

油莎豆粕和中药复合发酵物对小尾寒羊生长性能、养分消化率、抗氧化、免疫功能和精液质量的影响

刘雪松^{1,2}, 张艳^{1,2}, 孟维珊^{1,2}, 王爽^{1,2}, 薛沾枚^{1,2}, 陈曦^{1,2},
杨旭东^{1,2}, 海龙¹, 陈国旺¹, 南景东¹, 张建胜¹, 钟鹏^{1*}

(1. 黑龙江省农业科学院畜牧兽医分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161005; 2. 黑龙江省兽药重点实验室, 黑龙江 齐齐哈尔 161005)

摘要: 试验旨在研究饲料中添加油莎豆粕和中药复合发酵物、油莎豆粕和发酵油莎豆粕对小尾寒羊生长性能、养分表观消化率、血清抗氧化和免疫性能、精液质量等指标的影响。将72只日龄相近, 体重相近的健康公羊随机分成4组, 分别为3个试验组和1个对照组, 对照组饲喂基础饲料, 试验组分别在基础饲料中添加1%油莎豆粕和中药复合发酵物(1% FCEMH)、3%油莎豆粕(3% CEM)和3%发酵油莎豆粕(3% FCEM), 每组3个重复, 每个重复6只羊, 试验期为70 d, 其中预试验期5 d, 正式试验期65 d。结果表明, 试验组羊末重显著高于对照组($P<0.05$), 1% FCEMH组平均日增重显著提高, 料重比显著降低($P<0.05$); 1% FCEMH组干物质、粗蛋白、中性洗涤纤维消化率显著提高($P<0.05$); 1% FCEMH组羊血清IgM含量显著提高($P<0.05$), 血清中丙二醛数量呈下降趋势; 1% FCEMH组具有提高羊精液量、精子顶体完整率和精浆中睾酮含量, 降低精子畸形率的趋势。在羊饲料中添加油莎豆粕和中药复合发酵物, 可提高公羊增重、养分消化和降低料重比, 并在一定程度上有利于抗氧化、免疫性能和精液质量提高。

关键词: 油莎豆粕; 公羊; 生长性能; 精液质量

中图分类号: S826

文献标志码: A

文章编号: 1005-9369(2024)01-0050-09

刘雪松, 张艳, 孟维珊, 等. 油莎豆粕和中药复合发酵物对小尾寒羊生长性能、养分消化率、抗氧化、免疫功能和精液质量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2024, 55(1): 50-58. DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2024.01.006.

Liu Xuesong, Zhang Yan, Meng Weishan, et al. Effects of fermented composite preparations of *Cyperus esculentus* meal and traditional Chinese medicine on growth performance, nutrient digestibility, antioxidant capacity, immune function and semen quality of small-tailed han sheep[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2024, 55(1): 50-58. (in Chinese with English abstract) DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2024.01.006.

Effects of fermented composite preparations of *Cyperus esculentus* meal and traditional Chinese medicine on growth performance, nutrient digestibility, antioxidant capacity, immune function and semen quality of small-tailed han sheep/LIU Xuesong^{1,2}, ZHANG Yan^{1,2}, MENG Weishan^{1,2}, WANG Shuang^{1,2}, XUE Zhanmei^{1,2}, CHEN Xi^{1,2}, YANG Xudong^{1,2}, HAI Long¹, CHEN Guowang¹, NAN Jingdong¹, ZHANG Jiansheng¹, ZHONG Peng¹(1. Branch of Animal Husbandry and Veterinary of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar Heilongjiang 161005, China; 2. Heilongjiang Key Laboratory of Veterinary Drugs, Qiqihar Heilongjiang 161005, China)

基金项目: 黑龙江省农业科技创新跨越工程农业特色产业科技创新支撑项目(CX23TS27); 黑龙江省重点研发计划项目(GA21B006); 黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZKYF2022-1-C010); 黑龙江省农业科学院畜牧兽医分院自拟课题(ZNKT-202206)

作者简介: 刘雪松(1993-), 男, 助理研究员, 硕士, 研究方向为中兽药制剂及机制。E-mail: 945181657@qq.com

***通信作者:** 钟鹏, 研究员, 硕士, 研究方向为油饲兼用作物育种及栽培技术。E-mail: zhongpengvip@163.com

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of fermented composite preparations of *Cyperus esculentus* meal and traditional Chinese medicine (FCEMH), *Cyperus esculentus* meal (CEM), and fermented *Cyperus esculentus* meal (FCEM) on growth performance, nutrient apparent digestibility, serum antioxidant and various biochemical indicators, semen quality and other indicators of small-tailed han sheep. Seventy-two healthy male sheep with similar age and weight were randomly divided into four groups, namely three experimental groups and one control group. The control group was fed with a basic diet, and the experimental group fed with the diet added 1% FCEMH (1%FCEMH), 3% CEM (3% CEM) and 3% FCEM (3% FCEM), respectively. Each group had three replicates, with six sheep per replicate. The experimental period was 70 days, with a pre-experimental period of 5 days and a formal experimental period of 65 days. The results showed that compared with the control group, all the experimental groups significantly increased the final body weight ($P<0.05$). The 1% FCEMH group could effectively increase the average daily weight gain of sheep and reduce the feed to weight ratio ($P<0.05$). The 1% FCEMH group significantly increased the digestibility of dry matter, crude protein, and neutral detergent fiber in sheep ($P<0.05$). The serum IgM content of sheep in the 1% FCEMH group significantly increased ($P<0.05$), and the serum malondialdehyde showed a certain downward trend. The 1% FCEMH group showed a trend of increasing sheep semen volume, acrosomal integrity rate in semen and testosterone content in seminal plasma, and reducing sperm malformation rate. Adding fermented composite preparations of *Cyperus esculentus* meal and traditional Chinese medicine to sheep feed could improve weight gain, nutrient digestion, and reduce F/G, and to some extent, it was beneficial for improving antioxidant capacity, immune performance, and semen quality.

Key words: *Cyperus esculentus* meal; ram; growth performance; semen quality

在“禁抗”背景下, 生产性能下降、经济效益降低等问题成为养殖业主要问题, 急需可替代抗生素的饲料添加剂^[1]。

油莎豆(*Cyperus esculentus* L.), 属于莎草科莎草属, 是一种油脂含量高且产量高的作物, 在我国东北、西北和华南等地区均有种植^[2]。油莎豆含有丰富的纤维、淀粉、脂肪、碳水化合物、钠、镁、锰、铁、钾、钙等矿物质和B₁、C、D等维生素^[3]。研究发现, 油莎豆可有效提高精液量、精子活力, 维持睾丸结构, 增强生殖能力^[4]。经油脂提取后的油莎豆粕同样营养丰富, 且含有丰富的淀粉、蔗糖及微量元素等, 具有较高的饲用价值^[5]。但是, 油莎豆粕深加工依然处于初级阶段, 关于油莎豆粕的饲用研究较少。

本试验通过在饲料中添加油莎豆粕或其中药复合发酵物探究油莎豆粕对公羊生长性能等指标的影响, 为其在养殖中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本次试验所用油莎豆粕, 购自唐山市丰润区奇发缘油莎豆种植农民专业合作社; 试验所用五味子、菟丝子与刺五加均采摘于黑龙江省农业科学院畜牧兽医分院中草药种植基地; 发酵豆粕所用的贝莱斯芽孢杆菌由黑龙江省农业科学院畜牧兽医分院兽药研究室分离鉴定并保存。本研究使用的油莎豆粕和中药复合发酵物是以五味子、菟丝子、刺五加和油莎豆粕为发酵原料, 经过贝莱斯芽孢杆菌发酵获得。

1.2 试验设计及基础饲粮

本试验在黑龙江省农业科学院畜牧兽医分院养殖基地进行, 试验选用7月龄、体重相近(40.45 ± 1.47)kg的小尾寒羊种公羊72只, 随机分成4组, 每组3个重复, 每个重复6只羊。对照组饲喂基础饲粮, 试验组在饲喂基础饲粮基础上分别

添加 1% 发酵油莎豆粕复合中药(1% FCEMH)、3% 油莎豆粕(3% CEM)和 3% 发酵油莎豆粕(3% FCEM)。对试验用羊编号并分组。在试验期间,自由饮水,每天饲喂 2 次(7:30 和 17:30),所有试验用羊自由采食,以日剩料量为投料量 10% 进行投料,记录每个重复的平均采食量。按照农业推荐性行业标准《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2021)进行基础饲粮配制^[6],饲粮组成及营养水平如表 1 所示。试验期间对羊及饲养舍进行定期驱虫和消毒工作,试验期为 70 d,其中预试验期 5 d,正式试验期 65 d。

表 1 饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Dietary composition and nutrient level

(Dry matter basis)

(%)

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	30.00
麸皮 Bran	6.70
豆粕 Soybean meal	16.30
大豆秸秆 Soybean straw	42.00
碳酸氢钙 Calcium bicarbonate	1.50
食盐 Salt	0.50
预混料 Premix ¹⁾	3.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient level ²⁾	
粗蛋白 Crude protein	15.75
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	33.77
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber	16.32
钙 Ca	1.04
磷 P	0.51
代谢能(MJ·kg ⁻¹) ME	8.63

注: 1) 预混料为每千克饲粮提供: 维生素 A 16 000 IU, 维生素 D₃ 3 000 IU, 维生素 E 160 IU, 烟酸 150 mg, 生物素 3.0 mg, 锌 50.80 mg, 铜 8.6 mg, 锰 49.36 mg, 铁 66.00 mg, 硒 0.46 mg; 2) 代谢能为计算值, 其余为实测值。

Note: 1) Premix provided the following per kg of diets: Vitamin A 16 000 IU, Vitamin D₃ 3 000 IU, Vitamin E 160 IU, Nicotinic acid 150 mg, Biotin 3.0 mg, Zn 50.80 mg, Cu 8.6 mg, Mn 49.36 mg, Fe 66.00 mg, Se 0.46 mg; 2) Metabolic energy is the calculated value, while the rest are the measured values.

1.3 生长性能指标测定

正式试验开始当天称量各组羊空腹体重作为

初重,正式试验结束时称量各组羊空腹体重作为末重。在试验期间,记录每天饲料喂料量和余料量,用于计算干物质平均日采食量、平均日增重和料重比。计算公式如下:

干物质平均日采食量(kg·d⁻¹)=(喂料量-余料量)×干物质含量/试验天数;

平均日增重(g·d⁻¹)=(末重-初重)/试验天数;

料重比=干物质平均日采食量/平均日增重。

1.4 养分表观消化率指标测定

在正式试验的第 60~65 天,早上饲喂前,通过五点取样法采集约 600 g 饲料样品。将饲料样品混合,65 ℃ 下烘干至恒重,使用粉碎机将其粉碎至完全通过 1 mm 筛孔,充分混合后用四分法取样品 400 g,保存备用。

在正式试验的第 60~65 天,早上饲喂 1 h 后,每个重复每只羊均采集约 100 g 未污染粪便,并将其加入 10% 硫酸溶液中进行固氮处理,将处理后粪便放于 4 ℃ 保存。收集粪样于 65 ℃ 下烘干至恒重,并保存。

采用酸不溶灰分(AIA)法测定养分表观消化率。按照国家标准(GB/T 23742—2009)测定酸不溶灰分(AIA)含量^[7],国家标准(GB/T 6435—2014)测定干物质(DM)含量^[8],国家标准(GB/T 6342—2018)测定粗蛋白质(CP)含量^[9],国家标准(GB/T 20806—2022)测定中性洗涤纤维(NDF)含量^[10],农业行业标准(NY/T 1459—2022)测定酸性洗涤纤维(ADF)含量^[11]。养分表观消化率计算公式如下:

某养分表观消化率(%)=100-100×(饲料样品中的 AIA/粪便样品中的 AIA)×(粪便样品中的养分含量/饲料样品中的养分含量)

1.5 血液指标测定

1.5.1 血液样品采集

于正式试验的第 65 天,进行颈静脉采血,采集 2 管 5 mL 血液,置于不含抗凝的采血管中,3 000 r·min⁻¹ 条件下离心 10 min,获得血清样品,分别用于测定血清中抗氧化和免疫指标。

1.5.2 血清抗氧化指标测定

应用试剂盒测定血清中抗氧化指标,包括总抗氧化能力(T-AOC)、谷胱甘肽过氧化氢酶(GSH-Px)、过氧化氢酶(CAT)、超氧化歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)。T-AOC 试剂盒(BC014-2)、GSH-Px 试剂盒(BC049-2)、CAT 试剂盒(BC011-2)、SOD

试剂盒(BC010-2)和MDA试剂盒(BC003-2),均购自苏州艾莱萨生物科技有限公司。

1.5.3 血清中免疫指标测定

采用Elisa试剂盒对血清中免疫指标进行测定,包括免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白G(IgG)、免疫球蛋白M(IgM)、白介素-1 β (IL-1 β)、白介素-6(IL-6)、白介素-8(IL-8)、白介素-10(IL-10)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)。IgA(CK-E93655S)、IgG(CK-E93656S)、IgM(CK-E93657S)、IL-1 β (CK-E70005S)、IL-6(CK-E70004S)、IL-8(CK-E70080S)、IL-10(CK-E70036S)和TNF- α (CK-E95618S)试剂盒,均购自苏州卡尔文生物科技有限公司。

1.6 精液指标测定

1.6.1 精液常规品质及运动速率测定

在正式试验最后一天的上午,用假阴道法采集精液,读取集精杯中刻度,获得精液量数据。取新鲜精液100 μ L进行稀释,应用计算机辅助精液质量分析系统测定精子密度、精子活力、精子存活率、精子直线运动速率、曲线运动速率和平均路径速率。

1.6.2 精子畸形率、质膜完整率及顶体完整率测定

采用巴氏染色法对精子进行染色,镜检计数,总计精子500个。形状异常精子为畸形精子,统计畸形精子个数,计算精子畸形率。为测量精子质膜完整性,采用低渗肿胀法检测500个精子。精子尾部卷曲表示质膜完整,而自然舒展的精子则表示质膜不完整。通过统计表示质膜完整精子的个数,计算精子质膜完整率。为测量顶体完整性,使用吉姆萨染色试剂盒检测500个精子,顶体部分呈现均匀一致的紫红色表示顶体完整,否则为顶体不完整,通过统计顶体完整的精子个数,计算顶体完整率。

精子畸形率(%)=畸形精子个数/总精子个数 \times 100%;

质膜完整率(%)=质膜完整精子个数/总精子个数 \times 100%;

顶体完整率(%)=顶体完整精子/总精子个数 \times 100%。

1.6.3 精浆中激素含量测定

将新鲜精液样品在5 000 $r \cdot \min^{-1}$ 条件下离心10 min获得精浆样品,用Elisa试剂盒对精浆样品

中的促黄体生成素(LH)、促卵泡素(FSH)、睾酮(T)和雌二醇(E2)含量进行检测。LH试剂盒(EIA-0433)、FSH试剂盒(EIA-0410)、T试剂盒(EIA-0419)和E₂试剂盒(EIA-0417),均购自上海艾莱萨生物科技有限公司。

1.7 数据统计与分析

参照张孟恩等方法进行数据统计与分析,通过SPSS 26.0 统计分析软件One-way ANOVA进行单因素方差分析,通过Duncan法进行多重比较, $P < 0.05$ 为差异显著, $0.05 \leq P \leq 0.1$ 为有趋势^[12]。

2 结果与分析

2.1 饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊生长性能的影响

试验期间,试验羊群整体健康状况良好,无疾病发生。在基础饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊生长性能影响如表2所示。与对照组相比,试验组末重均显著提高($P < 0.05$);1% FCEMH组羊平均日增重显著提高,料重比显著降低($P < 0.05$)。

2.2 饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊养分表观消化率的影响

饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊养分表观消化率的影响见表3。与对照组相比,1% FCEMH和3% FCEMH组干物质消化率均显著提高($P < 0.05$),分别提高8.11%、5.16%;试验组羊有机物和酸性洗涤纤维消化率与对照组相比差异不显著($P > 0.05$);与对照组相比,1% FCEMH组粗蛋白消化率显著提高($P < 0.05$),提高6.50%;与对照组相比,1% FCEMH组和3% FCEMH组中性洗涤纤维消化率显著提高($P < 0.05$),分别提高9.72%、6.24%。

2.3 饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊血清抗氧化指标的影响

饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊血清抗氧化指标的影响结果见表4。各试验组羊血清中抗氧化指标与对照组相比差异均不显著($P > 0.05$)。1% FCEMH组羊血清中MDA含量呈下降趋势。

2.4 饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊血清免疫性能指标的影响

饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊血清免疫性能指标的影响见表5。1% FCEMH组羊血清IgM含量显著提高($P < 0.05$),其他指标试验组与对照组差异不显著($P > 0.05$)。

表 2 饲粮中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊生长性能的影响

项目 Items	组别 Groups				标准误 SEM	P 值 P-value
	Con	1% FCEMH	3% CEM	3% FCEM		
初重(kg) Initial body weight	40.36	40.41	40.48	40.62	0.43	0.831
末重(kg) Final body weight	55.71a	57.08d	56.28b	56.53c	0.16	0.031
平均日增重(g·d ⁻¹) Average daily gain	236.15a	256.46b	240.76ab	246.31ab	1.13	0.043
干物质平均日采食(kg·d ⁻¹) Average daily dry matter intake	1.41	1.43	1.42	1.42	0.01	0.352
料重比 F/G	5.97a	5.58b	5.89ab	5.77ab	0.07	0.037

注：同行数字肩标小写字母相同或无肩标表示差异不显著($P>0.05$)，字母不同表示差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: The same or no lowercase letters on the shoulder of numbers on the same row indicate no significant difference ($P>0.05$), while different letters indicate significant difference ($P<0.05$). The same as below.

表 3 饲粮中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊养分表观消化率的影响

nutrient apparent digestibility of sheep							(%)
项目 Items	组别 Groups				标准误 SEM	P 值 P-value	
	Con	1% FCEMH	3% CEM	3% FCEM			
干物质消化率 Dry matter digestibility	64.12a	69.32d	66.54ab	67.43bc	0.42	0.015	
有机物消化率 Organic matter digestibility	69.67	70.84	70.57	70.43	0.81	0.534	
粗蛋白消化率 Crude protein digestibility	62.14a	66.18b	64.351ab	65.09ab	0.65	0.044	
中性洗涤纤维消化率 Neutral detergent fiber digestibility	47.31a	51.91b	48.63a	50.26b	0.53	0.002	
酸性洗涤纤维消化率 Acid detergent fiber digestibility	43.17	43.77	43.25	43.31	0.67	0.935	

表 4 饲粮中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊血清抗氧化指标的影响

serum antioxidant indicators of sheep						
项目 Items	组别 Groups				标准误 SEM	P 值 P-value
	Con	1% FCEMH	3% CEM	3% FCEM		
总抗氧化能力(mmol·mL ⁻¹) T-AOC	12.87	13.67	13.38	13.49	0.42	0.653
谷胱甘肽过氧化物酶(U·mL ⁻¹) GSH-Px	360.32	371.39	363.96	366.89	4.81	0.639
过氧化氢酶(U·mL ⁻¹) CAT	27.74	31.39	28.38	30.88	0.67	0.519
超氧化物歧化酶(U·mL ⁻¹) SOD	138.84	148.32	143.31	145.82	2.68	0.435
丙二醛(mmol·mL ⁻¹) MDA	5.53	5.04	5.31	5.26	0.07	0.075

2.5 饲粮中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊精液常规指标和运动速率的影响

饲粮中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊精液常规指标和运动速率的影响见表 6。与对照组相

比，1% FCEMH 组羊精液量具有增加趋势。试验组与对照组在精子密度、精子活力、精子存活率、直线运动速率、曲线运动速率和平均路径速率上差异不显著($P>0.05$)。

表5 饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊血清免疫性能指标的影响

项目 Items	组别 Groups				标准误 SEM	P值 P-value
	Con	1% FCEMH	3% CEM	3% FCEM		
免疫球蛋白A($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) IgA	311.59	331.57	322.47	325.32	3.38	0.223
免疫球蛋白G($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) IgG	37.35	40.01	38.36	38.86	0.86	0.533
免疫球蛋白M($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) IgM	730.31	764.43	746.32	751.37	4.07	0.049
白介素-1 β ($\text{pg}\cdot\text{mL}^{-1}$) IL-1 β	47.35	45.31	46.58	45.81	0.76	0.635
白介素-6($\text{pg}\cdot\text{mL}^{-1}$) IL-6	60.79	57.30	58.41	58.12	1.07	0.436
白介素-8($\text{pg}\cdot\text{mL}^{-1}$) IL-8	751.21	734.47	744.31	738.59	6.67	0.685
白介素-10($\text{pg}\cdot\text{mL}^{-1}$) IL-10	20.41	22.01	21.12	21.23	0.63	0.757
肿瘤坏死因子- α ($\text{pg}\cdot\text{mL}^{-1}$) TNF- α	311.59	331.57	322.47	325.32	2.14	0.631

表6 添加不同油莎豆粕对羊精液常规指标和运动速率的影响

项目 Items	组别 Groups				标准误 SEM	P值 P-value
	Con	1% FCEMH	3% CEM	3% FCEM		
精液量(mL) Semen volume	0.71	0.76	0.73	0.74	0.01	0.087
精子密度($10^8\cdot\text{mL}^{-1}$) Sperm density	2.71	2.91	2.79	2.83	0.06	0.535
精子活力(%) Sperm motility	75.67	78.86	76.58	76.69	0.99	0.571
精子存活率(%) Sperm survival rate	76.58	79.78	77.59	78.64	1.22	0.603
直线运动速率($\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) Linear motion rate	24.54	26.78	24.95	25.42	0.39	0.239
曲线运动速率($\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) Curved motion rate	30.42	32.59	30.96	31.59	0.78	0.515
平均路径速率($\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) Average path rate	26.59	27.89	26.93	27.17	0.43	0.723

2.6 饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊精子畸形率、质膜及顶体完整率的影响

饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊精子畸形率、质膜及顶体完整率的影响见表7。与对照组相比，试验组羊精子质膜完整率差异不显著($P>0.05$)；1% FCEMH组有降低精子畸形率的趋势和提高精子顶体完整率的趋势。

2.7 饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊精浆激素含量的影响

饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊精浆激素含量的影响见表8。与对照组相比，试验组羊精浆中促黄体生成素、促卵泡素、睾酮和雌二醇含量差异均不显著($P>0.05$)。但是，1% FCEMH组羊精浆中睾酮含量呈升高趋势。

表7 饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊精子畸形率、质膜完整率及顶体完整率的影响

Table 7 Effect of adding <i>Cyperus esculentus</i> meal or its fermentation preparation to feed on the semen malformation rate, membrane integrity rate and acrosomal integrity rate of sheep (%)						
项目 Items	组别 Groups				标准误 SEM	P值 P-value
	Con	1% FCEMH	3% CEM	3% FCEM		
畸形率 Malformation rate	9.67	8.27	8.85	8.59	0.20	0.076
质膜完整率 Membrane integrity rate	75.89	77.59	76.39	76.97	0.59	0.547
顶体完整率 Acrosomal integrity rate	86.48	88.83	87.19	87.87	0.36	0.081

表 8 饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂对羊精浆激素含量的影响

Table 8 Effect of adding *Cyperus esculentus* meal or its fermentation preparation to feed on the seminal hormone content of sheep

项目 Items	组别 Groups				标准误 SEM	P 值 P-value
	Con	1% FCEMH	3% CEM	3% FCEM		
促黄体生成素($\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$) LH	21.59	23.11	22.19	22.89	0.40	0.193
促卵泡素($\text{IU}\cdot\text{L}^{-1}$) FSH	5.82	6.09	5.89	5.96	0.26	0.253
睾酮($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) T	39.57	41.09	39.98	40.57	0.44	0.076
雌二醇($\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$) E ₂	16.87	16.12	16.58	16.31	0.48	0.723

3 讨 论

油莎豆除可作为油料作物以外, 还具有较高的药用价值, 具有“疏肝理气、健脾和胃”的功效, 其含有萜类、生物碱、酚类等多种药用有效活性成分, 对于消化不良和饮食淤阻颇具疗效^[13]。本试验使用的贝莱斯芽孢杆菌可有效产生纤维素酶等胞外酶, 有效破碎植物细胞壁, 使中药材和油莎豆粕有效活性成分和代谢产物充分释放^[14]。除此之外, 油莎豆粕具有类似杏仁的香味, 经贝莱斯芽孢杆菌发酵后, 其适口性大幅提升。1% FCEMH 组除油莎豆粕经过发酵外, 还对五味子、菟丝子和刺五加组成的中药组方进行发酵。北五味子中富含联苯环辛二烯、四氢呋喃、丁烷、芳基萘内酯型、苯并二氢呋喃和呋喃吡呋喃六类木脂素^[15], 木脂素具有提高生长性能、抗氧化、抗癌和增加机体激素含量的作用^[16]。菟丝子具有补益肝肾和固精缩尿的作用, 富含山奈酚、槲皮素等黄酮类化合物, 可有效提高生长性能、改善神经系统和促进生长^[17]。刺五加多糖具有促进动物生长, 缓解应激的作用^[18]。油莎豆粕和中药经发酵后, 可有效提高油莎豆粕和中药有效物质提取率, 多种有效物质协同促进公羊生长性能。本研究中, 1% FCEMH 组羊的料重比显著下降, 可能是因油莎豆粕和中药组方在发酵过程中产生大量氨基酸、活性肽和有机酸等代谢产物, 提高肠道对营养物质的吸收。

营养物质表观消化率可有效反映动物消化能力, 也可体现动物生长情况^[19-20]。本研究中, 1% FCEMH 组可有效提高羊干物质、中性洗涤纤维和粗蛋白消化率。研究表明, 豆粕经发酵后可将大分子营养物质分解为易消化的小分子营养物

质, 去除抗营养因子, 增加生物活性因子, 提高豆粕利用率, 且经过益生菌发酵, 豆粕增益效果更加显著^[21]。段帅等研究表明, 油莎豆粕营养丰富, 淀粉含量为 23.10%、脂肪含量为 13.90%、总糖含量为 15.65%、膳食纤维含量为 18.00%^[22], 经过发酵的豆粕中异黄酮可有效提高动物消化能力和养分表观消化率^[23]。Czech 等研究表明, 豆粕经过发酵可有效降低甘氨酸和 β -伴球蛋白等致敏化合物含量, 且可使豆粕中蛋白质和碳水化合物降解为低分子质量化合物, 从而增加其在水中的溶解度, 有助于消化并提高生长性能^[24]。贝莱斯芽孢杆菌具有在植物中定殖的能力, 可在植物中产生孢子、酶和生物膜, 促进植物激素产生, 是一种具有优秀潜质的生物防治菌种^[25]。Liu 等研究表明, 经贝莱斯芽孢杆菌发酵的豆粕粗蛋白含量提高 13.45%, 可溶性蛋白提高 12.53%^[26]。本研究中, 1% FCEMH 组干物质、粗蛋白和中性洗涤纤维消化率显著提高, 与以往研究结果一致。

油莎豆粕中富含生物碱、皂苷、植物甾醇、萜类化合物和类黄酮类化合物等活性物质, 其中, 油莎豆粕中类黄酮类化合物具有优良的抗氧化活性^[27]。段帅等利用酶解方式制备油莎豆粕抗氧化活性肽, 并通过体外试验证明其优良的抗氧化活性^[28]。Badejo 等研究发现, 含有 75% 油莎豆提取物的功能性饮料富含类黄酮类化合物, 具有优良的抗氧化活性^[29]。Nwangwa 等研究发现, 每天给 Wistar 大鼠喂油莎豆提取物可有效缓解因高盐导致的 MDA 含量升高^[30]。本试验中, 1% FCEMH 组羊血清中 MDA 含量呈下降趋势, 表明饲喂油莎豆粕或其发酵制剂可在一定程度上提高机体氧化能力, 减少机体脂质过氧化。油莎豆中异黄酮类物

质可刺激机体脾淋巴细胞增殖、转化作用,促进机体迟发型变态反应,提高机体抗体生成细胞数量,增强机体免疫力^[31]。Salem等研究发现,油莎豆提取物可有效缓解动脉硬化小鼠的症状,并在一定程度上提高小鼠免疫性能^[32]。本研究中,1% FCEMH组血清中IgM含量呈增加趋势,其他免疫指标无显著差异。

油莎豆可有效提高雄性动物精子密度、精子活力,维持睾丸结构,并可有效增加精浆中睾酮含量^[33]。Nwangwa等研究发现,饲喂油莎豆提取物可有效提高因高盐导致的Wistar大鼠下降的精子活力和精子密度,提高精浆中睾酮含量^[30]。Olabiyi等研究发现,在饲料中添加油莎豆可有效提高大鼠反应能力,有效缓解因N-硝基-L-精氨酸甲脂处理导致的大鼠勃起障碍,提高大鼠性能力^[34]。本研究中,1% FCEMH组具有提高公羊精液量、精浆中睾酮含量,降低精子畸形率的趋势。公羊生殖性能的提高可能与油莎豆粕中含有槲皮素、维生素C和维生素E等抗氧化剂及微量元素锌有关。抗氧化剂和微量元素锌可维持睾丸结构的功能,有效提高机体繁殖性能^[35-36]。

4 结 论

综上所述,在饲料中添加油莎豆粕或其发酵制剂可有效增加公羊平均日增重,降低料重比,提高干物质、粗蛋白和中性洗涤纤维的表观消化率,同时还具有提高公羊抗氧化性能、精液量、精子顶体完整率和精浆中睾酮含量,降低精子畸形率的趋势。

[参 考 文 献]

- [1] 石宝明,孟祥宇,蔡建成,等.复合微生物制剂对猪生产性能、免疫功能和肉质影响[J].东北农业大学学报,2018,49(3): 58-64.
- [2] 丑义宣,李柯洁,闵琰,等.油莎豆的营养成分、生物活性及其应用研究进展[J].食品安全质量检测学报,2023,14(15): 222-230.
- [3] Oluwakemi A A, Ireunmi A F, Joshua S K, et al. Mineral, vitamin and phytochemical content of the tigernut[J]. World Journal of Applied Chemistry, 2021, 6(3): 36-40.
- [4] Chinwe G S, Adebola S A, Babatunde O. Tiger nut: Antidote for alcohol-induced testicular toxicity in male sprague-dawley rats[J]. JBRA Assisted Reproduction, 2021, 26(2): 222-231.
- [5] Zhang R Y, Hhuang X Y, Chen P X, et al. A novel non-centrifugal sugar prepared from tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) meal: preparation methods and comparison with sugarcane[J]. Food Research International, 2023, 174: 113519-113532.
- [6] 全国畜牧业标准化技术委员会. NY/T 816-2021 肉羊营养需要量[S]. 北京: 中国农业出版社, 2021.
- [7] 全国饲料工业标准化技术委员会. GB/T 23742-2009 饲料中盐酸不溶灰分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [8] 全国饲料工业标准化技术委员会. GB/T 6345-2014 饲料中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [9] 全国饲料工业标准化技术委员会. GB/T 6342-2018 饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [10] 全国饲料工业标准化技术委员会. GB/T 20806-2022 饲料中性洗涤纤维(NDF)的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [11] 全国饲料工业标准化技术委员会. NY/T 1459-2022 饲料中酸性洗涤纤维的测定[S]. 北京: 中国农业出版社, 2022.
- [12] 张孟恩, 韩睿, 张敏, 等. 饲料添加地顶孢霉培养物和酵母培养物对湖羊母羊泌乳性能、营养物质表观消化率和羔羊生长性能的影响[J]. 动物营养学报, 2023, 35(12): 7931-7941.
- [13] 陈丹阳. 油莎豆发酵乳的制备及其品质特性研究[D]. 吉林: 长春工业大学, 2023.
- [14] 张艳, 刘雪松, 薛洁枚, 等. 基于LC-MS/MS分析板芪清肺组方发酵代谢差异[J]. 中国畜牧兽医, 2023, 50(10): 4243-4251.
- [15] Yang K, Qiu J, Hhuang Z, et al. A comprehensive review of ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacology, and pharmacokinetics of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. and *Schisandra sphenanthera* Rehd. et Wils[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2022, 284: 114759-114771.
- [16] Durazzo A, Lucarini M, Camilli E, et al. Dietary lignans: Definition, description and research trends in databases development[J]. Molecules, 2018, 23(12): 3251-3266.
- [17] 卓小霞, 段宏婷, 闫媛聪, 等. 菟丝子中黄酮类成分的生物活性及体内代谢的研究进展[J]. 华西药学杂志, 2023, 38(6): 705-710.
- [18] Wang X, Su Y, Su J, et al. Optimization of enzyme-assisted aqueous extraction of polysaccharide from *Acanthopanax senticosus* and comparison of physicochemical properties and bioactivities of polysaccharides with different molecular weights[J]. Molecules, 2023, 28(18): 6585-6598.
- [19] 谢小来, 王雪, 王一臻, 等. 舍饲模拟松嫩草地不同退化阶段牧

- 草组成对绵羊养分及矿物质代谢的影响[J]. 东北农业大学学报, 2022, 53(6): 38–47.
- [20] 李陇平, 张宸, 李托, 等. 陕北白绒山羊断奶公羔的消化能需求研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2022, 50(7): 26–34.
- [21] 张相雷, 金灵红, 杨金玉, 等. 湿法膨化和发酵豆粕对断奶仔猪生长性能、免疫功能及氨基酸消化率的影响[J]. 南京农业大学学报, 2024, 47(1): 113–122.
- [22] 段帅, 李睿思, 吴晓彤, 等. 响应面法优化纤维素酶辅助碱法提取油莎豆粕蛋白工艺[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(7): 110–114.
- [23] 陈添晔, 许晨远, 敖蕊, 等. 发酵豆粕对蛋雏鸡生长性能、养分表观代谢率、血液指标和盲肠微生物的影响[J]. 南京农业大学学报, 2023, 46(2): 333–344.
- [24] Czech A, Ryszard G E, Martyna K. Dietary fermented rapeseed oil and soybean meal additives on performance and intestinal health of piglets[J]. Scientific Reports, 2021, 11(1): 16952–1696.
- [25] 欧婷, 金必堃, 高海英, 等. *Bacillus velezensis* SWUJ1 拮抗物质分离纯化及抑菌机理研究[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2022, 44(1): 75–87.
- [26] Liu Z Y, Guan X F, Zhong X X, et al. *Bacillus velezensis* DP-2 isolated from Douchi and its application in soybean meal fermentation[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2020, 101(5): 1861–1868.
- [27] Zhang S, Li P, Wei Z, et al. *Cyperus* (*Cyperus esculentus* L.): a review of its compositions, medical efficacy, antibacterial activity and allelopathic potentials[J]. Plants, 2022, 11(9): 1127–1134.
- [28] 段帅, 吴晓彤. 油莎豆粕抗氧化肽的制备及其稳定性研究[J]. 中国粮油学报, 2023, 38(1): 80–89.
- [29] Badejo A A, Olawoyin B, Salawu S O, et al. Antioxidative potentials and chromatographic analysis of beverages from blends of gluten-free acha (*Digitaria exilis*) and tigermut (*Cyperus esculentus*) extracts[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2017, 11(4): 2094–2101.
- [30] Nwangwa J N, Udefa A L, Amama E A, et al. *Cyperus esculentus* L. (tigernut) mitigates high salt diet-associated testicular toxicity in Wistar rats by targeting testicular steroidogenesis, oxidative stress and inflammation[J]. Andrologia, 2020, 52(11): e13780–e13791.
- [31] 刘晓林, 李芳, 樊海梅, 等. 大豆异黄酮的生物学作用及其临床应用的研究进展[J]. 医学综述, 2012, 18(13): 2099–2102.
- [32] Salem M L, Zommara M, Imaizumi K. Dietary supplementation with *Cyperus esculentus* L (tiger nut) tubers attenuated atherosclerotic lesion in apolipoprotein E knockout mouse associated with inhibition of inflammatory cell responses[J]. American Journal of Immunology, 2005, 1(1): 60–67.
- [33] Atoigwe-Ogeyemhe B E, Odigie B, Achukwu P U. Aqueous extract of *Cyperus esculentus* L. (Cyperaceae) enhances libido and spermatogenesis in male wistar rats[J]. Tropical Journal of Natural Product Research, 2018, 2(11): 471–475.
- [34] Olabiyi A A, Afolabi B A, Reichert K P, et al. Assessment of sexual behavior and neuromodulation of *Cyperus esculentus* L. and *Tetracarpidium conophorum* Müll. Arg dietary supplementation regulating the purinergic system in the cerebral cortex of l-name-challenged rats[J]. Journal of Food Biochemistry, 2021, 45(8): e13862–e13878.
- [35] Venkata K M, Arangasamy A, Selvaraju S, et al. Organic Zn and Cu interaction impact on sexual behaviour, semen characteristics, hormones and spermatozoal gene expression in bucks (*Capra hircus*)[J]. Theriogenology, 2019, 130: 130–139.
- [36] Ndufeiya-Kumasi L C, Abarikwu S O, Olanador R, et al. Curcumin improves the protective effects of quercetin against atrazine-induced testicular injury in adult wistar rats[J]. Andrologia, 2022, 54(7): e14445–e14453.