily gain, feed to gain ratio and slaughter performance indexes were not significantly different among the groups ( $P > 0.05$ ). The muscle cooking loss and shear force of experimental groups II, III and IV were

收稿日期: 2022-02-14

基金项目: 河南省畜禽繁育与营养调控重点实验室开放课题; 河南省农业科学院 2019 年度自主创新项目 (2019ZC44); 河南省农业科学院青年国际交流基金项目

作者简介: 马慧慧 (1984-), 女, 河南商丘人, 助理研究员, 博士, 主要从事动物营养与饲料科学方面研究。

E-mail: mahui228725@126.com

通信作者: 李绍钰 (1965-), 男, 湖北麻城人, 研究员, 博士, 主要从事动物营养与饲料科学方面研究。E-mail: lsy9617@aliyun.com

reduced by 17.14%, 19.54%, 16.57% and 7.92%, 9.50%, 6.75% compared with those in group I, respectively. The protein content in the muscle of Hu sheep in groups III and IV were increased by 9.31% and 8.27% compared with that in group I, respectively. The content of palmitic acid in the muscle of group III was significantly lower than that of groups I, II and IV. The contents of  $\alpha$ -linolenic acid and arachidonic acid in muscle of groups III, IV were significantly higher than those of group I. The contents of saturated fatty acids in the muscles of groups II, III and IV were reduced by 6.00%, 10.29% and 7.03% compared with that in group I, respectively. The content of monounsaturated fatty acids in group III was significantly higher than that in other groups, and the content of polyunsaturated fatty acids in group IV was significantly higher than that in other groups ( $P < 0.05$ ). The contents of aspartic acid, glutamic acid, leucine, lysine, tryptophan, total amino acids, and flavor amino acids in the longissimus dorsi muscle of Hu sheep in groups III and IV were significantly higher than those in groups I and II ( $P < 0.05$ ). In conclusion, silage mulberry leaves have certain promoting effects on meat quality and contents of amino acid and unsaturated fatty acid in muscle of Hu sheep, and the supplementation of 30% mulberry leaves has the best effect.

**Key words:** Silage mulberry leaves; Hu sheep; Production performance; Meat quality; Amino acid; Fatty acid

随着我国人口的不断增长和经济水平的不断提高,人们对肉类产品的要求不断提高,从原先的仅对肉量的要求转化为肉量和肉质双追求<sup>[1]</sup>。与猪肉、鸡肉和牛肉相比,羊肉因含有较高的蛋白质、必需氨基酸和较低的脂肪、胆固醇成为丰富居民膳食结构的首选肉类产品之一,是百姓“菜篮子”的重要品种<sup>[2]</sup>。消费者的需求推动了我国集约化肉羊养殖业蓬勃发展。然而,随之而来的优质饲料资源的短缺限制着我国养殖业和饲料工业发展。合理开发、利用各种非常规饲料资源是有效解决饲料资源短缺问题的重要途径。

桑叶在我国分布广阔、种植历史悠久,具有适口性好、生长迅速、产量高等特点,其叶中的蛋白质、矿物质、氨基酸及纤维含量丰富,且含有黄酮等多种生物活性物质,其营养成分优于多数牧草,是一种优良的非常规饲料资源,开发潜力和利用价值很高<sup>[3-7]</sup>。近年来,桑叶越来越多地应用到畜禽养殖生产中,不仅能促进畜禽生长,还能改善机体肉品质,提高机体抗氧化能力<sup>[8-10]</sup>。当前,有关桑叶在畜禽养殖中应用虽有报道,但在育肥湖羊肉品质特别是肌肉中脂肪酸、氨基酸含量方面的系统研究较少。为此,探讨不同比例青贮桑叶对育肥湖羊生长

性能、屠宰性能、肉品质、脂肪酸及氨基酸含量的影响,评价青贮桑叶饲喂育肥湖羊的效果,以期桑叶在羊生产中的合理应用提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验用精料和花生秧由兰考县绿色守望牧场提供。试验用青贮桑叶由兰考县某农牧发展有限公司提供,鲜桑叶采摘后青贮60 d以上。青贮桑叶营养成分:水分72.15%,粗蛋白17.79%,粗脂肪6.82%,粗纤维25.33%,粗灰分11.76%。

### 1.2 试验动物和饲粮

试验选取160只平均体质量为(19.12±1.04)kg的健康湖羊公羊,随机分为4组,每组5个重复(栏),每个重复8只,其中I组为对照组,饲喂以花生秧为唯一粗饲料的基础饲粮,II、III、IV组为试验组,以青贮桑叶代替部分花生秧,青贮桑叶与花生秧的比例分别为15:85、30:70、45:55。饲粮的精粗比5:5(干物质基础)。试验于2020年在兰考县某羊场进行,预试期10 d,正试期60 d。饲粮参照NRC(2007)建议的肉用绵羊营养需要配制。试验饲粮组成及营养成分见表1。

表1 饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Tab. 1 Compositions and nutrient levels of diets (air-dry basis)

原料 Ingredient	日粮组成/% Diet composition				营养成分 Nutrient component	营养水平 Nutrient level			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
青贮桑叶 Mulberry leaf	0	7.5	15.0	22.5	消化能/(MJ/kg) Digestible energy	11.65	11.56	11.59	11.71
花生秧 Peanut vine	50.0	42.0	35.0	27.5	粗蛋白% Crude protein	13.34	13.48	13.59	13.41

续表 1 饲料组成及营养水平(干物质基础)

Tab. 1(Continued) Compositions and nutrient levels of diets(air-dry basis)

原料 Ingredient	日粮组成/% Diet composition				营养成分 Nutrient component	营养水平 Nutrient level			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
玉米 Corn	20.0	20.0	20.0	22.0	粗纤维% Crude fiber	23.99	24.43	24.33	23.87
豆粕 Soybean meal	4.0	1.5	0	0					
玉米胚芽粕 Corn germ meal	5.5	8.0	8.7	10.0					
麸皮 Wheat bran	3.0	3.5	5.5	7.2					
喷浆玉米纤维 Sprayed corn fiber	11.5	11.5	10.0	7.0					
DDGS	2.2	1.7	2.0	0					
预混料 Premix	3.8	3.8	3.8	3.8					

注:预混料为每千克日粮提供维生素 A 14 000 IU、维生素 D<sub>3</sub> 3 500 IU、维生素 E 66 mg、铜 16.15 mg、锰 113.18 mg、锌 113.96 mg、碘 1.5 mg、钴 0.5 mg、硒 0.62 mg。

Note: The premix provides VA 14 000 IU, VD<sub>3</sub> 3 500 IU, VE 66 mg, Cu 16.15 mg, Mn 113.18 mg, Zn 113.96 mg, I 1.5 mg, Co 0.5 mg, Se 0.62 mg for diets per kilogram.

### 1.3 饲养管理

根据羊场常规程序对羊舍进行清洁、消毒。羊进入正试期前打好耳号,期间按照羊场正常程序对试验羊免疫、驱虫,每日分别在 7:00 和 17:00 饲喂,每日清理 1 次剩料,试验全期自由采食、饮水。

### 1.4 检测指标与方法

1.4.1 生产性能 正试期开始第 1 天和试验期结束的早上对试验羊空腹称体质量,分别作为初始体质量(IBW)和末体质量(FBW)。正式期间每隔 14 d 对试验羊称体质量,每天记录采食量,试验结束后计算平均日采食量(ADFI)、平均日增质量(ADG)和料重比(F/G)。

1.4.2 屠宰性能 试验结束时,羊群禁食 12 h,称活体质量,每组选择 5 只羊颈静脉放血致死,进行屠宰,测定胴体质量、屠宰率、眼肌面积和胴体脂肪含量(GR 值)等指标。

1.4.3 肉品质 取背最长肌,按照文献[11]中的方法,测定 pH<sub>45 min</sub>、pH<sub>24 h</sub>、剪切力、滴水损失、蒸煮损失及肉色[亮度值(L\*)、红度值(a\*)、黄度值(b\*)]等指标。

1.4.4 肌肉中营养成分 取背最长肌,分别采用国家标准 GB/T 5009.5—2016、GB/T 14772—2008、GB/T 9695.18—2008、GB/T 5009.3—2016 中的方法,测定肌肉中粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、水分的含量<sup>[12-15]</sup>;利用全自动氨基酸分析仪测定氨基酸各组分和含量;采用气相色谱法测定脂肪酸各组分和含量<sup>[16]</sup>。

### 1.5 数据统计与分析

数据采用 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA),采用 Duncan 氏法进行多重比较,结果用平均值±标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同添加比例青贮桑叶对湖羊生长性能的影响

由表 2 可知,湖羊的初始体质量和终末体质量各组间均差异不显著( $P>0.05$ )。随着青贮桑叶添加比例增加,湖羊的平均日采食量和平均日增质量均呈先升高再降低趋势,湖羊的料重比呈先降低再升高趋势。

表 2 不同添加比例青贮桑叶对湖羊生产性能的影响

Tab. 2 Effects of different proportions of mulberry leaves on production performance of Hu sheep

项目 Item	I	II	III	IV
初始体质量/kg IBW	19.45±1.97	18.77±1.45	19.34±1.78	18.91±1.23
末体质量/kg FBW	32.39±2.24	32.81±2.38	32.25±1.89	31.44±3.01
平均日增质量/g ADG	231.07±15.55	257.32±13.93	222.86±12.24	214.82±14.17
平均日采食量/kg ADFI	1.28±0.35	1.35±0.31	1.44±0.37	1.38±0.29
料重比 F/G	5.54±0.54	5.38±0.69	6.35±0.73	6.17±0.76

## 2.2 不同添加比例青贮桑叶对湖羊屠宰性能的影响

由表 3 可见,各组间宰前活体质量、胴体质量、屠宰率、眼肌面积和 GR 值差异均不显著( $P>0.05$ ),

其中 II 组宰前活体质量、胴体质量和屠宰率均高于其他组;眼肌面积以 III 组最高, I 组最低;GR 值以 IV 组最高, I 组最低。

表 3 不同添加比例青贮桑叶对湖羊屠宰性能的影响

Tab. 3 Effects of different proportions of mulberry leaves on slaughter performance of Hu sheep

项目 Item	I	II	III	IV
宰前活体质量/kg Live weight	31.57±0.91	32.43±1.91	31.47±1.42	31.97±1.45
胴体质量/kg Carcass weight	16.11±0.54	17.19±0.38	16.36±1.10	15.83±0.95
屠宰率/% Dressing percentage	51.03±0.55	53.15±3.90	51.97±2.14	49.60±4.15
眼肌面积/cm <sup>2</sup> Loin eye area	12.86±0.95	13.44±0.18	14.33±1.48	13.88±0.16
GR 值/mm GR value	19.84±0.78	20.34±0.69	19.96±1.23	20.43±0.66

## 2.3 不同添加比例青贮桑叶对湖羊肉品质的影响

由表 4 可见, II、III、IV 组湖羊背最长肌中蒸煮损失和剪切力分别较 I 组显著降低 17.14%、19.54%、16.57% 和 7.92%、9.50%、6.75%; II、III、IV

组湖羊背最长肌的红度值均高于 I 组,黄度值和亮度值均低于 I 组,且均未表现出显著性差异( $P>0.05$ )。各组间其他理化指标差异不显著( $P>0.05$ )。

表 4 不同添加比例青贮桑叶对湖羊肉品质的影响

Tab. 4 Effects of different proportions of mulberry leaves on meat quality of Hu sheep

项目 Item	I	II	III	IV
pH <sub>45 min</sub>	6.22±0.12 <sup>a</sup>	6.28±0.19 <sup>a</sup>	6.32±0.07 <sup>a</sup>	6.26±0.05 <sup>a</sup>
pH <sub>24 h</sub>	5.70±0.10 <sup>a</sup>	5.79±0.13 <sup>a</sup>	5.90±0.15 <sup>a</sup>	5.92±0.10 <sup>a</sup>
a <sup>*</sup>	20.66±0.56 <sup>a</sup>	20.92±1.54 <sup>a</sup>	21.29±1.70 <sup>a</sup>	21.16±1.41 <sup>a</sup>
b <sup>*</sup>	2.47±0.26 <sup>a</sup>	2.32±0.36 <sup>a</sup>	2.19±0.28 <sup>a</sup>	2.01±0.20 <sup>a</sup>
L <sup>*</sup>	45.91±3.11 <sup>a</sup>	43.42±2.38 <sup>a</sup>	42.44±1.20 <sup>a</sup>	42.09±0.70 <sup>a</sup>
蒸煮损失/% Cooking loss	38.80±0.57 <sup>a</sup>	32.15±0.41 <sup>b</sup>	31.22±0.96 <sup>b</sup>	32.37±1.18 <sup>b</sup>
剪切力/N Shear force	46.09±0.87 <sup>a</sup>	42.44±0.42 <sup>b</sup>	41.71±0.18 <sup>b</sup>	42.98±0.12 <sup>b</sup>
滴水损失/% Drip loss	2.06±0.17 <sup>a</sup>	1.87±0.10 <sup>a</sup>	1.90±0.12 <sup>a</sup>	1.89±0.13 <sup>a</sup>

注:同行数据标不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下同。

Note: Values with different small letters in the same row mean significant difference ( $P<0.05$ ). The same below.

由表 5 可见,除 III、IV 组湖羊背最长肌中粗蛋白含量分别较 I 组显著升高 9.31%、8.27%,其他各组

间湖羊背最长肌中水分、粗脂肪和粗灰分的营养水平未表现出显著性差异( $P>0.05$ )。

表 5 不同添加比例青贮桑叶对湖羊肌肉营养成分的影响

Tab. 5 Effects of different proportions of mulberry leaves on muscle nutrient composition of Hu sheep %

项目 Item	I	II	III	IV
水分 Moisture	76.24±0.43 <sup>a</sup>	76.17±0.28 <sup>a</sup>	75.93±0.71 <sup>a</sup>	75.95±0.85 <sup>a</sup>
粗蛋白 Crude protein	20.07±0.85 <sup>b</sup>	20.47±0.46 <sup>b</sup>	22.13±0.83 <sup>a</sup>	21.73±0.23 <sup>a</sup>
粗脂肪 Crude fat	4.12±0.12 <sup>a</sup>	4.38±0.12 <sup>a</sup>	4.17±0.20 <sup>a</sup>	4.22±0.06 <sup>a</sup>
粗灰分 Ash	1.86±0.06 <sup>a</sup>	1.76±0.07 <sup>a</sup>	1.81±0.09 <sup>a</sup>	1.75±0.55 <sup>a</sup>

## 2.4 不同添加比例青贮桑叶对湖羊肌肉中脂肪酸含量的影响

由表 6 可见, III 组湖羊背最长肌中棕榈酸含量显著低于 I、II、IV 组( $P<0.05$ )。III、IV 组湖羊背最

长肌中  $\alpha$ -亚麻酸、花生二烯酸含量显著高于 I 组( $P<0.05$ )。II、III、IV 组的湖羊背最长肌中油酸含量显著高于 I 组( $P<0.05$ )。II、III、IV 组的湖羊背最长肌中饱和脂肪酸含量分别较 I 组显著降低 6.00%、

10.29% 和 7.03%。Ⅲ组湖羊背最长肌中单不饱和脂肪酸含量显著高于其他组( $P<0.05$ ),Ⅳ组湖羊背最长肌中多不饱和脂肪酸含量显著高于其他组( $P<$

0.05)。湖羊背最长肌中其他脂肪酸含量差异不显著( $P>0.05$ )。

表 6 不同添加比例青贮桑叶对湖羊肌肉中脂肪酸含量的影响

Tab. 6 Effects of different proportions of mulberry leaves on content of fatty acid in muscle of Hu sheep %

项目 Item	I	II	III	IV
十三碳酸 C13:0	0.44±0.07 <sup>a</sup>	0.42±0.04 <sup>a</sup>	0.44±0.02 <sup>a</sup>	0.43±0.04 <sup>a</sup>
肉豆蔻酸 C4:0	1.60±0.08 <sup>a</sup>	1.67±0.11 <sup>a</sup>	1.66±0.09 <sup>a</sup>	1.57±0.07 <sup>a</sup>
十五碳酸 C15:0	0.22±0.01 <sup>a</sup>	0.22±0.01 <sup>a</sup>	0.24±0.03 <sup>a</sup>	0.22±0.06 <sup>a</sup>
棕榈酸 C16:0	21.40±0.62 <sup>a</sup>	20.47±0.55 <sup>a</sup>	19.03±0.74 <sup>b</sup>	20.77±0.55 <sup>a</sup>
十七碳酸 C17:0	0.82±0.06 <sup>a</sup>	0.90±0.03 <sup>a</sup>	0.91±0.07 <sup>a</sup>	0.76±0.13 <sup>a</sup>
硬脂酸 C18:0	18.50±0.46 <sup>a</sup>	16.87±1.34 <sup>a</sup>	16.80±0.69 <sup>a</sup>	16.63±1.18 <sup>a</sup>
二十一碳酸 C21:0	0.37±0.02 <sup>a</sup>	0.36±0.06 <sup>a</sup>	0.33±0.08 <sup>a</sup>	0.42±0.02 <sup>a</sup>
二十三碳酸 C23:0	0.43±0.02 <sup>a</sup>	0.40±0.07 <sup>a</sup>	0.41±0.04 <sup>a</sup>	0.44±0.05 <sup>a</sup>
木焦油碳酸 C24:0	0.44±0.05 <sup>a</sup>	0.42±0.05 <sup>a</sup>	0.33±0.06 <sup>a</sup>	0.41±0.06 <sup>a</sup>
十五碳一烯酸 C15:1	0.92±0.09 <sup>a</sup>	0.94±0.05 <sup>a</sup>	0.91±0.02 <sup>a</sup>	1.00±0.03 <sup>a</sup>
棕榈油酸 C16:1	2.02±0.07 <sup>a</sup>	2.20±0.18 <sup>a</sup>	2.18±0.28 <sup>a</sup>	2.14±0.30 <sup>a</sup>
顺-10-十七碳一烯酸 C17:1	0.49±0.08 <sup>a</sup>	0.55±0.05 <sup>a</sup>	0.58±0.05 <sup>a</sup>	0.52±0.03 <sup>a</sup>
油酸 C18:1n9c	39.80±1.41 <sup>c</sup>	42.77±0.68 <sup>ab</sup>	44.53±0.42 <sup>a</sup>	41.93±1.35 <sup>b</sup>
花生一烯酸 C20:1	0.41±0.05 <sup>a</sup>	0.42±0.01 <sup>a</sup>	0.46±0.03 <sup>a</sup>	0.45±0.05 <sup>a</sup>
亚油酸 C18:2n6c	9.12±0.41 <sup>b</sup>	9.51±0.28 <sup>ab</sup>	9.47±0.27 <sup>ab</sup>	9.82±0.10 <sup>a</sup>
α-亚麻酸 C18:3n3	0.36±0.04 <sup>b</sup>	0.37±0.02 <sup>b</sup>	0.51±0.05 <sup>a</sup>	0.61±0.07 <sup>a</sup>
花生二烯酸 C20:2	2.11±0.06 <sup>b</sup>	2.07±0.13 <sup>b</sup>	2.31±0.19 <sup>a</sup>	2.42±0.07 <sup>a</sup>
花生四烯酸 C20:4n6	0.26±0.02 <sup>a</sup>	0.27±0.02 <sup>a</sup>	0.23±0.01 <sup>a</sup>	0.22±0.02 <sup>a</sup>
饱和脂肪酸 SFA	44.22±0.67 <sup>a</sup>	41.57±0.88 <sup>b</sup>	39.67±0.78 <sup>b</sup>	41.11±1.75 <sup>b</sup>
单不饱和脂肪酸 MUFA	43.65±1.13 <sup>b</sup>	45.94±1.85 <sup>b</sup>	47.75±0.41 <sup>a</sup>	45.04±1.47 <sup>b</sup>
多不饱和脂肪酸 PUFA	11.85±0.40 <sup>b</sup>	12.21±0.27 <sup>b</sup>	12.22±0.12 <sup>b</sup>	13.08±0.07 <sup>a</sup>

## 2.5 不同添加比例青贮桑叶对湖羊肌肉中氨基酸含量的影响

由表 7 可见,Ⅲ、Ⅳ组湖羊背最长肌中的天门冬

氨酸、谷氨酸、亮氨酸、赖氨酸、色氨酸、总氨基酸、鲜味氨基酸含量显著高于 I、II 组( $P<0.05$ )。湖羊背最长肌中其他氨基酸含量差异不显著( $P>0.05$ )。

表 7 不同添加比例青贮桑叶对湖羊肌肉中氨基酸含量的影响

Tab. 7 Effects of different proportions of mulberry leaves on content of amino acid in muscle of Hu sheep %

项目 Item	I	II	III	IV
天门冬氨酸 Asp	1.67±0.07 <sup>b</sup>	1.75±0.04 <sup>b</sup>	1.91±0.05 <sup>a</sup>	1.86±0.06 <sup>a</sup>
苏氨酸 Thr	0.81±0.02 <sup>a</sup>	0.86±0.03 <sup>a</sup>	0.93±0.02 <sup>a</sup>	0.90±0.02 <sup>a</sup>
丝氨酸 Ser	0.63±0.02 <sup>a</sup>	0.67±0.02 <sup>a</sup>	0.73±0.01 <sup>a</sup>	0.71±0.01 <sup>a</sup>
谷氨酸 Glu	3.00±0.06 <sup>b</sup>	3.11±0.09 <sup>b</sup>	3.39±0.09 <sup>a</sup>	3.30±0.11 <sup>a</sup>
甘氨酸 Gly	0.80±0.04 <sup>a</sup>	0.84±0.03 <sup>a</sup>	0.95±0.10 <sup>a</sup>	0.88±0.05 <sup>a</sup>
丙氨酸 Ala	1.05±0.01 <sup>a</sup>	1.11±0.03 <sup>a</sup>	1.20±0.05 <sup>a</sup>	1.15±0.04 <sup>a</sup>
缬氨酸 Val	0.89±0.03 <sup>a</sup>	0.94±0.03 <sup>a</sup>	1.01±0.03 <sup>a</sup>	0.98±0.03 <sup>a</sup>
蛋氨酸 Met	0.51±0.01 <sup>c</sup>	0.53±0.01 <sup>bc</sup>	0.58±0.03 <sup>a</sup>	0.56±0.02 <sup>ab</sup>
异亮氨酸 Ile	0.86±0.02 <sup>a</sup>	0.90±0.02 <sup>a</sup>	0.98±0.03 <sup>a</sup>	0.95±0.03 <sup>a</sup>
亮氨酸 Leu	1.54±0.02 <sup>b</sup>	1.61±0.03 <sup>b</sup>	1.74±0.04 <sup>a</sup>	1.70±0.06 <sup>a</sup>
酪氨酸 Tyr	0.76±0.02 <sup>a</sup>	0.79±0.01 <sup>a</sup>	0.87±0.04 <sup>a</sup>	0.83±0.02 <sup>a</sup>
苯丙氨酸 Phe	0.96±0.04 <sup>a</sup>	1.01±0.03 <sup>a</sup>	1.09±0.03 <sup>a</sup>	1.05±0.04 <sup>a</sup>
赖氨酸 Lys	1.76±0.04 <sup>b</sup>	1.85±0.04 <sup>b</sup>	1.99±0.04 <sup>a</sup>	1.95±0.06 <sup>a</sup>

续表 7 不同添加比例青贮桑叶对湖羊肌肉中氨基酸含量的影响

Tab. 7 (Continued) Effects of different proportions of mulberry leaves on content of amino acid in muscle of Hu sheep %

项目 Item	I	II	III	IV
色氨酸 Try	0.16±0.04 <sup>b</sup>	0.17±0.04 <sup>b</sup>	0.25±0.04 <sup>a</sup>	0.27±0.06 <sup>a</sup>
组氨酸 His	0.77±0.03 <sup>a</sup>	0.83±0.05 <sup>a</sup>	0.85±0.01 <sup>a</sup>	0.81±0.03 <sup>a</sup>
精氨酸 Arg	1.26±0.01 <sup>a</sup>	1.32±0.02 <sup>a</sup>	1.43±0.04 <sup>a</sup>	1.39±0.04 <sup>a</sup>
脯氨酸 Pro	0.66±0.02 <sup>a</sup>	0.70±0.02 <sup>a</sup>	0.77±0.04 <sup>a</sup>	0.74±0.02 <sup>a</sup>
总氨基酸 TAA	18.09±0.21 <sup>b</sup>	18.98±0.47 <sup>b</sup>	20.67±0.58 <sup>a</sup>	20.03±0.60 <sup>a</sup>
必需氨基酸 EAA	7.33±0.14 <sup>a</sup>	7.69±0.18 <sup>a</sup>	8.31±0.19 <sup>a</sup>	8.08±0.25 <sup>a</sup>
鲜味氨基酸 DAA	4.67±0.08 <sup>b</sup>	4.87±0.13 <sup>b</sup>	5.30±0.14 <sup>a</sup>	5.16±0.16 <sup>a</sup>

### 3 结论与讨论

#### 3.1 青贮桑叶对湖羊生长性能、屠宰性能的影响

桑叶是反刍动物饲料中较为理想的蛋白质饲料替代品<sup>[17-18]</sup>。有研究表明,日粮中补饲桑叶可提高肉羊日增质量、改善胴体品质,提高屠宰率和眼肌面积<sup>[19-20]</sup>。本研究发现,饲料中添加青贮桑叶对湖羊平均日增质量、料重比和平均日采食量均无显著影响。这与 DONG 等<sup>[21]</sup>的研究结果一致,饲料中添加桑叶对肉牛料重比、平均日采食量无显著影响,杨静等<sup>[22]</sup>的研究也发现,在饲料中添加桑叶粉对育肥猪的平均日增质量和料重比无显著影响。肖建中等<sup>[23]</sup>研究发现,发酵桑叶添加量高达 35% 可提高新晃黄牛屠宰性能。张金龙等<sup>[24]</sup>也发现 2% 发酵桑叶粉对肉鸡屠宰性能有很好的改善作用。本研究中不同组宰前活体质量、胴体质量、屠宰率、眼肌面积和 GR 值没有表现出显著性差异,但饲料中添加青贮桑叶对湖羊育肥前期的屠宰性能有一定的改善作用。这与黄静等<sup>[25]</sup>的研究报道一致,饲料中添加桑叶对胡须鸡的屠宰性能无显著影响。这可能是因为不同动物适宜添加桑叶的比例不同,导致利用饲料的效率不同,表现出生长性能存在差异,也可能与不同研究者对桑叶的加工处理工艺有关。

#### 3.2 青贮桑叶对湖羊肉品质的影响

生产中对肉品质的评价涉及多个指标。剪切力与肉的嫩度相关,剪切力越小肉质越嫩。蒸煮损失是肉品保水性能的指标,影响肉品的多汁性,而肉的颜色一般代表肉的新鲜度<sup>[26-27]</sup>。李昊帮等<sup>[8]</sup>的研究结果显示,发酵桑叶对湘西黄牛×利木赞杂交 F<sub>1</sub> 公牛的肌肉嫩度有所提高,但对肌肉中的肉色沉积没有影响,这与本研究结果一致。本研究在湖羊育肥期添加青贮桑叶,各组间的肉色没有表现出显著差异,但是对肉色有改善作用,这可能与桑叶中丰富的黄酮、多糖生物碱等生物活性物质具有明显

的抗氧化作用有关<sup>[28]</sup>。本研究还发现,饲料中青贮桑叶代替花生秧 15% 以上时,湖羊肌肉的剪切力、蒸煮损失显著降低。这与肖建中等<sup>[23]</sup>的研究结果相似,30% 发酵桑叶对新晃黄牛熟肉率和 pH<sub>45 min</sub> 的改善效果均优于其他组,并可显著降低新晃黄牛肌肉剪切力。在犊中饲料中添加 20% 青贮桑叶组与 10% 青贮桑叶组屠宰 45 min 后,肌肉 pH 值差异显著,但有些研究结果未出现类似结果,认为犊牛宰后 1 h 肌肉 pH 值差异不显著<sup>[29]</sup>。本研究结果也表明,青贮桑叶组 pH<sub>45 min</sub>、pH<sub>24 h</sub> 均与对照组差异不显著。

水分、粗蛋白和粗脂肪是羊肉中主要常规营养成分。一般而言,湖羊羊肉水分高于巴里坤羊、河南大尾寒羊和滩羊<sup>[30-32]</sup>。本研究中,各组肌肉中水分均在 75% 以上,说明肉质较细嫩。此外,本研究发现,在饲料中添加一定比例的青贮桑叶可有效提高湖羊肌肉蛋白质含量。这与高昌鹏等<sup>[33]</sup>的研究结果一致。

#### 3.3 青贮桑叶对湖羊肌肉中脂肪酸和氨基酸含量的影响

脂肪酸与肌肉营养价值密不可分<sup>[34]</sup>。SUN 等<sup>[35]</sup>研究了桑叶代替部分粗饲料对小尾寒羊肉品质的影响,结果表明,24% 替代组的肌肉饱和脂肪酸含量较低,单不饱和脂肪酸含量较高。JEON 等<sup>[36]</sup>研究发现,添加青贮桑叶组的育肥肉牛比不添加青贮桑叶组的多不饱和脂肪酸含量更高。这与本研究结果一致,即在饲料中添加青贮桑叶可显著提高多不饱和脂肪酸含量,显著降低饱和脂肪酸含量。另外,张娜娜等<sup>[37]</sup>研究了日粮中添加桑叶粉对杜×大×长三元杂交育肥肉猪品质的影响,发现饲料中添加 15% 的发酵桑叶,可显著提高肌肉不饱和脂肪酸含量,显著降低饱和脂肪酸含量。李飞鸣等<sup>[38]</sup>的研究也发现,在杜×大×长三元杂交育肥肉猪饲料中添加一定比例的发酵桑叶,可显著降低肌肉中饱和脂肪酸

含量,提高不饱和脂肪酸含量。羊肉风味与不饱和脂肪酸中油酸和亚麻酸关系密切<sup>[33]</sup>。本研究还发现,油酸、亚麻酸含量增加,说明饲料中添加一定比例的青贮桑叶可有效提高肉品质。这可能与瘤胃微生物可通过氢化作用合成部分脂肪酸,促进脂肪酸合成有关<sup>[39]</sup>。

氨基酸含量制约着肌肉蛋白质的品质<sup>[40]</sup>。本研究结果表明,30%、45%青贮桑叶组天门冬氨酸、谷氨酸、亮氨酸、赖氨酸、色氨酸、总氨基酸、鲜味氨基酸含量显著高于对照组和15%青贮桑叶组,说明青贮桑叶能够有效提高育肥湖羊肌肉中氨基酸含量。这与李莉等<sup>[41]</sup>的研究结果相似,在郟县红牛日粮中添加干桑叶,可提高其背最长肌总氨基酸含量,从而改善牛肉品质。李伟玲<sup>[19]</sup>的研究结果表明,在肉羊基础饲料中添加一定量的桑叶粉可使总氨基酸和必需氨基酸含量提高。

综上,饲料中添加青贮桑叶可以替代部分蛋白质源、纤维源类饲料,在不影响育肥湖羊生长性能的情况下,可一定程度改善湖羊育肥期的肉品质,提高肌肉中的不饱和脂肪酸含量、氨基酸含量。

#### 参考文献:

- [1] 樊慧丽,付文阁.我国羊肉市场价格波动影响因素分析[J].畜牧兽医杂志,2020,39(1):27-31.  
FAN H L, FU W G. Affecting factors analysis of price fluctuation in Chinese mutton market [J]. Journal of Animal Science and Veterinary Medicine, 2020, 39 (1) : 27-31.
- [2] 康海,肖海.近期我国羊肉价格上涨的经济效应[J].中国农业大学学报,2020,25(4):154-161.  
KANG H, XIAO H. The economic effect of rising mutton price in China recently [J]. Journal of China Agricultural University, 2020, 25(4):154-161.
- [3] EADIE L, GHOSH T K. Biomimicry in textiles: Past, present and potential. An overview [J]. Journal of The Royal Society Interface, 2011, 8(59):761-775.
- [4] ZOU Y X, LIAO S T, SHEN W Z, et al. Phenolics and antioxidant activity of mulberry leaves depend on cultivar and harvest month in southern China [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2012, 13 (12):16544-16553.
- [5] JI T, LI J, SU S L, et al. Identification and determination of the polyhydroxylated alkaloids compounds with  $\alpha$ -glucosidase inhibitor activity in mulberry leaves of different origins [J]. Molecules, 2016, 21(2):206.
- [6] KOJIMA Y, KIMURA T, NAKAGAWA K, et al. Effects of mulberry leaf extract rich in 1-deoxynojirimycin on blood lipid profiles in humans [J]. Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 2010, 47(2):155-161.
- [7] 蔡明.桑叶作为动物饲料的安全性及饲用价值评价研究[D].兰州:兰州大学,2019.  
CAI M. Study on the safety and feeding value evaluation of mulberry leaves as animal feed [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2019.
- [8] 李昊帮,罗阳,肖建中,等.发酵桑叶对湘西黄牛×利木赞杂交F<sub>1</sub>代育肥牛屠宰性能、肉品质及肌肉中氨基酸、脂肪酸含量的影响[J].动物营养学报,2020,32(1):244-252.  
LI H B, LUO Y, XIAO J Z, et al. Effects of fermented mulberry leaves on slaughter performance, meat quality and contents of amino acid and fatty acid in muscle of Xiangxi yellow cattle×limousin hybrid F<sub>1</sub> bulls [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32 (1) : 244-252.
- [9] CHEN Z, XIE Y, LUO J, et al. Dietary supplementation with *Moringa oleifera* and mulberry leaf affects pork quality from finishing pigs [J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2021, 105(1):72-79.
- [10] LIU Y, LI Y, PENG Y, et al. Dietary mulberry leaf powder affects growth performance, carcass traits and meat quality in finishing pigs [J]. Journal of Animal Physiology and Animal, 2019, 103(6):1934-1945.
- [11] 刘公言,孙海涛,刘策,等.饲料不同粗饲料原料对闽西南黑兔屠宰性能和肌肉品质的影响[J].动物营养学报,2020,32(9):4277-4284.  
LIU G Y, SUN H T, LIU C, et al. Effects of different dietary rouage ingredients on slaughter performance and muscle quality of black rabbits in Southwest Fujian [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(9) : 4277-4284.
- [12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品中蛋白质的测定:GB 5009.9—2016 [S].北京:中国标准出版社,2017.  
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, State Food and Drug Control Manage Administration. Determination of protein in food: GB 5005.9—2016 [S]. Beijing: China Standards Press, 2017.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.食品中粗脂肪的测定:GB/T 14772—2008 [S].北京:中国标准出版社,2009.  
State Bureau of Technical Supervision of the People's Republic of China, China Standardization Administration. Determination of crude fat in foods: GB/T 14772—2008 [S]. Beijing: China Standards Press, 2009.

- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 肉与肉制品总灰分测定: GB/T 9695. 18—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009. State Bureau of Technical Supervision of the People's Republic of China, China Standardization Administration. Determination of total ash in meat and meat products: GB/T 9695. 18—2008 [S]. Beijing: China Standards Press, 2009.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009. 3—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017. National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Determination of moisture in food: GB 5009. 3—2016 [S]. Beijing: China Standards Press, 2017.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定: GB5009. 168—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017. National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Determination of fatty acid in food: GB 5009. 168—2016 [S]. Beijing: China Standards Press, 2017.
- [17] KANDYLS K, HADJIGEORGIOU I, HARIZANIS P. The nutritive value of mulberry leaves (*Morus alba*) as a feed supplement for sheep [J]. Tropical Animal Health & Production, 2009, 41(1): 17-24.
- [18] TEFAY G, TAMIR B, BERHANE G. Carcass and non-carcass characteristics of Tigray highland lambs fed mulberry (*Morus alba*) leaf meal at different supplementation levels [J]. Journal of Scientific and Innovative Research, 2017, 6(3): 104-109.
- [19] 李伟玲. 桑叶对肉羊生产性能、血液生化指标、免疫抗氧化功能和肉品质的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2012. LI W L. Effects of mulberry leaf on performance, blood biochemical indices, immune antioxidant function and meat quality of mutton sheep [D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2012.
- [20] 寇宇斐, 朱文斌, 李飞, 等. 饲料中添加不同比例全株桑枝叶对育肥湖羊生长性能、养分表观消化率、血清抗氧化指标和瘤胃发酵参数的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(5): 2776-2785. KOU Y F, ZHU W B, LI F, et al. Effects of diets with different proportions of whole mulberry on growth performance, nutrient apparent digestibility, serum antioxidant indexes and rumen fermentation parameters of fattening Hu Sheep [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(5): 2776-2785.
- [21] DONG Z H, WANG S R, ZHAO J, et al. Effects of additives on the fermentation quality, *in vitro* digestibility and aerobic stability of mulberry (*Morus alba* L.) leaves silage [J]. Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 2020, 33(8): 1292-1300.
- [22] 杨静, 李同洲, 曹洪战, 等. 不同水平饲用桑粉对育肥猪生长性能和肉质的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2014, 50(7): 52-56. YANG J, LI T Z, CAO H Z, et al. Effects of dietary forage mulberry on growth performance and meat quality of finishing pigs [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2014, 50(7): 52-56.
- [23] 肖建中, 刘耕, 李一平, 等. 发酵桑叶对新晃黄牛生长性能、血液生化指标、屠宰性能和肉品质的影响[J]. 蚕业科学, 2019, 45(1): 116-121. XIAO J Z, LIU G, LI Y P, et al. Effects of fermented mulberry leaves on growth performance, blood biochemical indices, slaughter performance and meat quality of Xinhuang yellow cattle [J]. Acta Sericologica Sinica, 2019, 45(1): 116-121.
- [24] 张金龙, 张宁, 杨雪, 等. 发酵桑叶粉对肉鸡生长性能、血清生化指标及肠道组织形态结构的影响[J]. 饲料工业, 2017, 38(20): 38-42. ZHANG J L, ZHANG N, YANG X, et al. Effects of fermented mulberry leaf powder on growth performance, serum biochemical indices and intestinal tissue morphology of broilers [J]. Feed Industry, 2017, 38(20): 38-42.
- [25] 黄静, 邝哲师, 刘吉平, 等. 饲料中添加不同品种桑叶及发酵桑叶对胡须鸡的饲养效果[J]. 蚕业科学, 2017, 43(6): 978-986. HUANG J, KUANG Z S, LIU J P, et al. Effects of feeding mulberry leaves of different varieties and fermented mulberry leaves on bearded chickens [J]. Acta Sericologica Sinica, 2017, 43(6): 978-986.
- [26] 殷雨洋, 蒋永清, 黄杰, 等. 青贮饲用油菜对湖羊生长性能、屠宰性能、瘤胃发酵及器官发育的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(2): 1153-1162. YIN Y Y, JIANG Y Q, HUANG J, et al. Effects of silage on growth performance, slaughter performance, rumen fermentation and organ development of Hu sheep [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(2): 1153-1162.
- [27] 陈士进, 丁冬, 李泊, 等. 基于机器视觉的牛肉结缔组织特征和嫩度关系研究[J]. 南京农业大学学报, 2016, 39(5): 865-871. CHEN S J, DING D, LI B, et al. Research on relationship between beef connective tissue features and tenderness by computer vision technology [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2016, 39(5): 865-871.



- [28] 邝哲师,黄静,廖森泰,等. 桑叶粉和发酵桑叶粉对胡须鸡屠宰性能、肉品质及盲肠菌群的影响[J]. 中国畜牧兽医,2016,43(8):1989-1997.  
KUANG Z S, HUANG J, LIAO S T, et al. Effects of fermented mulberry leaf powder on slaughter performance, meat quality and cecal microflora of bearded chickens [J]. Chinese Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2016, 43 (8) : 1989-1997.
- [29] 曲培滨. 桑叶黄酮和热带假丝对犊牛生长性能、屠宰性能、肉品质及血清指标的影响[D]. 邯郸:河北工程大学,2015.  
QU P B. Effects of flavonoids from mulberry leaves and tropical silk on growth performance, slaughter performance, meat quality and serum indices of calves [D]. Handan: Hebei University of Engineering, 2015.
- [30] 王志琴,张晓红,托合耐,等. 巴里坤羊肉营养成分分析[J]. 草食家畜,2002(1):48-49.  
WANG Z Q, ZHANG X H, TUOHENAI, et al. Analysis of nutrient composition of Barkun lamb [J]. Herbivorous Livestock, 2002(1):48-49.
- [31] 田亚磊,宗珊颖,吉进卿,等. 河南大尾寒羊屠宰性能和肉质特性研究[J]. 云南农业大学学报,2010,25(2):226-229.  
TIAN Y L, ZONG L Y, JI J Q, et al. Study on the slaughter performance and meat quality characteristics of Henan big tail Han sheep [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2010, 25(2):226-229.
- [32] 钱文熙. 滩羊肉品质研究[D]. 银川:宁夏大学,2005.  
QIAN W X. Study on the quality of Tan sheep meat [D]. Yinchuan: Ningxia University, 2005.
- [33] 高昌鹏,周玉香. 荞麦秸秆饲料中添加过瘤胃赖氨酸对滩羊血清生化指标、屠宰性能和肉品质的影响[J]. 动物营养学报,2021,33(2):932-943.  
GAO C P, ZHOU Y X. Effects of buckwheat straw diet supplemented with rumen-protected lysine on serum biochemical indexes, slaughter performance and meat quality of Tan sheep [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(2):932-943.
- [34] WOOD J D, RICHARDSON R I, NUTE G R, et al. Effects of fatty acids on meat quality: A review [J]. Meat Science, 2004, 66(1):21-32.
- [35] SUN H, LUO Y, ZHAO F, et al. The effect of replacing wildrye hay with mulberry leaves on the growth performance, blood metabolites, and carcass characteristics of sheep [J]. Animals, 2020, 10 (11) : 2018.
- [36] JEON B T, KIM, K H, KIM S J, et al. Effects of mulberry (*Morus alba* L) silage supplementation on the haematological traits and meat compositions of hanwoo (*Bos taurus coreanae*) steer [J]. African Journal of Agricultural Research, 2012, 7(4):662-668.
- [37] 张娜娜,曹洪战,李同洲,等. 发酵饲料桑粉对育肥猪生长性能和猪肉品质的影响[J]. 中国兽医学报,2016,36(12):2166-2170.  
ZHANG N N, CAO H Z, LI T Z, et al. Effects of fermented mulberry powder on growth performance and pork quality of finishing pigs [J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2016, 36(12):2166-2170.
- [38] 李飞鸣,李霞,黄仁志,等. 发酵桑饲料对宁乡土杂猪生长性能与屠宰性能及肉品质的影响[J]. 蚕业科学,2018,44(6):929-935.  
LI F M, LI X, HUANG R Z, et al. Effects of fermented mulberry feed on growth performance, slaughter performance and meat quality of Ningxiang hybrid pigs [J]. Sericulture Science, 2018, 44(6):929-935.
- [39] 罗军,单翠燕,王海滨,等. 共轭亚油酸对奶山羊公羔肉用性能及肌肉和脂肪中脂肪酸组成的影响[J]. 饲料与畜牧,2011(1):24-28.  
LUO J, SHAN C Y, WANG H B, et al. Effects of conjugated linoleic acid on meat performance and fatty acid composition in muscle and fat of male dairy goat lambs [J]. Feed & Animal Husbandry, 2011(1):24-28.
- [40] LORENZO J M, FRANCO D. Fat effect on physicochemical, microbial and textural changes through the manufactured of dry-cured foal sausage lipolysis, proteolysis and sensory properties [J]. Meat Science, 2012, 92(4):704-714.
- [41] 李莉,苏玉贤. 日粮添加干桑叶对郟县红牛生长性能、屠宰性能和肉质性状影响的研究[J]. 饲料研究,2020,43(3):12-16.  
LI L, SU Y X. Effect of adding dry mulberry leaves to diets on growth performance, slaughter performance and meat quality of Jiaxian red cattle [J]. Feed Research, 2020, 43(3):12-16.