



金宏,柏杨,邓孟云,等. 发酵饲料对育肥湖羊生产性能、养分表观消化率、瘤胃发酵特性及肉品质的影响[J]. 南京农业大学学报,2024,47(1):151-156.

JIN Hong, BAI Yang, DENG Mengyun, et al. Effects of fermented feed on production performance, nutrient apparent digestibility, rumen fermentation characteristics and meat quality of fattening Hu sheep[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2024, 47(1): 151-156.

发酵饲料对育肥湖羊生产性能、养分表观消化率、 瘤胃发酵特性及肉品质的影响

金宏,柏杨,邓孟云,张敏,马婷,华金玲*

(安徽科技学院动物科学学院,安徽 凤阳 233100)

摘要:[目的]本试验旨在研究饲料中不同比例发酵饲料对育肥湖羊瘤胃发酵特性、营养物质表观消化率、生产性能及肉品质的影响。[方法]选取6月龄左右、体重(30.86±4.50)kg健康湖羊70只,随机均分5组(每组14只),分别在基础日粮中添加0%(对照组)、2%、4%、6%、8%的发酵饲料(有益菌含量 $\geq 1 \times 10^8$ CFU·g⁻¹)。预饲期15d,正试期45d。正试期第45天采集瘤胃液用于瘤胃发酵特性测定;正试期43~45d,采集饲料和粪样,测定养分表观消化率;根据正试期采食量、初末重测定生长性能指标;试验结束当天每组随机选择3只育肥羊屠宰,用于胴体性状及肉品质测定。[结果]添加6%发酵饲料的湖羊平均日增重(ADG)显著增加($P < 0.05$),料重比(F/G)、平均日采食量(ADFI)、干物质采食量(DMI)极显著降低($P < 0.01$);添8%发酵饲料的湖羊屠宰率较对照组有显著提高($P < 0.05$)。添加2%、4%发酵饲料时,各养分表观消化率显著提高($P < 0.05$)。添加不同比例发酵饲料对育肥羊瘤胃液氨态氮(NH₃-N)、菌体蛋白(BCP)、乙酸、丁酸、乙酸丙酸比和总挥发性脂肪酸(TVFA)含量以及肉品质无显著影响($P > 0.05$),但在添加量为6%时,pH值显著降低($P < 0.05$),丙酸含量显著提高($P < 0.05$)。[结论]在饲料中添加6%发酵饲料能提高育肥湖羊养分表观消化率及生产性能,对改善瘤胃发酵特性有积极作用。

关键词:发酵饲料;育肥羊;生长性能;养分表观消化率;瘤胃发酵特性;肉品质

中图分类号:S852.6

文献标志码:A

文章编号:1000-2030(2024)01-0151-06

Effects of fermented feed on production performance, nutrient apparent digestibility, rumen fermentation characteristics and meat quality of fattening Hu sheep

JIN Hong, BAI Yang, DENG Mengyun, ZHANG Min, MA Ting, HUA Jinling*

(School of Animal Science, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

Abstract: [Objectives] This experiment was conducted to investigate the effects of different proportions of fermented feed in diets on rumen fermentation characteristics, nutrient apparent digestibility, performance and meat quality of fattening Hu sheep. [Methods] A total of 70 healthy Hu-sheep about 6 months old with similar body weight (30.86±4.50) kg were randomly divided into 5 groups ($n = 14$). The basal diet in each group was supplemented with 0% (control group), 2%, 4%, 6% and 8% fermented feed (beneficial bacteria content $\geq 1 \times 10^8$ CFU·g⁻¹), respectively. Rumen fluid was collected at 45 d. During the trial period from 43 days to 45 days, dietary and fecal samples were collected to determine nutrient apparent digestibility. The growth performance indexes were measured according to the feed intake and initial and final weight during the test period. At the end of the experiment, 3 fattening sheep were randomly selected from each group to be slaughtered for the determination of carcass traits and meat quality. [Results] The average daily gain (ADG) of 6% fermented feed supplemental level significantly increased ($P < 0.05$), the ratio of feed to gain (F/G), average daily feed intake (ADFI) and dry matter intake (DMI) significantly decreased ($P < 0.01$). When the fermented feed supplemental level was 8%, the slaughter percentage significantly increased compared with the control group ($P < 0.05$). The nutrient apparent digestibility indexes significantly increased when 2% and 4% fermented feed were added ($P < 0.05$). Different proportions of fermented feed had no significant effects on the contents of ammonia nitrogen (NH₃-N), bacterial protein (BCP), acetic acid, butyric acid, ratio of ethylene to propylene total volatile fatty acid (TVFA) and meat quality of fattening sheep ($P > 0.05$), but at 6% fermented feed supplemental level, pH value significantly decreased ($P < 0.05$), and propionic acid significantly increased ($P < 0.05$). [Conclusions] The supplementation of 6% fermented feed can improve nutrient apparent digestibility and performance of fattening Hu

收稿日期:2022-12-01

基金项目:安徽省科技重大专项项目(1703001060);研究生科学研究项目(YK202116);安徽省大学生创新创业训练计划项目(S202110879174)

*通信作者:华金玲,博士,教授,硕士生导师,研究方向为反刍动物营养,E-mail:huajl@ahstu.edu.cn.

sheep, and has a positive effect on improving rumen fermentation characteristics.

Keywords: fermented feed; fattening sheep; production performance; nutrient apparent digestibility; rumen fermentation characteristics; meat quality

发酵饲料是由一些常用饲料通过微生物发酵而制成,是通过发酵将饲料原料中大分子营养成分转化为小肽类物质,易于动物消化吸收,能提高饲料消化利用率^[1]。近年来,我国有大量农副产品未合理利用,若制成发酵饲料,对于减少饲料原料中抗营养因子浓度,提高饲料营养水平,推动绿色无公害养殖具有广阔前景^[2]。发酵饲料能够改善饲料气味,提高日粮适口性,增加动物采食量从而提高动物生产性能^[3]。胡宇超等^[4]在育肥母羊饲料中添加以发酵麸皮多糖为主的复合营养素显著增加了终末重和平均日增重。张昕禹等^[5]通过体外模拟瘤胃发酵试验发现,添加20%~40%发酵玉米蛋白粉替代豆粕可以提高底物干物质降解率。在泌乳奶牛的饲料中添加微生物发酵饲料能够提高其乳成分含量,特别是乳蛋白、乳脂肪较对照组增加4.73%和10.57%^[6]。此外徐子萱等^[7]用微生物发酵饲料在奶牛瘤胃发酵功能的研究表明,随着添加量的增加,氨态氮(NH₃-N)和菌体蛋白(BCP)浓度升高,表明饲料中的氮能够被瘤胃微生物分解,提高了瘤胃合成BCP的能力;在添加量为7%时,其BCP浓度高于对照组,提高了瘤胃微生物合成蛋白的能力。本试验旨在明确发酵饲料对肉羊实际生产的影响,为在人畜争粮、绿色养殖的背景下,保证肉羊健康和提高养殖效益提供参考,为发酵饲料在肉羊生产中的应用提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

发酵饲料(产品标准编号:Q/AHWD04-2019)由安徽好味道饲料科技有限公司提供。发酵饲料以由豆粕、胚芽粕、麸皮为载体,主要菌种是乳酸菌、酵母菌、枯草芽胞杆菌、戊糖片球菌,添加酶制剂后恒温发酵72 h,发酵温度30~35℃。饲料中有益菌含量 $\geq 1 \times 10^8$ CFU·g⁻¹、乳酸(干物质基础) $\geq 2.5\%$ 、粗蛋白(干物质基础) $\geq 16\%$ 、粗纤维含量 $\leq 20\%$ 、粗灰分含量 $\leq 10\%$ 、黄曲霉毒素B1 ≤ 50.0 g·kg⁻¹。

1.2 试验设计

试验选择体重(30.86±4.50)kg、6月龄左右健康湖羊70只,随机均分5组(每组14只),分别在基础饲料中添加0%(对照组)、2%、4%、6%、8%的发酵饲料。本试验参照《肉羊饲养标准:NY/T 816—2004》^[8]中体重30 kg、平均日增重(ADG)100 g·d⁻¹的育肥羊每日营养需要配制日粮,精、粗料质量比为55:45。基础饲料组成及营养水平见表1。饲料每天分2次(06:30和18:30)饲喂,自由饮水。预饲期15 d,正式试验期45 d。试验期间测定生产性能、养分表观消化率、瘤胃发酵特性及肉品质等指标。

表1 基础饲料组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (dry matter basis)

原料组成及营养水平 Ingredient composition and nutrient levels	发酵饲料添加量 Fermented feed supplemental level				
	0%	2%	4%	6%	8%
原料组成 Ingredients composition					
玉米/% Corn	34	33.01	32	31.25	30
大豆粕/% Soybean meal	9.00	8.02	7.86	7.00	6.00
小麦麸/% Bran	9.89	9.86	9.03	8.64	8.89
发酵饲料/% Fermented feed	0	2	4	6	8
玉米青贮/% Corn silage	27	27	27	27	27
花生秸/% Peanut stalk	18	18	18	18	18
磷酸氢钙/% Calcium hydrogen phosphate	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
食盐/% Salt	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
碳酸氢钠/% Sodium bicarbonate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
预混料/% Premix ¹⁾	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
营养水平 Nutrient levels					
代谢能/(MJ·kg ⁻¹) Metabolic energy ²⁾	10.13	10.12	10.09	10.08	10.07
粗蛋白质/% Crude protein	11.84	11.84	11.86	11.69	11.52
中性洗涤纤维/% Neutral detergent fiber	27.08	27.10	27.14	27.20	27.54
酸性洗涤纤维/% Acid detergent fiber	11.66	11.30	11.70	11.82	11.32
钙/% Calcium	0.60	0.57	0.60	0.67	0.69
磷/% Phosphorus	0.36	0.34	0.38	0.37	0.37

注:1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kilogram of the diet: VA 500 000 IU, VD₃ 99 800 IU, VE 125 IU, Ca 2.5 mg, Fe 1 100 mg, Mn 2 289 mg, Cu 3 750 mg, Zn 3 000 mg, Se 9.9 mg, NaCl 12.8%。2) 代谢能为计算值,其余为实测值。Metabolic energy is a calculated value, while the others are measured values.

1.3 样品采集及分析方法

1.3.1 生长性能测定 于正试期第 1 天和第 45 天试验羊空腹称重,分别记为初始重 (IW) 和终末重 (FW),并计算出平均日增重 (ADG)。根据日采食量计算平均日采食量 (ADFI);根据平均日干物质采食量 (DMI) 和 ADG 计算出料重比 (F/G)。

1.3.2 养分表观消化率 在正试期 43~45 d,每组选择 3 只体重基本一致的试验羊,单栏饲喂,固定时间收集当天全部粪样,取 10% 的粪样冷冻保存。参照张丽英等^[9]方法测定粪样和饲料样品中的干物质 (DM)、粗蛋白质 (CP)、粗脂肪 (EE) 含量;中性洗涤纤维 (NDF) 和酸性洗涤纤维 (ADF) 含量采用饲料纤维分析滤袋方法测定^[10]。饲粮养分表观消化率采用 $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸不溶灰分 (AIA) 作为指示剂测定^[11]。

养分表观消化率计算公式:饲粮养分表观消化率 (%) = $100 - (\text{饲粮中指示剂含量} / \text{粪中指示剂含量}) \times (\text{粪中养分含量} / \text{饲粮中养分含量}) \times 100$ 。

1.3.3 瘤胃发酵参数试验 正试期 45 d,每组随机选择 7 只试验羊,通过口腔空腹采集瘤胃液,用梅特勒 S220-K pH 仪当场测定湖羊瘤胃液 pH 值。另取 1 份瘤胃液经 4 层纱布过滤后 $-4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温保存。采用比色法测定氨态氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$) 含量;采用南京建成生物工程研究所的试剂盒测定 BCP 含量;采用气相色谱仪峰面积法测定挥发性脂肪酸 (VFA) 含量。

1.3.4 屠宰性能测定 试验结束每组随机选取 3 只羊,空腹测定育肥羊宰前重,通过颈静脉放血处死后测定胴体重及屠宰率。

1.3.5 肉品质测定 选取左侧背最长肌测定 pH 值、肉色、失水率、熟肉率和剪切力。pH 值测定方法:宰杀后 45 min 使用数字显示 pH 仪测定 $\text{pH}_{45 \text{ min}}$;置于 $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱 24 h 后测定 pH 值,每个样品平行测定 3 次,取平均值,即为 $\text{pH}_{24 \text{ h}}$ 。肉色测定方法:利用 CR-400 色差仪测定各试验组育肥羊背最长肌的亮度 (L^*)、红度 (a^*)、黄度 (b^*) 值等肉色指标,每个样品平行测定 3 次,取平均值。肌肉失水率测定方法:将背最长肌肉样切成厚度 0.5 cm、面积为 5 cm 的肉片,约为 3.0 g,将肉片置于上下各 16 层的滤纸中间,放在失水率压力盘上,加力量至 35 kg,保持 5 min 后立即称重,计算失水率。肌肉剪切力测定方法:采用 C-LM 型数显式肌肉嫩度仪测定。熟肉率测定方法:去除肌肉多余的脂肪和筋膜,50 g 肉块,置于 $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴锅中加热 45 min,在肉中心放置温度计,当温度达到 $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时取出后冷却至室温,再次称重计算熟肉率。熟肉率 = $(\text{煮前肉重} - \text{煮后肉重}) / \text{煮前肉重} \times 100\%$ 。失水率 = $(\text{压前肉重} - \text{压后肉重}) / \text{压前肉重} \times 100\%$ 。

1.4 数据统计及分析

采用 Excel 2019 整理试验数据,用 SPSS 23.0 统计软件进行单因素方差分析 (One-Way ANOVA),组间差异采用 Duncan's 法进行多重比较检验,并采用正交多项式进行线性和二次曲线效应分析。 $P < 0.01$ 表示差异极显著, $P < 0.05$ 表示差异显著, $0.05 \leq P < 0.10$ 表示有趋势, $P > 0.05$ 表示差异不显著。

2 结果与分析

2.1 发酵饲料对育肥羊生产性能的影响

由表 2 可知,随着发酵饲料添加量的增加,ADG、ADFI、DMI、屠宰率呈二次曲线变化 ($P < 0.05$),宰前活重和胴体重有线性升高趋势 ($P = 0.087$ 和 0.043),F/G 呈线性和二次曲线变化 ($P < 0.01$)。与对照组相

表 2 发酵饲料对育肥湖羊生产性能的影响

Table 2 Effect of fermented feed on performance of fattening Hu sheep

项目 Items	发酵饲料添加量 Fermented feed supplemental level					标准误 SE	P 值 P-value		
	0%	2%	4%	6%	8%		T	L	Q
初重/kg Initial weight	31.26	29.62	29.36	30.44	33.65	0.76	0.407	0.306	0.092
末重/kg Final weight	37.38	37.58	35.64	39.80	38.78	0.83	0.603	0.407	0.607
平均日增重/($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$) Average daily gain	137.10 ^{bc}	175.70 ^{ab}	141.40 ^{bc}	208.60 ^a	114.30 ^c	8.39	<0.01	0.784	0.006
平均日采食量/g Average daily feed intake	1 438.20 ^{ab}	1 346.70 ^b	1 360.80 ^b	1 304.20 ^b	1 559.20 ^a	21.14	<0.01	0.169	<0.01
干物质采食量/g Dry matter intake	1 083.00 ^b	1 031.60 ^{ab}	1 039.70 ^{ab}	975.50 ^c	1 189.70 ^a	16.12	<0.01	0.153	<0.01
料重比 Feed to gain ratio	7.90 ^b	5.87 ^c	7.35 ^b	4.69 ^d	10.41 ^a	0.17	<0.01	<0.01	<0.01
宰前活重/kg liveweight	35.83	41.97	42.25	40.75	45.58	1.43	0.320	0.087	0.709
胴体重/kg Carcass weight	18.68	21.48	21.00	20.78	24.43	0.74	0.176	0.043	0.729
屠宰率/% Dressing percentage	52.14 ^{ab}	51.19 ^{bc}	49.75 ^c	51.04 ^{bc}	53.65 ^a	0.42	0.012	0.168	0.001

注:1)同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。For data in the same row, the shoulder label with different lowercase letters indicated significant difference ($P < 0.05$). 2) T 代表不同处理, L 表示一次线性, Q 表示二次曲线。T for different treatments, L for first linear, Q for quadratic. 下同。The same below.

比, 饲料中添加 2%、4%、6% 发酵饲料湖羊 ADG 分别增加 28.15%、3.14%、52.15%, ADFI 分别降低 6.36%、5.38%、9.32%, DMI 分别降低 4.75%、4.00%、9.93%, F/G 分别降低 25.70%、7.00% 和 40.63%, 且均差异极显著 ($P < 0.01$)。与对照组相比, 饲料中添加 8% 发酵饲料屠宰率显著增加 2.90% ($P < 0.05$)。FW、宰前活重和胴体重差异不显著 ($P > 0.05$)。饲料中添加 6% 发酵饲料的 ADG 最高, F/G 最低。

2.2 发酵饲料对育肥羊养分表观消化率的影响

从表 3 可知, 随着发酵饲料添加量的增加, DM、CP、EE、NDF、ADF 表观消化率呈线性和二次曲线变化 ($P < 0.05$)。与对照组相比, 饲料中添加 2%、4%、6% 发酵饲料湖羊 DM 分别增加 19.18%、8.16%、4.88%, CP 分别增加 36.94%、13.35%、8.00%, EE 分别增加 15.32%、6.92%、3.02%, NDF 分别增加 36.73%、24.62%、20.80%, ADF 分别增加 128.80%、64.55% 和 48.50%, 且差异均极显著 ($P < 0.01$)。

表 3 发酵饲料对育肥湖羊养分表观消化率的影响

项目 Items	发酵饲料添加量 Fermented feed supplemental level					标准误 SE	P 值 P-value		
	0%	2%	4%	6%	8%		T	L	Q
干物质 Dry matter	73.53 ^d	87.63 ^a	80.13 ^b	77.12 ^c	71.99 ^e	1.90	<0.01	<0.01	<0.01
粗蛋白 Crude protein	62.26 ^d	85.26 ^a	70.57 ^b	67.24 ^{bc}	63.95 ^{cd}	2.84	<0.01	<0.01	<0.01
粗脂肪 Ether extract	77.04 ^{cd}	88.84 ^a	82.37 ^b	79.37 ^{bc}	74.08 ^d	1.69	<0.01	<0.01	<0.01
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	53.17 ^c	77.61 ^a	66.26 ^b	64.23 ^b	50.93 ^c	2.69	<0.01	0.018	<0.01
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber	27.36 ^c	62.60 ^a	45.02 ^b	40.63 ^b	22.89 ^c	3.85	<0.01	0.001	<0.01

2.3 发酵饲料对育肥羊瘤胃发酵特性的影响

由表 4 可知, 随着发酵饲料添加量的增加瘤胃发酵特性均不呈线性和二次曲线变化 ($P > 0.05$)。与对照组相比, 添加 2%、6% 发酵饲料育肥湖羊丙酸含量显著增加 53.08%、17.38% ($P < 0.05$); 添加 2%、4%、6%、8% 发酵饲料育肥湖羊 pH 值显著降低 3.64%、0.94%、3.78%、1.89% ($P < 0.05$); 添加 2%、6% 发酵饲料总挥发性脂肪酸含量分别增加 22.13%、22.48%; 添加 2%、6% 发酵饲料乙酸含量分别增加 17.25%、22.69% ($P = 0.061$); 添加发酵饲料对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、BCP、丁酸含量和乙丙比无显著性影响 ($P > 0.05$)。

表 4 发酵饲料对育肥湖羊瘤胃发酵特性的影响

项目 Items	发酵饲料添加量 Fermented feed supplemental level					标准误 SE	P 值 P-value		
	0%	2%	4%	6%	8%		T	L	Q
pH 值 pH-value	7.41 ^a	7.14 ^b	7.34 ^{ab}	7.13 ^b	7.27 ^{ab}	0.04	0.048	0.240	0.155
氨态氮含量/($\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$) $\text{NH}_3\text{-N}$ content	7.37	8.61	8.22	9.15	9.20	0.41	0.613	0.157	0.759
菌体蛋白含量/($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) Bacterial protein content	1.02	1.08	1.17	1.14	1.28	0.51	0.583	0.124	0.937
乙酸含量/($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) Acetic acid content	34.55	40.51	31.65	42.39	35.15	1.36	0.061	0.729	0.520
丙酸含量/($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) Propionic acid content	6.33 ^b	9.69 ^a	5.76 ^b	7.43 ^{ab}	6.27 ^b	0.47	0.049	0.437	0.346
丁酸含量/($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) Butyric acid content	5.17	6.05	3.88	6.58	4.81	0.35	0.113	0.935	0.881
乙丙比 Acetic acid/propionic acid	5.62	5.01	5.55	5.81	5.61	0.18	0.721	0.556	0.731
总挥发性脂肪酸含量/($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) Total volatile fatty acids content	46.05	56.24	41.29	56.40	46.23	2.04	0.055	0.969	0.501

2.4 发酵饲料对育肥湖羊肉品质的影响

由表 5 可知, 随着发酵饲料添加量的增加各肉品质指标均无线性和二次曲线变化 ($P > 0.05$)。与对照组相比, 饲料中添加不同比例的发酵饲料对育肥湖羊肉品质无显著影响 ($P > 0.05$)。

表 5 发酵饲料对育肥湖羊背最长肌肌肉品质的影响

项目 Items	发酵饲料添加量 Fermented feed supplemental level					标准误 SE	P 值 P-value		
	0%	2%	4%	6%	8%		T	L	Q
pH _{45 min}	6.17	6.00	5.94	5.92	6.16	0.08	0.82	0.87	0.27
pH _{24 h}	5.64	5.58	5.69	5.80	5.73	0.05	0.71	0.29	0.97
L^*	40.75	39.77	41.40	39.03	39.07	0.61	0.73	0.40	0.73
a^*	19.85	21.16	21.57	21.58	21.57	0.55	0.87	0.39	0.57
b^*	7.95	8.78	9.18	6.92	7.76	0.45	0.58	0.94	0.87
失水率/% Dropping loss rate	30.32	19.37	21.22	20.48	17.50	2.17	0.80	0.458	0.570
熟肉率/% Cooked meat rate	48.39	52.44	51.24	48.97	47.97	0.73	0.23	0.384	0.076
剪切力/kg Shear force	5.02	6.47	6.71	5.57	5.05	0.32	0.29	0.708	0.049

3 讨论

3.1 发酵饲料对育肥湖羊生产性能与养分表观消化率的影响

研究表明,发酵饲料中添加的益生菌对于动物机体有积极作用,能够促进营养物质消化吸收,降低饲料原料资源浪费^[12-13]。肉牛饲料中添加发酵杂粕能够改善生产性能,发酵杂粕完全代替豆粕的试验组中ADG和F/G均有一定程度的改善^[14],肉羊饲喂微生物发酵秸秆的试验组平均日增重能够比对照组提高了31.98%,料重比方面显著降低了26.84%^[15]。本试验中,6%添加组育肥羊的ADG有显著性的提高,F/G极显著的降低,2%、4%添加组育肥羊CP、EE表观消化率分别提高了8.00%~36.94%和3.02%~15.32%,其主要是由于发酵饲料能增加瘤胃微生物多样化和酶活性,提高饲料的消化代谢,从而促进育肥羊生产性能^[16-18]。

3.2 发酵饲料对育肥湖羊瘤胃发酵特性的影响

pH值是反刍动物瘤胃内环境稳定的重要指标,一般瘤胃pH值范围为5.5~7.5^[19]。本试验中,对照组和添加发酵饲料组的瘤胃pH值为7.13~7.41,均为正常范围。瘤胃内NH₃-N含量在一定程度上反映瘤胃内微生物对含氮物质分解和利用的能力。研究表明,饲料中单独添加发酵饲料可以显著增加瘤胃内NH₃-N的含量^[20-21]。本试验中随着发酵饲料添加比例不断增加NH₃-N水平也随之升高,CP表观消化率较对照组均有增高。这可能是因为发酵饲料中的有益菌发挥作用而促使瘤胃底物供应链发生反应,促进瘤胃内微生物的生长繁殖,从而增加微生物对NH₃-N的利用,提高NH₃-N在瘤胃内的含量,促进了NH₃-N的吸收及瘤胃内BCP含量的提高^[18,21-22]。

饲料中的碳水化合物如纤维素和半纤维素在瘤胃中被酶水解,最终代谢为乙酸、丙酸、丁酸等挥发性脂肪酸,乙酸和丙酸代表瘤胃发酵模式和营养物质降解效率^[23]。本试验中,6%添加组乙酸、丙酸和丁酸较对照组有显著提高,同时2%、6%添加量组的TVFA含量较对照组有明显的提高,说明发酵饲料可以增加产VFA微生物(如瘤胃中的纤维素分解细菌)的数量或代谢能力,促使微生物发酵产生更多VFA,使发酵类型向丙酸型发酵转变,这有利于瘤胃对饲料的分解利用并为动物生产提供更多能量^[24-25]。

3.3 发酵饲料对育肥湖羊肉品质的影响

肉质性状主要是指pH、色泽、嫩度等一些在肉加工储藏中反应肉质量的指标。本试验中,选取的育肥羊背最长肌从pH、肉色、剪切力等方面评价了发酵饲料对育肥湖羊肉品质的影响,6%组肌肉pH值随着时间增加缓慢减少,而肉色较其他各组a*值高,L*、b*值低。背最长肌的失水率与熟肉率各组之间差异不显著,剪切力有明显降低的趋势,与王莉梅等^[26]的试验结果基本一致。

综上所述,发酵饲料促进育肥羊瘤胃内微生物菌群活性,提高含氮物质的表观消化率、育肥羊生产性能及羊肉品质。本试验发酵饲料以6%添加量比较适宜。

参考文献 References:

- [1] 武志敏,黄显晔,刘雪松,等. 发酵饲料的应用研究进展[J]. 现代畜牧兽医,2022(2):84-87.
Wu Z M, Huang X Y, Liu X S, et al. Research progress on application of fermented feed [J]. Modern Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2022(2):84-87 (in Chinese with English abstract).
- [2] 成思源,马涛,杨东,等. 甜菜糖蜜发酵饲料对肉羊生长、屠宰性能、肉品质以及表观消化率的作用[J]. 饲料工业,2022,43(19):7-13.
Cheng S Y, Ma T, Yang D, et al. Effect of beet molasses fermented feed on growth, slaughter performance, meat quality and apparent digestibility of mutton sheep [J]. Feed Industry, 2022, 43(19):7-13 (in Chinese with English abstract).
- [3] 卢宗梅. 复合菌种生物发酵饲料的研究与应用[D]. 北京:北京化工大学,2015.
Lu Z M. Research and application of multi-bacteria bio-fermentation [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2015 (in Chinese with English abstract).
- [4] 胡宇超,郭焘,杨毅,等. 复合营养素对育肥羊生长性能、消化率和血清指标的影响[J]. 中国畜牧兽医,2022,49(4):1343-1351.
Hu Y C, Guo T, Yang Y, et al. Effects of compound nutrients on growth performance, nutrient apparent digestibility and serum parameters of fattening sheep [J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2022, 49(4):1343-1351 (in Chinese with English abstract).
- [5] 张昕禹,徐超,郑喜群,等. 发酵玉米蛋白粉替代豆粕对绵羊体外瘤胃发酵参数的影响[J]. 中国畜牧杂志,2023,59(2):250-256.
Zhang X Y, Xu C, Zheng X Q, et al. Effect of fermented corn gluten meal instead of soybean meal on rumen fermentation parameters of sheep *in vitro* [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2023, 59(2):250-256 (in Chinese).
- [6] 吴小燕,郭春华,王之盛,等. 微生物发酵饲料对泌乳奶牛生产性能和饲料养分表观消化率的影响[J]. 动物营养学报,2014,26(8):2296-2302.
Wu X Y, Guo C H, Wang Z S, et al. Microbiology fermented feed: effects on performance and nutrient apparent digestibility of lactating dairy cows [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2014, 26(8):2296-2302 (in Chinese with English abstract).

- [7] 徐子萱,李冬芳,于春微,等. 微生物发酵饲料对奶牛瘤胃发酵功能及饲料营养物质体外消化率的影响[J]. 动物营养学报,2021,33(3):1513-1522.
Xu Z X, Li D F, Yu C W, et al. Effects of microbial fermented feed on rumen fermentation function of dairy cows and nutrient *in vitro* digestibilities of diets[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(3): 1513-1522 (in Chinese with English abstract).
- [8] 中华人民共和国农业部. 肉羊饲养标准:NY/T 816—2004[S]. 北京:中国农业出版社,2004.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Feeding standard of meat-producing sheep and goats:NY/T 816—2004[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2004 (in Chinese).
- [9] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 4版. 北京:中国农业大学出版社,2016.
Zhang L Y. Feed Analysis and Quality Test Technology[M]. 4th ed. Beijing: China Agricultural University Press, 2016 (in Chinese).
- [10] 张晨,李泽民,张洁,等. 聚酯网袋法测定饲料中粗纤维含量的研究[J]. 动物营养学报,2019,31(6):2875-2881.
Zhang C, Li Z M, Zhang J, et al. Determination of crude fiber content in feeds using polyester mesh bag method[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(6): 2875-2881 (in Chinese with English abstract).
- [11] 奥德,卢德勋,根登. 用4N盐酸不溶灰分法对放牧的乌珠穆沁羊采食量的测定[J]. 内蒙古畜牧科学,1997,18(S1):78-79,111.
Ao D, Lu D X, Gen D. Determination of feed intake of grazing Wuzhumuqin sheep by 4N hydrochloric acid insoluble ash method[J]. Inner Mongolian Journal of Animal Sciences and Production, 1997, 18(S1): 78-79, 111 (in Chinese).
- [12] 宁丽丽. 甘蔗糖蜜酵母发酵浓缩液对泌乳奶牛生产性能、血清生化指标及瘤胃发酵参数的影响[D]. 扬州:扬州大学,2021.
Ning L L. Effects of cane condensed molasses soluble from *Saccharomyces cerevisiae* on production performance, serum biochemical parameters and rumen fermentation parameters of lactating dairy cows[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2021 (in Chinese with English abstract).
- [13] Panahiha P, Mirzaei-Alamouti H, Kazemi-Bonchenari M, et al. Growth performance, nutrient digestibility, and ruminal fermentation of dairy calves fed starter diets with alfalfa hay versus corn silage as forage and soybean oil versus palm fatty acids as fat source[J]. Journal of Dairy Science, 2022, 105(12): 9597-9609.
- [14] 曾钰,刘垚,李友英,等. 发酵杂粕替代豆粕对肉牛生长性能、养分表观消化率及血清生化指标的影响[J]. 中国畜牧兽医,2022,49(2):559-568.
Zeng Y, Liu Y, Li Y Y, et al. Effects of fermented mixed meal replacing soybean meal in diets on growth performance, nutrient apparent digestibility and serum biochemical indices of beef cattle[J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2022, 49(2): 559-568 (in Chinese with English abstract).
- [15] 李林,赵宇,陈群,等. 秸秆生物发酵饲料对肉羊生产性能与血液生化指标的影响[J]. 东北农业科学,2017,42(6):41-44.
Li L, Zhao Y, Chen Q, et al. Studies of straw biological fermentation feed on growth performance and blood indexes of mutton sheep[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2017, 42(6): 41-44 (in Chinese with English abstract).
- [16] 周东年. 白酒糟酿酒酵母培养物瘤胃降解特性及其在奶牛上的饲用价值研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2018.
Zhou D N. Study on rumen degradability and feeding value of *Saccharomyces cerevisiae* culture using distiller's grains as substrate in dairy cows[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2018 (in Chinese with English abstract).
- [17] 张昊雪,胡凤明,朴泯宇,等. 枯草芽孢杆菌在反刍动物饲料中应用的研究进展[J]. 粮食与饲料工业,2021(1):44-49.
Zhang H X, Hu F M, Piao M Y, et al. Research progress on application of *Bacillus subtilis* in ruminant feed[J]. Cereal & Feed Industry, 2021(1): 44-49 (in Chinese with English abstract).
- [18] 丁耿芝. 酵母菌添加对饲喂不同精粗比饲料肉牛瘤胃发酵、养分降解和血浆代谢组的影响[D]. 北京:中国农业大学,2014.
Ding G Z. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation characteristics, nutrient degradation and plasma metabolomics of steers fed diets with different concentrate to forage ratios[D]. Beijing: China Agricultural University, 2014 (in Chinese with English abstract).
- [19] 顾小卫,赵国琦,金晓君,等. 中草药添加剂对奶牛干物质采食量及瘤胃内环境的影响[J]. 中国奶牛,2010(4):18-21.
Gu X W, Zhao G Q, Jin X J, et al. Effects of feeding herbal additives on dry matter intake and the ruminal environment in dairy cows[J]. China Dairy Cattle, 2010(4): 18-21 (in Chinese with English abstract).
- [20] D'Souza G M, Dias Batista L F, Norris A B, et al. Effect of live yeast supplementation on energy partitioning and ruminal fermentation characteristics of steers fed a grower-type diet in heat-stress conditions[J]. Journal of Animal Science, 2022, 100(11): skac320.
- [21] Abid K, Jabri J, Ammar H, et al. Effect of treating olive cake with fibrolytic enzymes on feed intake, digestibility and performance in growing lambs[J]. Animal Feed Science and Technology, 2020, 261: 114405.
- [22] Pinos-Rodríguez J M, Robinson P H, Ortega M E, et al. Performance and rumen fermentation of dairy calves supplemented with *Saccharomyces cerevisiae*1077 or *Saccharomyces boulardii*1079[J]. Animal Feed Science and Technology, 2008, 140(3/4): 223-232.
- [23] Shi M J, Ma Z X, Tian Y J, et al. Effects of corn straw treated with CaO on rumen degradation characteristics and fermentation parameters and their correlation with microbial diversity in rumen[J]. Animal Feed Science and Technology, 2022, 292: 115403.
- [24] 杨梓曼,聂春桃,尚相龙,等. 日粮中添加广藿香油对肉牛瘤胃体外发酵特性的影响[J]. 饲料工业,2022,43(15):50-54.
Yang Z M, Nie C T, Shang X L, et al. Effect of dietary supplementation of patchouli oil on rumen fermentation in beef cattle *in vitro*[J]. Feed Industry, 2022, 43(15): 50-54 (in Chinese with English abstract).
- [25] 徐晨晨,郭娉婷,刘策,等. 苜蓿皂苷和酵母培养物对肉羊体外瘤胃发酵特性和甲烷产量的影响[J]. 动物营养学报,2019,31(9):4226-4234.
Xu C C, Guo P T, Liu C, et al. Effects of alfalfa saponin and yeast cultures on rumen fermentation characteristics and methane production of mutton sheep *in vitro*[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(9): 4226-4234 (in Chinese with English abstract).
- [26] 王莉梅,薛树媛,田丰,等. 全混合发酵饲料对羊肉品质的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医,2015(13):38-42.
Wang L M, Xue S Y, Tian F, et al. Effect of the total-mixed fermented feed on the mutton quality[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2015(13): 38-42 (in Chinese with English abstract).