

# 荞麦秸秆饲粮中添加甘露寡糖对滩羊生长性能、 消化代谢、屠宰性能和肉品质的影响

李斐<sup>1</sup> 杨万宗<sup>1\*</sup> 田黛君<sup>2</sup> 桂瑞麒<sup>1</sup> 李庆敏<sup>1</sup> 周玉香<sup>1\*\*</sup>

(1.宁夏大学农学院,银川 750021;2.宁夏回族自治区畜牧工作站,银川 750004)

**摘要:** 本试验在荞麦秸秆饲粮中添加不同水平的甘露寡糖(MOS),研究MOS对滩羊生长性能、消化代谢、屠宰性能和肉品质的影响,为其在滩羊生产中的应用提供参考。选择出生日期相近、体重相近且健康的3月龄宁夏滩羊断奶后羯羊20只,随机分为4组,每组5只,独笼饲养。对照组饲喂不添加MOS的基础饲粮,试验I、II、III组分别在基础饲粮的基础上添加1.0%、2.0%、3.0%的MOS。基础饲粮精粗比为30:70,粗饲料由荞麦秸秆和玉米青贮以40:60的比例组成,其中荞麦秸秆经纤维素酶处理。预试期15d,正试期60d。结果显示:1)荞麦秸秆饲粮中添加不同水平的MOS对滩羊的干物质采食量、料重比、平均日增重均无显著影响( $P>0.05$ ),但试验组的平均日增重均高于对照组,以试验I组的平均日增重最高,料重比最低。2)荞麦秸秆饲粮中添加不同水平MOS对酸性洗涤纤维(ADF)的表观消化率无显著影响( $P>0.05$ ),各试验组干物质(DM)和中性洗涤纤维(NDF)的表观消化率显著高于对照组( $P<0.05$ )。3)进食氮、粪氮排出量、尿氮排出量、可消化氮、沉积氮、氮表观消化率各组间无显著差异( $P>0.05$ );与对照组相比,各试验组总排出氮和氮利用率极显著降低( $P<0.01$ ),氮的生物学价值显著提高( $P<0.05$ ),以试验I组的总排出氮最低,氮利用率、氮的生物学价值最高,分别为6.71g/d、55.43%、85.40%。4)试验I、II组的眼肌面积与对照组相比显著增加( $P<0.05$ );试验I组的骨肉比最小,但各组间差异均不显著( $P>0.05$ );试验II组羊肉剪切力、滴水损失、黄度和亮度值较对照组显著或极显著降低( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ ),且该组熟肉率最高,达60.28%。综上可知,在荞麦秸秆饲粮中添加适量MOS可以提高滩羊的DM和NDF表观消化率,并能增加氮沉积,减少氮排放,提高氮利用率,还可以降低羊肉的剪切力、滴水损失、黄度和亮度值。本试验条件下,滩羊荞麦秸秆饲粮中MOS的适宜添加量为1.0%~2.0%。

**关键词:** 荞麦秸秆;甘露寡糖;滩羊;生长性能;消化代谢;屠宰性能;肉品质

中图分类号:S816

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)04-2126-10

抗生素作为动物饲料添加剂使用已经有很多年了,其在动物疾病的防治和动物生产中发挥了重大作用,与此同时,抗生素的滥用给食品安全和环境造成了很大的隐患。随着抗生素在动物饲料中的全面禁用,寻找安全、高效、绿色的抗生素替代品迫在眉睫。甘露寡糖(mannan oligosaccha-

rides, MOS)是从酵母培养细胞中提取的一类新型抗原活性物质,具有绿色、安全、高效的性质,作为功能性寡糖的一种,其是最有希望的抗生素替代品之一。有研究表明,MOS能够改变肠道菌群的组成,促进有益菌落的定植,抑制有害菌落增殖,增强肠道机能,提高营养物质消化率,促进动物生

收稿日期:2020-09-25

基金项目:农业部公益性行业(农业)项目(201503134)

作者简介:李斐(1998—),男,宁夏固原人,硕士研究生,研究方向为反刍动物营养。E-mail: 1078978133@qq.com

\* 同等贡献作者

\*\* 通信作者:周玉香,教授,博士生导师,E-mail: zhyxzhww@163.com

长<sup>[1-2]</sup>。徐晓锋等<sup>[3]</sup>在中国荷斯坦奶牛饲料中添加 MOS, 发现其对提高瘤胃对纤维素的降解率有一定的作用, 还能够降低产酸菌属的丰度, 对稳定瘤胃 pH 具有积极的作用。熊阿玲等<sup>[4]</sup>发现, 在肉仔鸡饲料中添加适宜的 MOS 可提高肉仔鸡的生长性能, 并能提高其天然免疫防御功能。李玉欣等<sup>[5]</sup>在妊娠后期和哺乳期母猪饲料中添加毕赤酵母甘露寡糖 (*pichia guilliermondii* mannan oligosaccharide, PG-MOS), 发现其可提高仔猪的初生重, 并能缩短母猪的再次发情间隔。对于 MOS 的研究现在主要集中于单胃动物, 在反刍动物中以幼龄反刍动物和奶牛居多, 在滩羊方面的研究相对较少。本试验在本课题组成员王萌<sup>[6]</sup>和高昌鹏等<sup>[7]</sup>研究的基础上, 将经纤维素酶处理过的荞麦秸秆和玉米青贮按照 40:60 的比例组合作为粗饲料配制荞麦秸秆饲料, 并在该荞麦秸秆饲料中添加不同水平的 MOS 进行滩羊饲养试验, 评价 MOS 对滩羊消化代谢、屠宰性能和肉品质的影响, 并得出 MOS 的适宜添加量, 以期 MOS 在滩羊生产中的应用提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验时间与地点

本次试验的饲养和采样部分于 2019 年 6—9

月在暖泉羊场完成。实验室分析于 2019 年 10 月至 2020 年 1 月在宁夏大学农学院动物营养实验室完成。

### 1.2 试验设计及饲养管理

试验开始前对羊只圈舍进行清扫、消毒, 供试羊进行驱虫等常规防疫, 并进行布病筛查。选择出生日期相近、体重相近且健康的 3 月龄的滩羊断奶后羯羊 20 只, 随机分为 4 组, 分别为对照组及试验 I、II、III 组, 每组 5 只, 独笼饲养。对照组饲喂基础饲料, 试验组在基础饲料的基础上分别添加 1.0%、2.0%、3.0% 的 MOS (纯度 ≥ 95%)。MOS 随精料进行饲喂, 每天每只羊额外补充 4.5 g 过瘤胃蛋氨酸 (RPMet) 和 7.5 g 过瘤胃赖氨酸 (RPLys)。预试期 15 d, 正试期 60 d。每日早晚各饲喂 1 次, 精料在早晨粗饲料饲喂完 2 h 后饲喂, 自由饮水。每天早上收集剩料, 并记录剩料量。

### 1.3 饲料配制

#### 1.3.1 纤维素酶处理荞麦秸秆的制作

纤维素酶处理荞麦秸秆的制作方法: 在粉碎后的荞麦秸秆中按比例加入 0.1% 纤维素酶 (活性 ≥ 10 000 U/g)、1.0% 的麦麸和适量的水, 用秸秆裹包机进行裹包处理 30 d。荞麦秸秆处理前后营养成分含量如表 1 所示。

表 1 荞麦秸秆处理前后营养成分含量 (干物质基础)

Table 1 Nutrient contents of buckwheat straw before and after treatment (DM basis)

项目 Items	干物质 DM	粗蛋白质 CP	钙 Ca	磷 P	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	%
处理前 Before treatment	91.82	3.87	0.38	0.01	65.64	41.84	
处理后 After treatment	27.76	4.88	0.40	0.01	44.61	21.87	

#### 1.3.2 基础饲料组成

基础饲料精粗比设为 30:70, 粗饲料由上述纤维素酶处理荞麦秸秆和玉米青贮以 40:60 的比例组成。基础饲料参照《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2 004) 和羊场实际进行配制, 其组成及营养水平见表 2。

### 1.4 试验方法

每天准确记录羊只的剩料量, 计算干物质采食量。在试验中期进行为期 5 d 的消化代谢试验, 试验羊只在消化代谢笼中采用全收粪收尿法进行, 期间保持饲料不变, 自由饮水。在每个组中随

机选取 4 只试验羊, 置于消化代谢笼中, 独笼饲养, 在试验开始前羊只预饲 7 d, 使羊只适应新环境, 避免出现应激。预饲结束后进入消化代谢试验, 于第 2 天 07:00 收集前 1 天的粪尿, 共收集 5 次。

屠宰试验在饲养试验结束后进行, 从每组试验羊中随机选取 4 只羊进行屠宰, 宰前禁食 24 h、禁水 2 h。屠宰之前对待宰羊只称重并记录, 屠宰过程中测定试验羊的胴体重、净肉重、眼肌面积、GR 值等屠宰性能指标, 屠宰结束后测定羊肉 pH、肉色、蒸煮损失、剪切力、失水率等肉品质指标。

表2 基础饲料组成及营养水平(干物质基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
纤维素酶处理荞麦秸秆 Cellulase-treated buckwheat straw	28.00
玉米青贮 Corn silage	42.00
玉米 Corn	10.20
豆粕 Soybean meal	9.50
麸皮 Bran	4.00
胡麻饼 Flax cake	4.00
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	0.50
食盐 NaCl	0.80
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>	
代谢能 ME/(MJ/kg) <sup>2)</sup>	12.47
粗蛋白质 CP	14.08
钙 Ca	0.62
磷 P	0.29

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of the diet: VA 160 000 IU, VE 1 200 IU, VD<sub>3</sub> 100 000 IU, 烟酸 niacin 200 mg, 生物素 biotin 20 mg, Fe 600 mg, Cu 160 mg, Zn 900 mg, Mn 800 mg, Se 0.6 mg, I 16 mg。

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

### 1.5 样品采集

粪样的采集与制备:首先对总粪量进行称重并记录,然后取总量的10%,将粪球中的羊毛、饲料残渣等污染物检出,装进取样瓶中,并加入硫酸进行固氮,硫酸的量浸住粪球,用于粪氮含量的测定。另取总粪量的20%,检出羊毛等污染物,装入自封袋,用于常规营养成分含量的测定。将采集的粪样置于-20℃保存待测。试验结束后将样品置于(65±2)℃烘箱中烘24~48h,冷却后进行粉碎,过40目筛。硫酸固氮的粪样用同样的方法制备后测定粪氮含量。

尿样的采集与制备:每天准确收取全部尿量,测量总尿量的体积并记录,在混匀后取总尿量的1/20,装入试验用的取样瓶并标号,按每毫升10%~20%的量加入10%的硫酸进行固氮,用于尿氮的测定。

屠宰当天称取背最长肌、腰大肌、肩部肌肉、股二头肌,挑去肌肉表皮、筋膜及脂肪后,于

-20℃冷冻保存。

### 1.6 测定指标与测定方法

在正试期开始后,于早晨空腹称重,记录为初始体重,正试期结束后,于第2天早晨空腹称重,记录为终末体重。每天早上收集全部剩料并记录剩料量。生长性能指标计算公式如下:

$$\text{干物质采食量 (g/d)} = \text{总耗料量 (g)} \times$$

$$\text{饲料干物质含量 (\%)} / \text{试验天数 (d)};$$

$$\text{平均日增重 (g/d)} = [\text{终末体重 (g)} - \text{初始体重 (g)}] / \text{试验天数 (d)};$$

$$\text{料重比} = \text{干物质采食量 (g)} / \text{平均日增重 (g)}。$$

饲料及粪样的常规营养物质含量参照《饲料分析及饲料质量检测技术(第2版)》中的方法测定。氮(粗蛋白质)含量采用凯氏定氮法测定,干物质(DM)含量采用烘箱干燥法测定,中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)含量采用范氏洗涤纤维分析法测定,钙含量的测定采用高锰酸钾法,磷含量的测定采用分光光度计法。

干物质、NDF和ADF表观消化率按照下式计算:

$$\text{营养物质表观消化率 (\%)} = [(\text{食入营养物质质量} - \text{粪中营养物质质量}) / \text{食入营养物质质量}] \times 100。$$

氮代谢指标测定参照高昌鹏等<sup>[7]</sup>的方法进行测定,肉品质指标测定参照侯鹏霞<sup>[8]</sup>的方法进行测定,屠宰性能指标参照陈仁伟<sup>[9]</sup>的方法进行。

### 1.7 数据统计与分析

采用SAS 8.2对试验数据进行方差分析,LSD法对结果进行多重比较,结果用平均值±标准差表示,以P<0.05为差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 荞麦秸秆饲料中添加MOS对滩羊生长性能的影响

由表3可知,初始体重和终末体重各组间均无显著差异(P>0.05)。总增重、平均日增重各组之间也无显著差异(P>0.05),但是各试验组均高于对照组,其中以试验I组的总增重、平均日增重最高,分别为6.98kg、116.33g/d,比对照组均提高了22.03%;同时,试验I组的料重比最低,分别比对照组及试验II、III组降低了18.90%、19.41%、16.68%,但差异不显著(P>0.05)。

表 3 荞麦秸秆饲料中添加 MOS 对滩羊生长性能的影响

Table 3 Effects of buckwheat straw diet supplemented with MOS on growth performance of *Tan* sheep

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III	P 值 P-value
初始体重 Initial body weight/kg	30.52±1.32	30.18±0.48	30.72±0.94	30.57±1.10	0.856
终末体重 Final body weight/kg	36.24±2.15	37.16±2.02	36.75±1.58	36.68±1.66	0.893
总增重 Total gain/kg	5.72±1.98	6.98±1.84	6.03±1.17	6.11±1.30	0.645
平均日增重 ADG/(g/d)	95.33±33.01	116.33±30.63	100.50±19.50	101.83±21.66	0.647
干物质采食量 DMI/(kg/d)	0.98±0.02	0.94±0.06	0.96±0.04	0.96±0.03	0.564
料重比 F/G	9.42±1.97	7.64±1.26	9.48±1.38	9.17±1.65	0.352

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ ), 不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ), 不同大写字母表示差异极显著 ( $P<0.01$ )。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ( $P>0.05$ ), while with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ), and with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P<0.01$ ). The same as below.

## 2.2 荞麦秸秆饲料中添加 MOS 对滩羊营养物质表观消化率的影响

由表 4 可知, 各试验组滩羊的 DM、NDF 表观消化率均显著高于对照组 ( $P<0.05$ ), 各试验组之

间无显著差异 ( $P>0.05$ ), 其中试验 I 组的 DM、NDF 表观消化率分别比对照组提高了 8.02%、18.19%。滩羊的 ADF 表观消化率各组间均无显著差异 ( $P>0.05$ )。

表 4 荞麦秸秆饲料中添加 MOS 对滩羊营养物质表观消化率的影响

Table 4 Effects of buckwheat straw diet supplemented with MOS on nutrient apparent digestibility of *Tan* sheep %

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III	P 值 P-value
干物质 DM	55.89±1.32 <sup>b</sup>	60.37±1.58 <sup>a</sup>	57.61±1.44 <sup>a</sup>	59.48±2.18 <sup>a</sup>	0.044
中性洗涤纤维 NDF	50.19±4.24 <sup>b</sup>	59.32±1.78 <sup>a</sup>	58.74±4.20 <sup>a</sup>	60.83±0.04 <sup>a</sup>	0.012
酸性洗涤纤维 ADF	40.33±7.07	38.37±4.33	39.49±0.87	40.55±6.81	0.957

## 2.3 荞麦秸秆饲料中添加 MOS 对滩羊氮代谢的影响

由表 5 可知, 各组间的进食氮、粪氮排出量、尿氮排出量、可消化氮、沉积氮、氮表观消化率均无显著差异 ( $P>0.05$ )。粪氮排出量以对照组最高, 试验 I 组最低, 且各试验组均低于或者等于对照组, 同时对对照组尿氮排出量均高于试验组。4 组的沉积氮在 7.54%~8.50%, 且各试验组均高于对照组。试验 I 组的氮表观消化率最高, 且试验组之间随着 MOS 添加量的增加呈降低趋势。与对照组相比, 试验 I、II 组的总排出氮极显著降低 ( $P<0.01$ ), 且试验 I 组总排出氮在 4 组试验羊中最低。各试验组氮利用率显著或极显著高于对照组 ( $P<0.05$  或  $P<0.01$ ), 且试验组之间随着 MOS 的添加量的增加呈降低趋势, 以试验组 I 最高, 为

55.43%, 比对照组提高了 15.67%。氮的生物学价值各试验组均显著高于对照组 ( $P<0.05$ )。

## 2.4 荞麦秸秆饲料添加 MOS 对滩羊屠宰性能和肉品质的影响

由表 6 可知, 在荞麦秸秆饲料中添加不同比例的 MOS 对滩羊宰前活重、胴体重、净肉重、骨重、胴体脂肪重、尾部脂肪重、屠宰率均无显著影响 ( $P>0.05$ )。试验 I、II 组的眼肌面积与对照组和试验 III 组相比显著增加 ( $P<0.05$ )。以对照组的 GR 值最高, 但对照组与各试验组的差异均不显著 ( $P>0.05$ )。骨肉比各组间差异不显著 ( $P>0.05$ ), 以试验 I 组最低, 为 0.36。胴体净肉率各组间差异不显著 ( $P>0.05$ ), 但以试验 I 组最高 (49.03%), 分别比对照组及试验 II、III 组高出 4.01%、5.17%、9.05%。

表 5 荞麦秸秆饲料中添加 MOS 对滩羊氮代谢的影响

Table 5 Effects of buckwheat straw diet supplemented with MOS on nitrogen metabolism of *Tan* sheep

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III	P 值 P-value
进食氮 N intake/(g/d)	15.73±0.32	15.06±0.94	15.44±0.58	15.46±0.46	0.529
粪氮排出量 Fecal N output/(g/d)	5.98±0.76	5.27±0.35	5.46±0.34	5.98±0.55	0.187
尿氮排出量 Urine N output/(g/d)	2.20±0.77	1.43±0.28	1.47±0.43	1.52±0.13	0.113
可消化氮 Digestible N/(g/d)	9.74±1.02	9.79±0.83	9.97±0.77	9.48±0.37	0.842
总排出氮 Total N output/(g/d)	8.19±0.05 <sup>Aa</sup>	6.71±0.31 <sup>Bc</sup>	6.94±0.37 <sup>Bbc</sup>	7.50±0.64 <sup>ABb</sup>	0.001
沉积氮 N deposition/(g/d)	7.54±0.31	8.35±0.66	8.50±0.50	7.96±0.45	0.070
氮表观消化率 Apparent digestibility of N/%	61.89±5.47	64.94±2.35	64.54±3.05	61.33±2.85	0.421
氮利用率 Utilization rate of N/%	47.92±1.04 <sup>Bc</sup>	55.43±1.09 <sup>Aa</sup>	55.06±2.08 <sup>Aa</sup>	51.52±3.32 <sup>ABb</sup>	0.001
氮的生物学价值 Biological value of N/%	77.83±6.15 <sup>b</sup>	85.40±2.21 <sup>a</sup>	85.39±3.62 <sup>a</sup>	83.95±1.74 <sup>a</sup>	0.048

表 6 荞麦秸秆饲料中添加 MOS 对滩羊屠宰性能的影响

Table 6 Effects of buckwheat straw diet supplemented with MOS on slaughter performance of *Tan* sheep

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III	P 值 P-value
宰前活重 Living weight before slaughter/kg	34.99±1.02	35.26±1.14	34.59±1.69	35.43±1.20	0.808
胴体重 Carcass weight/kg	17.87±0.50	18.21±0.85	17.59±1.32	18.30±1.10	0.739
净肉重 Net meat weight/kg	8.43±0.51	8.92±0.28	8.18±0.51	8.23±1.19	0.472
骨重 Bone weight/kg	3.00±0.25	2.89±0.26	2.77±0.24	2.64±0.23	0.242
胴体脂肪重 Carcass fat weight/kg	3.44±0.58	3.51±0.63	3.58±0.84	3.70±1.03	0.969
尾部脂肪重 Tail fat weight/kg	0.87±1.13	0.86±0.07	0.89±0.21	0.95±0.20	0.874
GR 值 GR value/cm	1.53±0.48	1.26±0.18	1.34±0.31	1.38±0.52	0.815
眼肌面积 Eye muscle area/cm <sup>2</sup>	19.53±1.41 <sup>b</sup>	23.31±2.08 <sup>a</sup>	22.48±0.73 <sup>a</sup>	19.36±1.31 <sup>b</sup>	0.014
屠宰率 Slaughter rate/%	51.08±1.08	51.63±1.36	50.81±1.63	51.64±2.62	0.883
骨肉比 Bone to meat ratio	0.36±0.05	0.32±0.02	0.34±0.02	0.32±0.03	0.384
胴体净肉率 Carcass meat percentage/%	47.14±1.77	49.03±2.41	46.62±3.21	44.96±5.65	0.479

由表 7 知,对照组羊肉的剪切力最高,随着 MOS 添加量的提高,羊肉的剪切力随之降低,试验 II、III 组羊肉的剪切力极显著低于对照组 ( $P < 0.01$ ),显著低于试验 I 组 ( $P < 0.05$ )。羊肉的熟肉率各组间差异均不显著 ( $P > 0.05$ ),但各试验组均高于对照组。试验 I、II、III 组羊肉的大理石花纹评分均优于对照组,但各组间均无显著差异 ( $P > 0.05$ )。饲料中添加不同水平 MOS 对羊肉的失水率、 $\text{pH}_{45 \text{ min}}$  无显著影响 ( $P > 0.05$ )。试验 I、II、III

组羊肉的滴水损失较对照组分别降低了 20.00%、34.55%、20.00%,试验 II 组与对照组的差异达到显著水平 ( $P < 0.05$ )。饲料中添加不同水平 MOS 对肉色中的红度 ( $a^*$ ) 值无显著影响 ( $P > 0.05$ ),但对黄度 ( $b^*$ ) 和亮度 ( $L^*$ ) 值产生了极显著影响 ( $P < 0.01$ )。对照组的  $b^*$  值极显著高于试验 II、III 组 ( $P < 0.01$ ),显著高于试验 I 组 ( $P < 0.05$ );同时,对照组的  $L^*$  值也极显著高于试验 II、III 组 ( $P < 0.01$ )。

表 7 荞麦秸秆饲料中添加 MOS 对滩羊肉品质的影响

Table 7 Effects of buckwheat straw diet supplemented with MOS on meat quality of *Tan* sheep

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III	P 值 P-value	
剪切力 Shear force/N	51.07±0.71 <sup>Aa</sup>	48.14±0.18 <sup>ABa</sup>	41.24±7.24 <sup>Bcb</sup>	38.09±4.07 <sup>Cb</sup>	0.003	
熟肉率 Cooked meat rate/%	57.19±1.51	59.04±2.41	60.28±1.53	59.68±2.68	0.236	
大理石花纹评分 Marbling score	2.75±0.50	3.50±0.58	3.50±0.58	3.50±0.58	0.201	
失水率 Water loss rate/%	43.75±4.35	40.75±3.50	43.13±4.84	42.50±3.00	0.742	
滴水损失 Drip loss/%	1.65±0.17 <sup>a</sup>	1.32±0.05 <sup>ab</sup>	1.08±0.23 <sup>b</sup>	1.32±0.34 <sup>ab</sup>	0.024	
肉色 Meat color	红度 a*	17.10±0.49	17.43±1.62	17.32±0.87	17.09±1.40	0.968
	黄度 b*	6.58±0.87 <sup>Aa</sup>	5.35±0.26 <sup>ABb</sup>	5.18±0.70 <sup>Bb</sup>	4.87±0.34 <sup>Bb</sup>	0.008
	亮度 L*	39.28±1.25 <sup>Aa</sup>	37.49±1.97 <sup>ABab</sup>	35.65±1.29 <sup>Bb</sup>	35.45±1.53 <sup>Bb</sup>	0.004
pH <sub>45 min</sub>	肩 Shoulder	6.36±0.40	6.07±0.33	6.07±0.37	6.21±0.06	0.561
	股 Thigh	6.05±0.16	6.21±0.38	6.34±0.21	6.24±0.17	0.459
	背 Back	6.05±0.28	6.05±0.20	6.16±0.31	6.18±0.26	0.834

### 3 讨 论

#### 3.1 荞麦秸秆饲料中添加 MOS 对滩羊生长性能的影响

平均日增重和料重比都是评价动物生产水平的重要因素。有研究发现,肉仔鸡饲料中添加酵母多糖(yeast polysaccharide, YPS)提高了肉仔鸡的平均日增重,降低了料重比<sup>[10]</sup>。邵亚群等<sup>[11]</sup>在犊牛精料补充料中添加适量酵母细胞壁,发现可提高犊牛的平均日增重,并降低料重比,这与本试验结果相同。在本试验中,各试验组的平均日增重均高于对照组,出现这样的结果可能是因为 MOS 进入动物肠道后,会被肠道微生物分解为短链脂肪酸,使肠道的 pH 降低,酸性条件和短链脂肪酸的同时作用,使肠道上皮细胞增殖,提高了肠道的吸收功能,从而促进动物生长<sup>[12]</sup>。

#### 3.2 荞麦秸秆饲料中添加 MOS 对滩羊营养物质表观消化率的影响

饲料中营养物质的表观消化率是评定饲料营养价值高低的重要指标<sup>[13]</sup>。饲料中的纤维可在反刍动物瘤胃微生物的作用下发酵产生挥发性脂肪酸,是反刍动物的主要能量来源,并且纤维还可以增加饱腹感、改善胴体品质、增加肠胃蠕动,而 NDF、ADF 的表观消化率直接影响动物对纤维的利用率。邵亚群等<sup>[11]</sup>通过在犊牛饲料中添加 MOS 发现, MOS 可降低犊牛腹泻,提高营养物质表观消化率。本试验中,荞麦秸秆饲料中添加不同水平的 MOS 均能显著提高 NDF、DM 的表观消

化率,与郑琛<sup>[14]</sup>的结论类似,这可能是因为, MOS 可以促进双歧杆菌的定植,与有害菌如肠杆菌、拟杆菌的外源凝集素结合,使其不能在肠道寄存,促进有害菌的排出,继而促进肠道发育,改善肠道结构,增强肠道机能,提高肠道对营养物质的利用效率<sup>[1-2]</sup>。吴峰洋等<sup>[15]</sup>在獭兔上的研究发现魔芋甘露寡糖(konjac mannose oligosaccharide, KON-MOS)对生长獭兔 ADF 的表观消化率无显著影响,本试验中荞麦秸秆饲料中添加不同水平的 MOS 对 ADF 的表观消化率也没有产生显著影响,并且试验 I、II 组 ADF 的表观消化率低于对照组,出现这样的情况可能是因为,瘤胃是纤维类营养物质最主要的消化部位,添加 MOS 可以提高食糜通过瘤胃的速度,从而降低了纤维类物质的消化率,但是未被瘤胃降解的 MOS 随着吸水而膨胀的纤维类食糜到达后消化道,运行速度减慢,再加上 MOS 可以促进肠道有益菌的定植,在肠道后部分,大部分纤维类营养物质可以被吸收,试验 I、II 组 MOS 的添加量相对较少,可能促进了食糜通过瘤胃的速度,但是未被降解的部分又很少,导致在肠道的吸收率也不高,所以总体结果偏低。

#### 3.3 荞麦秸秆饲料中添加 MOS 对滩羊氮代谢的影响

饲料蛋白质水平要适宜,过高易造成氮污染,增加养殖成本,过低会导致蛋白质摄入量不足,影响动物正常的生长发育。在生产实践中,需要合理满足动物蛋白质、氨基酸需要,缓解蛋白质饲料短期,降低氮污染<sup>[16]</sup>。郑琛<sup>[14]</sup>研究发现添加

MOS,可提高羊只的沉积氮。本试验中通过荞麦秸秆饲料添加 MOS,氮的利用率在 47.92%~55.43%之间,处于较高的水平。在 MOS 添加量为 1.0%时,氮表观消化率最高,氮利用率也最高,总排出氮和粪氮排出量最低,说明 MOS 添加量为 1.0%时滩羊能够更好地利用氮,减少氮排出,降低氮损失。

### 3.4 荞麦秸秆饲料中添加 MOS 对滩羊屠宰性能和肉品质的影响

家畜的屠宰性能能够反映其经济价值的高低,其中胴体重、屠宰率、胴体净肉率以及眼肌面积是反映家畜产肉能力的指标,与养殖户的经济效益息息相关。本试验结果显示,在饲料中添加 MOS 能提高滩羊的眼肌面积,与对照组和试验 III 组相比,试验 I、II 组眼肌面积显著升高,这与宋晓春<sup>[17]</sup>研究结果一致。在饲料中添加 MOS 对滩羊的宰前活重、胴体重、净肉重、骨重、脂肪重、GR 值和屠宰率均无显著影响,与对照组相比,试验 I 组滩羊的净肉重升高,骨重降低,骨肉比、胴体净肉率在 4 组中分别达到最低、最高,说明 MOS 添加量为 1.0%时屠宰性能最佳。羊肉的嫩度严重影响肉的口感和食用价值,是最受消费者关注的问题。嫩度能反映出肉中肌原纤维、结缔组织、脂肪的组成以及肉的含水量,一般来说,肉质越嫩,其结缔组织含量越低<sup>[18]</sup>。本试验中,各试验组羊肉的剪切力均低于对照组。与对照组相比,添加 MOS 后羊肉的熟肉率均有提高,添加 2.0% MOS 时熟肉率最高(60.28%),表明滩羊饲料中添加 MOS 对羊肉的熟肉率有一定的改善作用。滴水损失也是反映肉品质的重要指标之一,滴水损失越少则肉的保水性越好<sup>[19]</sup>。熟肉率、系水力和滴水损失这 3 项指标共同体现出肉品的多汁性,能直接影响肉的食用品质。Cheng 等<sup>[20]</sup>研究表明,在肉鸡饲料中添加 MOS 能显著减少宰后 48 h 内的滴水损失,进而改善肉品质。本试验结果显示,饲料中添加 MOS 对羊肉的失水率的影响不显著,而与对照组相比,MOS 的添加能降低羊肉的滴水损失,其中试验 II 组显著低于对照组,这与上述研究结果一致,说明添加 2.0%的 MOS 能降低滩羊羊肉的滴水损失,提高羊肉的保水性和多汁性,能改善滩羊的肉品质。

肌肉的 pH 是评价肉品质的一个重要指标,pH 的高低对肉的系水力、肉色、熟肉率和贮藏期等均

有影响。本试验结果表明,饲料中添加不同水平 MOS 对羊肉 pH<sub>45 min</sub> 无显著影响,其保持在正常范围,这与吴峰洋等<sup>[15]</sup>、宋涛<sup>[21]</sup>的试验结果一致。肉色是影响肉品外观和经济价值的重要指标,良好的色泽往往能激发消费者的购买欲。一般认为,肉色中 a\* 值越高,b\*、L\* 值越低,则肉品质越好<sup>[22]</sup>。陈倩妮<sup>[23]</sup>试验表明,与对照组相比,添加低聚木糖能显著提高肉仔鸡的肉色。本试验中,饲料中添加不同水平 MOS 对滩羊肉色中 a\* 值的影响不显著,对 b\*、L\* 值产生了极显著影响,对照组的 b\*、L\* 值极显著高于试验 II、III 组,说明添加 MOS 能改善羊肉色泽,提高滩羊的肉品质。

## 4 结论

① 荞麦秸秆饲料中添加适量 MOS 可以提高滩羊的 DM 和 NDF 表观消化率,并能增加氮沉积,减少氮排放,提高氮利用率。

② 荞麦秸秆饲料中添加 1.0%、2.0%的 MOS 可以显著提高滩羊眼肌面积,添加 2.0%的 MOS 还可以降低羊肉的剪切力、滴水损失,改善羊肉色泽。

③ 本试验条件下,滩羊荞麦秸秆饲料中 MOS 的适宜添加量为 1.0%~2.0%。

## 参考文献:

- [1] IANNACCONE F, BOVERA F. Mannan oligosaccharides in rabbit nutrition: a review [J]. *Journal of Nutritional Ecology and Food Research*, 2013, 1(1): 2-11.
- [2] DIMITROGLOU A, MERRIFIELD D L, MOATE R, et al. Dietary mannan oligosaccharide supplementation modulates intestinal microbial ecology and improves gut morphology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) [J]. *Journal of Animal Science*, 2009, 87(10): 3226-3234.
- [3] 徐晓锋, 郭婷婷, 郭成, 等. 甘露寡糖对高精料诱导的低乳脂奶牛瘤胃细菌菌群调控的研究 [J]. *动物营养学报*, 2019, 31(11): 5245-5255.  
XU X F, GUO T T, GUO C, et al. Regulation of mannan oligosaccharides on rumen bacterial flora induced by high concentrate in low milk fat dairy cows [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(11): 5245-5255. (in Chinese)
- [4] 熊阿玲, 包龙飞, 许兰娇, 等. 饲料中添加甘露寡糖对肉仔鸡生长性能及组织天然免疫相关基因表达

- 的影响[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(9): 80-87.
- XIONG A L, BAO L F, XU L J, et al. Effects of dietary supplementation of mannan-oligosaccharides on growth performance and innate immunity-associated gene expressions in tissues of broiler chickens [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(9): 80-87. (in Chinese)
- [ 5 ] 李玉欣, 王海彦, 韩博. 毕赤酵母甘露寡糖对母猪及仔猪生产及免疫性能的影响[J]. 饲料博览, 2018(10): 1-3, 9.
- LI Y X, WANG H Y, HAN B. Effects of *Pichia guilliermondii* mannan oligosaccharide on growth performance and immune function in pigs [J]. Feed Review, 2018(10): 1-3, 9. (in Chinese)
- [ 6 ] 王萌. 秸秆日粮添加过瘤胃蛋氨酸对滩羊生产性能的影响[D]. 硕士学位论文. 银川: 宁夏大学, 2017.
- WANG M. The effect of the straw diet added rumen protected methionine on the performance of *Tan* sheep [D] Master's Thesis. Yinchuan: Ningxia University, 2017. (in Chinese)
- [ 7 ] 高昌鹏, 周玉香, 杨万宗, 等. 荞麦秸秆饲料中添加过瘤胃赖氨酸和蛋氨酸对滩羊生长性能和消化代谢的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(1): 310-320.
- GAO C P, ZHOU Y X, YANG W Z, et al. Effects of buckwheat straw diet supplemented with rumen protected lysine and methionine on growth performance and digestion and metabolism of *Tan* sheep [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(1): 310-320. (in Chinese)
- [ 8 ] 侯鹏霞. 滩羊羔羊早期补饲以及不同体重阶段羊肉品质的研究[D]. 硕士学位论文. 银川: 宁夏大学, 2014.
- HOU P X. Studies on the early supplement of lamp and mutton quality of different stages of weight in *Tan* sheep [D] Master's Thesis. Yinchuan: Ningxia University, 2014. (in Chinese)
- [ 9 ] 陈仁伟. 沙葱黄酮对肉羊生产性能及其肉品质的影响[D]. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2016.
- CHEN R W. Effects of flavonoids from *Allium mongolicum* regel on production performance and meat quality in meat sheep [D] Master's Thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2016. (in Chinese)
- [ 10 ] 王辉田, 孙超, 陈思, 等. 酵母细胞壁多糖对肉仔鸡生长性能及免疫力的影响[J]. 中国饲料, 2013(13): 11-14.
- WANG H T, SUN C, CHEN S, et al. Effects of yeast polysaccharide on growth performance and immune indices of broilers [J]. China Feed, 2013(13): 11-14. (in Chinese)
- [ 11 ] 邵亚群, 王之盛, 王鸿泽, 等. 酵母细胞壁对犊牛生长性能、营养物质表观消化率和血清免疫指标的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(1): 378-387.
- SHAO Y Q, WANG Z S, WANG H Z, et al. Effects of yeast cell wall on growth performance, nutrient apparent digestibility and serum immune indices of calves [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(1): 378-387. (in Chinese)
- [ 12 ] 范程瑞, 黎佳颖, 王雨雨, 等. 寡糖及其在动物营养中的研究进展[J]. 饲料工业, 2016, 37(18): 27-31.
- FAN C R, LI J Y, WANG Y Y, et al. Oligosaccharides and their research progress in animal nutrition [J]. Feed Industry, 2016, 37(18): 27-31. (in Chinese)
- [ 13 ] 张忠远, 徐宝成. 饲料中营养物质表观消化率的计算公式[J]. 饲料博览, 2004(4): 48.
- ZHANG Z Y, XU B C. Computational formula of nutrient apparent digestibility in feed [J]. Feed Review, 2004(4): 48. (in Chinese)
- [ 14 ] 郑琛. 外源添加甘露寡糖对绵羊养分消化代谢、瘤胃发酵、消化道食糜流量及免疫的影响[D]. 博士学位论文. 兰州: 甘肃农业大学, 2012.
- ZHEN C. Effects of adding mannanoligosaccharides on digestibility and metabolism of nutrients, ruminal parameters, digesta passage and immune of sheep [D]. Ph.D. Thesis. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2012. (in Chinese)
- [ 15 ] 吴峰洋, 崔嘉, 夏雪如, 等. 魔芋甘露寡糖对生长獭兔营养物质利用率、免疫器官指数及血清指标的影响研究[J]. 饲料工业, 2018, 39(22): 8-13.
- WU F Y, CUI J, XIA X R, et al. Effects of konjac mannan oligosaccharide on nutrient digestibility, immune organ index and serum indices of growing rex rabbits [J]. Feed Industry, 2018, 39(22): 8-13. (in Chinese)
- [ 16 ] 乔岩瑞. 养殖业氮污染分析和营养学调控(续)[J]. 饲料研究, 2006(11): 18-20.
- QIAO Y R. Nitrogen pollution analysis of breeding industry and its nutrition regulation (continuation) [J]. Feed Research, 2006(11): 18-20. (in Chinese)
- [ 17 ] 宋晓春. 低聚木糖在仔猪和生长育肥猪生产中应用的研究[D]. 硕士学位论文. 南京: 南京农业大学, 2006.
- SONG C X. Effects of xylo-oligosaccharides on performance of piglets and growing-finishing pigs [D].

- Master's Thesis. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- [18] 钱文熙. 滩羊肉品质研究[D]. 硕士学位论文. 银川: 宁夏大学, 2005.
- QIAN W X. Meat quality studies with *Tan*-sheep[D]. Master's Thesis. Yinchuan: Ningxia University, 2005. (in Chinese)
- [19] 莎丽娜. 自然放牧苏尼特羊肉品质特性的研究[D]. 博士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
- SHA L N. The study on meat characteristic of natural grazing Sunit sheep[D]. Ph. D. Thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2009. (in Chinese)
- [20] CHENG Y F, DU M F, XU Q, et al. Dietary mannan oligosaccharide improves growth performance, muscle oxidative status, and meat quality in broilers under cyclic heat stress[J]. *Journal of Thermal Biology*, 2018, 75: 106-111.
- [21] 宋涛. 日粮中不同水平壳寡糖对北京鸭生长性能、脂肪沉积以及肉品质的影响[D]. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- SONG T. The effects of chitosan oligosaccharide of different levels on growth performance, lipid storage and meat quality of Peking ducks[D]. Master's Thesis. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005. (in Chinese)
- [22] 陈旭东, 唐茂妍, 计成. 肉鸡肌肉品质的研究现状与趋势[J]. *中国家禽*, 2008, 30(1): 2-6.
- CHEN X D, TANG M Y, JI C. Research status and future prospects in the chicken meat quality[J]. *China Feed*, 2008, 30(1): 2-6. (in Chinese)
- [23] 陈倩妮. 低聚木糖对肉仔鸡生产性能、肉品质及肠道微生物的影响[D]. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2009.
- CHEN Q N. Effects of xylooligosaccharides on growth performance, meat quality and intestinal bacteria in broilers[D]. Master's Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009. (in Chinese)

## Effects of Buckwheat Straw Diet Supplemented with Mannan Oligosaccharides on Growth Performance, Digestion and Metabolism, Slaughter Performance and Meat Quality of *Tan* Sheep

LI Fei<sup>1</sup> YANG Wanzong<sup>1\*</sup> TIAN Daijun<sup>2</sup> GUI Ruiqi<sup>1</sup> LI Qingmin<sup>1</sup> ZHOU Yuxiang<sup>1\*\*</sup>  
 (1. Agricultural College of Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Ningxia Animal Husbandry Workstation, Yinchuan 750004, China)

**Abstract:** By adding different levels of mannan oligosaccharides (MOS) into buckwheat straw diet, the effects of MOS on growth performance, digestion and metabolism, slaughter performance and meat quality of *Tan* sheep were studied in this experiment, and theoretical reference was provided for its application in *Tan* sheep production. Twenty healthy and three months old *Ningxia Tan* sheep with the similar date of birth and body weight were divided into 4 groups with 5 sheep per group, only alone the cage. Sheep in control group were fed a basal diet, while those in trial groups I, II and III were fed diets supplemented with 1.0%, 2.0% and 3.0% MOS based on the basal diet, respectively. The forage-to-concentrate ratio of the basal diet was 30:70, and the forage consisted of cellulase-treated buckwheat straw and alfalfa in a ratio of 40:60. The pre-feeding period was 15 days, and the trial period was 60 days. The results showed as follows: 1) buckwheat straw diet supplemented with different levels of mannan oligosaccharides had no significant effects on dry matter intake, feed/gain and average daily gain of *Tan* sheep ( $P > 0.05$ ), but the average daily gain of the trial groups was higher than that of the control group, and the highest average daily gain and the lowest feed/gain

\* Contributed equally

\*\* Corresponding author, professor, E-mail: zhyxzhww@163.com

were found in trial group I. 2) Buckwheat straw diet supplemented with different levels of mannan oligosaccharides had no significant effect on the apparent digestibility of acid detergent fiber (ADF) of *Tan* sheep ( $P > 0.05$ ), but the apparent digestibility of dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) in the trial groups was significantly higher than that in the control group ( $P < 0.05$ ). 3) There were no significant differences in the nitrogen intake, fecal nitrogen output, urine nitrogen output, digestible nitrogen, nitrogen deposition and nitrogen apparent digestibility among groups ( $P > 0.05$ ). Compared with the control group, the total nitrogen output and nitrogen utilization rate of the trial groups were significantly reduced ( $P < 0.01$ ), and the biological value of nitrogen was significantly improved ( $P < 0.05$ ). The total nitrogen output was the lowest, and the nitrogen utilization rate and the biological value of nitrogen were the highest in the trial group I, and the values of them were 6.71 g/d, 55.43% and 85.40%, respectively. 4) The eye muscle area of trial groups I and II was significantly improved ( $P < 0.05$ ). The bone to meat ratio was the lowest in the trial group I, but the difference was not significant among groups ( $P > 0.05$ ). The shear force, drip loss, yellowness and brightness values of the trial group II were significantly lower than those of the control group ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ), and the cooked meat rate of the trial group II was the highest, which up to 60.28%. In summary, buckwheat straw diet supplemented with appropriate amount of MOS can increase the apparent digestibility of DM and NDF, increase the nitrogen deposition, reduce the nitrogen emission, increase the nitrogen utilization, and can decrease the shear force, drip loss, yellowness and brightness values of mutton of *Tan* sheep. The optimum addition amount of MOS in buckwheat straw diet of *Tan* sheep under the experimental conditions is 1.0% to 2.0%. [ *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(4):2126-2135 ]

**Key words:** buckwheat straw; manna oligosaccharides; *Tan* sheep; growth performance; digestion and metabolism; slaughter performance; meat quality