

白佳乐, 张祎, 李元晓, 等. 饲料添加膨化红枣粉对海南黑山羊生产性能及肉品质的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (12): 23-28.

BAI J L, ZHANG Y, LI Y X, et al. Effects of dietary expanded jujube powder on growth performance and meat quality of Hainan black goats [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (12): 23-28.

饲料添加膨化红枣粉对海南黑山羊生产性能及肉品质的影响

白佳乐¹, 张祎¹, 李元晓¹, 张雨书², 吕仁龙³

(1. 河南科技大学动物科技学院, 河南 洛阳 471000;

2. 日本信州大学农学部, 长野 松本 390-8621;

3. 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所, 海南 海口 571101)

摘要: 旨在研究饲料添加不同比例膨化红枣粉对海南黑山羊的生长性能、屠宰性能、血清抗氧化能力和肉品质的影响。选择体况一致, 生理状况相近的海南黑山羊公羊9只, 随机分成3组, 每组3只, 对照组饲喂基础日粮, 试验组在饲喂基础日粮的基础上分别添加10%和20%的膨化红枣粉制作的粉料, 预试期10 d, 正式试验90 d; 记录每只羊的采食量、初始体重和末重, 采用内源性指示剂法测定海南黑山羊的表观消化率。结果: 添加10%和20%膨化红枣粉的海南黑山羊的终末体重、平均日增重和采食量比对照组显著增加, 料重比显著降低, 均以20%替代量效果明显 ($P < 0.05$), 而添加膨化红枣粉对海南黑山羊的表观消化率均无显著影响; 添加10%和20%膨化红枣粉对海南黑山羊的胴体肌肉重、屠宰率、净肉率的含量有显著性提高, 其中以20%替代量效果较好 ($P < 0.05$); 添加10%和20%膨化红枣粉的海南黑山羊的超氧化物歧化酶和过氧化氢酶含量显著增加, 以20%替代量效果较好 ($P < 0.05$); 膨化红枣粉替代组的剪切力显著下降, 以20%的替代组下降明显, 熟肉率显著增加 ($P < 0.05$), 以20%替代量效果显著。综上, 在饲料中添加20%的膨化红枣粉, 能较好地提高海南黑山羊的生长性能、屠宰性能、血清抗氧化能力和肉品质。

关键词: 膨化红枣粉; 海南黑山羊; 生长性能; 屠宰性能; 血清抗氧化; 肉品质

中图分类号: S827 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)12-0023-06

Effects of dietary expanded jujube powder on growth performance and meat quality of Hainan black goats

BAI Jiale¹, ZHANG Yi¹, LI Yuanxiao¹, ZHANG Yushu², LÜ Renlong³

(1. College of Animal Science and Technology, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000, China;

2. Department of Agriculture, Shinshu University, Changye 390-8621, Japan;

3. Institute of Tropical Crop Variety Resources, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China)

Abstract: This experiment was to investigate the impact of varying proportions of puffed jujube powder in the diet on the growth performance, slaughter performance, serum antioxidant levels, and meat quality of Hainan black goats. Nine healthy male Hainan black goats with the same body condition and similar physiological status were selected and randomly divided into 3 groups, with 3 goats in each group. The control group was fed with basal diet, and the experimental groups were fed with 10% and 20% puffed jujube powder, respectively, on the basis of the basal diet. The preliminary test lasted for 10 days, and the formal experiment lasted for 90 days. During the experiment, the feed intake, as well as the initial and final body weights of each goat, were recorded. The apparent digestibility of the Hainan black goats was assessed using the endogenous indicator method. The results showed as follows: The final body weight, average daily gain and feed intake of the goats supplemented with 10% and 20% puffed red jujube powder were significantly increased, compared with the control group, while their

收稿日期: 2024-02-29; 修回日期: 2024-09-16

基金项目: 河南科技大学博士科研启动费项目 (13480103); 海口市科技攻关项目 (2023-050)

第一作者: 白佳乐, 女, 本科生

* 通信作者: 张祎, 博士, 讲师, 主要从事分子营养与表观遗传工作, E-mail: zhangyi439250@163.com。

ratio of feed to gain was significantly decreased. The addition of puffed jujube powder had no significant effect on the apparent digestibility of the Hainan black goats. The addition of 10% and 20% puffed red date powder significantly increased the carcass muscle weight, slaughter rate, net meat rate, and content of the goats, and the replacement amount of 20% was better. The contents of superoxide dismutase and catalase of Hainan black goats whose diets were supplemented with 10% and 20% puffy jujube powder were significantly increased, and the effect of 20% replacement was better. The shear force of the expanded jujube powder replacement group was significantly decreased, and that of the 20% replacement group was significantly decreased. The cooked meat rate was significantly increased ($P < 0.05$), and the effect of the 20% replacement amount was significant. These results indicated that the growth performance, slaughter performance, serum antioxidant capacity and meat quality of Hainan black goats were improved by adding 20% puffed red date powder to their diet.

Keywords: puffed jujube powder; Hainan black goats; growth performance; slaughter performance; serum antioxidant; meat quality

海南黑山羊源于雷州山羊, 具有典型的抗病性、耐高温等特点, 其肉质优良、脂肪分布均匀、膻味少、味道鲜美, 深受广大消费者的喜爱, 然而, 调查研究发现, 海南黑山羊主要以个体养殖户为主, 规模化养殖中也存在着饲料营养配方不均匀导致饲料利用率低, 饲养管理不规范导致抗病力差, 社会资源利用率低导致市场需求差等诸多问题^[1]。作为特色肉用山羊品种, 海南黑山羊还具有生长速度慢、体型小、产肉率低等缺陷^[2]。海南黑山羊因季节和气温的关系, 导致饲料短缺, 营养供应不足, 这对其生产性能造成不良影响^[3]; 在高温高湿环境下, 氧化应激可能加剧, 导致脂质氧化, 肌肉质量恶化, 进而降低其营养价值^[4]。在饲料中添加 α -硫辛酸等抗氧化剂, 能有效提高海南黑山羊的平均日增重、饲料系数、抗氧化能力和肉品质, 且能有效减少羊肉的滴水损失和剪切力, 提高肉质嫩度^[5]; 同时, 添加适宜的抗氧化剂还能提高羔羊机体的抗氧化能力和免疫功能^[6]。

红枣作为李科枣属的一种植物, 富含多糖、黄酮类、三萜酸、多酚类和维生素 C 等物质, 具有增强免疫的功能。在畜牧业生产中, 膨化红枣粉的应用也取得了显著成效。在仔猪的饲养管理中添加膨化红枣粉, 显著地提高了仔猪的平均日增重, 增强抗氧化能力和免疫能力, 此外还能有效预防仔猪腹泻^[7]。在荷斯坦奶牛的饲料中添加发酵枣粉, 能显著提高其生长性能指标, 提高血清抗氧化能力和免疫球蛋白含量^[8]。此外, 用枣粉代替蛋鸡基础日粮中的部分玉米, 发现添加枣粉的替代组血清中胆固醇和甘油三酯含量增加, 抗氧化能力增强, 机体中免疫球蛋白 G 含量显著增加^[9]。因此, 膨化红枣粉在增强畜禽的肉用性能、降低料重比、提高生产效率、实施绿色健康科学养殖等方面具有巨大的潜力。本试验旨在研究饲料中添加不同比例的膨化红枣粉对海南黑山羊的生长性能、屠宰性能、血清抗氧化能力和肉质品质的影响, 以为膨化红枣粉在畜牧业养殖生产中的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物及分组

试验于 2023 年 4 月至 7 月在海南省儋州市中国热带科学院儋州实验站开展。选取 9 只年龄在 3 月龄左右体况相近、健康、生理状况相近、生长发育正常、平均初始体重为 (15.12 ± 3.67) kg 的海南黑山羊公羊 (购买自海南奔福农业科技有限公司)。随机分成 3 组, 每组 3 只, 对照组不添加膨化大枣粉, 试验组分别用 10% (10% 替代组)、20% (20% 替代组) 的膨化红枣粉代替玉米。预试期 10 d, 用伊维菌素进行驱虫, 控制采食量, 保证各方面正常, 校准剩料量为小于 5% 的饲喂量, 预试期结束时连续 2 d 在同一时间空腹称重, 进入正试期, 共 90 d。

1.2 试验饲料

根据海南黑山羊的营养需求配制试验饲料配方, 按照配方把饲料制成粉料, 便于饲喂。试验所用红枣均购自河南扶民农业开发有限公司。

1.3 生产性能指标的测定

记录每只黑山羊每天的喂料量及剩料量, 总采食量为试验期总喂料量减去总剩料量之和, 日均采食量 = 总采食量 / 试验天数。

试验开始前连续 2 d 空腹称重, 取平均值, 记为初始体重。试验最后 2 d 连续空腹称重, 取平均值, 记为试验末体重, 计算平均日增重, 平均日增重 = (试验末体重 - 初始体重) / 试验天数。

表观消化率采用内源性指示剂法测定。试验期 48~52 d, 收集各组海南黑山羊的新鲜粪便, 每天上午、下午各采集 1 次粪样, 连续 5 d, 每天取 100 g 粪样。取其中 50 g 粪样加入 10% 盐酸混匀, 于 -20 °C 保存。另取 50 g 测定初水量, 之后烘干、粉碎、自封袋保存备用。测定粪样中的干物质 (DM)、粗蛋白 (CP)、粗纤维 (CF)、粗脂肪 (EE)、钙 (Ca)、磷 (P) 和酸不溶灰分 (AIA) 等成分含量。采用四分法收集饲料样品, 以组为单位混合均匀, 将样品进行粉碎制样。测定饲料中 CP、EE、粗灰分 (ASH)、中性洗涤纤维 (NDF)、酸性洗涤纤维

(ADF) 等成分含量。表观消化率 = (食入饲料中某养分 - 粪中某养分) / 食入饲料中某养分 × 100%。

表 1 饲料组成和营养水平 (干物质基础)

项目	对照组	10%替代组	20%替代组
王草	38.00	38.00	38.00
苜蓿干草	15.00	15.00	15.00
大豆粕	5.00	5.00	5.00
棕榈粕	3.00	3.00	3.00
成分/%			
玉米%	37.50	27.50	17.50
红枣粉	0.00	10.00	20.00
食盐	0.80	0.80	0.80
小苏打	0.20	0.20	0.20
预混料 ¹⁾	0.50	0.50	0.50
营养成分			
消化能 ²⁾ / (MJ · kg ⁻¹)	11.54	10.89	10.24
粗蛋白质/%	10.70	10.65	10.50
中性洗涤纤维/%	38.40	39.30	40.10
酸性洗涤纤维/%	23.30	23.70	24.20
钙/%	0.45	0.45	0.46
有效磷/%	0.32	0.33	0.32

注: ¹⁾ 预混料为每千克饲料提供: MnSO₄ 143 mg, ZnSO₄ 176 mg, FeSO₄ 115 mg, CoCl₂ 6.25 mg, KIO₃ 20 mg, CuSO₄ 28 mg, NaSeO₃ 4 mg, 维生素 A 15.28 mg, 维生素 E 0.47 mg。²⁾ 消化能是计算值, 除消化能外其余均是实测值。

1.4 屠宰性能及器官指标的测定

试验期结束时, 所有试验羊按处理组为单位, 实行分批屠宰, 宰前禁食 24 h, 禁水 2 h。在宰前测定其活重, 采用颈部放血的方式致死, 放血后去头、去蹄、去尾, 再剥皮后去掉腹腔及胸腔内容物之后称重并记录, 记为胴体重, 记录并计算屠宰率。将胴体骨肉分离, 准确称量骨重和肉重, 并计算净肉率和胴体产肉率。屠宰率 = 胴体重 / 宰前活重 × 100%, 净肉率 = 净肉重 / 宰前活重 × 100%, 胴体产肉率 = 净肉重 / 胴体重 × 100%, 肉骨比 = 净肉重 / 骨重 × 100%。

1.5 血液生化指标的测定

试验结束当天早晨饲喂前进行取样, 每只羊分别用 10 mL 普通真空采血管和 5 mL 肝素钠抗凝采血管于颈静脉采血用来测定血液生化指标。3 500 r/min 离心 15 min 后, 分离血清, -80 °C 的冰箱中保存。使用南京建成生物工程研究所的试剂盒检测总抗氧化能力 (T-AOC)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-PX)、丙二醛 (MDA)、超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT) 等指标。

1.6 肉品质的测定

屠宰后, 取海南黑山羊背最长肌制作风干样品, 分别按照 GB/T 6435—2006 《饲料中水分和其他挥发性物质含量的测定》、凯氏定氮法、索氏乙醚浸提法、灰化法、日立 835-50 型氨基酸自动分析仪方法, 测定风干样品中 DM、CP、EE、ASH 和氨基酸含量。参考程光民等^[10]的方法测定背最长肌的肉色、pH 值、失水率、剪切力、滴水损失及熟肉率。

1.7 数据统计与分析

采用 Excel 进行数据整理, SPSS 25.0 软件进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), Duncan 氏法进行组间多重比较, 结果以 “平均值 ± 标准差” 表示, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 膨化红枣粉对海南黑山羊生长性能的影响

由表 2 所示, 各组初始体重之间无显著性差异 ($P > 0.05$) 符合试验要求。10% 和 20% 替代组与对照组相比, 其平均日增重、采食量和料重比存在显著性差异 ($P < 0.05$)。随着膨化红枣粉添加量的增加, 其平均日增重、采食量呈上升趋势, 料重比呈下降趋势。

由表 3 所示, 各组间的 CP、EE、ASH、NDF、ADF 的消化率没有显著性差异 ($P > 0.05$), 但添加 10% 替代组的 CP、EE、ASH、NDF 和 ADF 含量均较对照组增加。

表 2 膨化红枣粉对海南黑山羊生长性能的影响

项目	对照组	10%替代组	20%替代组	P 值
初始体重/kg	15.12 ± 1.13	14.98 ± 1.02	15.07 ± 1.07	0.31
终末体重/kg	20.45 ± 1.01 ^a	21.37 ± 0.77 ^b	22.58 ± 0.94 ^b	0.04
增重/kg	5.33 ± 1.12 ^a	6.39 ± 1.44 ^b	7.51 ± 1.38 ^b	0.03
平均日增重/g	59.22 ± 2.13 ^a	71.00 ± 1.98 ^b	83.44 ± 1.78 ^b	0.04
采食量 / (g · d ⁻¹)	498.20 ± 4.33 ^a	699.30 ± 4.89 ^b	713.10 ± 4.54 ^b	0.05
料重比	8.41 ± 0.25 ^a	9.84 ± 0.22 ^b	8.55 ± 0.13 ^b	0.03

注: 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 ($P < 0.05$)。下同。

表 3 膨化红枣粉对海南黑山羊表观消化率的影响

项目/%	对照组	10%替代组	20%替代组	P 值
CP	67.20±0.62	73.78±0.82	69.65±0.76	0.12
EE	87.67±1.25	89.31±1.42	86.50±1.04	0.25
ASH	30.31±0.28	45.29±0.54	35.32±0.33	0.09
NDF	26.09±0.19	51.82±1.12	48.59±0.88	0.15
ADF	18.54±0.23	47.37±0.73	44.10±0.39	0.06

2.2 膨化红枣粉对海南黑山羊屠宰性能的影响

由表 4 可见, 各组宰前活重和肉骨比差异不显著 ($P>0.05$)。随着膨化红枣粉添加量的增加, 其胴体

重、胴体肌肉重、屠宰率、净肉率、胴体产肉率呈上升趋势, 且存在显著性差异 ($P<0.05$), 但骨骼重随着膨化红枣粉添加量的增加而呈下降趋势。

表 4 膨化红枣粉对海南黑山羊屠宰性能的影响

项目	对照组	10%替代组	20%替代组	P 值
宰前活重/kg	20.45±1.01 ^a	21.37±0.77 ^b	22.58±0.94 ^b	0.04
胴体重/kg	11.79±1.38 ^b	13.23±1.18 ^a	13.99±1.22 ^a	0.05
胴体肌肉重/kg	9.59±1.99 ^c	10.70±1.11 ^b	11.43±1.42 ^a	0.04
骨骼重/kg	2.21±0.11	2.13±0.17	2.06±0.21	0.08
屠宰率/%	37.42±2.71 ^b	41.54±2.09 ^a	42.41±2.67 ^a	0.05
净肉率/%	30.43±1.98 ^b	33.59±2.09 ^a	34.65±1.82 ^a	0.02
胴体产肉率/%	77.34±2.54	80.88±2.09	81.70±1.99	0.06
肉骨比/%	4.76±0.29	4.13±0.23	4.06±0.45	0.07

2.3 膨化红枣粉对海南黑山羊血清抗氧化的影响

从表 5 中可以看出, 血液中的 T-AOC、GSH-PX 和 MDA 差异不显著 ($P>0.05$), SOD、CAT 差异显著 ($P<0.05$)。T-AOC 的替代组较对照组有先上升

再下降的趋势, 其中以 10% 替代组 T-AOC 活力较大, MDA 随着膨化红枣粉含量的增加先下降后上升, 替代组 MDA 含量均低于对照组, CAT、SOD 含量随着膨化红枣粉含量的增加而增加。

表 5 膨化红枣粉对海南黑山羊血清抗氧化的影响

项目	对照组	10%替代组	20%替代组	P 值
T-AOC/ (U · mL ⁻¹)	5.98±0.61	6.77±0.78	6.52±0.34	0.07
GSH-PX/ (U · mL ⁻¹)	61.21±1.61	65.88±1.89	66.04±2.06	0.12
MDA/ (nmol · mL ⁻¹)	4.63±0.32	4.09±0.25	4.22±0.46	0.09
SOD/ (U · mL ⁻¹)	58.63±1.78 ^b	62.23±2.01 ^a	64.28±2.36 ^a	0.04
CAT/ (U · mL ⁻¹)	44.23±2.23 ^b	49.23±1.88 ^a	51.49±2.19 ^a	0.05

2.4 膨化红枣粉对海南黑山羊肉品质的影响

由表 6 可知, 10% 和 20% 替代组的 DM、CP、EE、ASH 与对照组相比, 差异均不显著 ($P>0.05$)。

由表 7 可知, 10% 和 20% 替代组与对照组相比, pH_{0h} 值、pH_{24h} 值和系水力差异均不显著 ($P>0.05$), 剪切力和熟肉率差异显著 ($P<0.05$)。

表 6 膨化红枣粉对海南黑山羊最长肌中常规养分含量的影响

项目	对照组	10%替代组	20%替代组	P 值	%
DM	28.91±1.15	27.23±0.82	28.09±0.56	0.77	
CP	21.77±0.67	23.98±1.02	24.11±0.42	0.06	
EE	5.34±0.02	4.13±0.08	4.43±0.05	0.11	
ASH	1.22±0.01	1.17±0.02	1.09±0.01	0.63	

表7 膨化红枣粉对海南黑山羊肌肉物理性质的影响

项目	对照组	10%替代组	20%替代组	P 值
pH _{0h} 值	6.54±0.35	6.77±0.28	6.65±0.29	0.24
pH _{24h} 值	6.21±0.25	6.39±0.33	6.40±0.28	0.07
系水力/%	31.45±2.89	33.23±3.11	32.89±2.56	0.55
剪切力/N	24.23±1.89 ^a	22.22±2.34 ^b	21.09±2.06 ^c	0.02
熟肉率/%	60.12±5.56 ^c	63.23±4.89 ^b	66.02±6.06 ^a	0.03

3 讨论

饲料的营养配比与动物的生长性能存在着密切联系。膨化红枣粉中的糖类主要以单糖形式存在，在饲料中添加适量的单糖可以减少物质分解过程能量的损失，提高饲料的利用率，这种优化不仅增强机体的抗氧化能力，还提升肉品质，为反刍动物的生长发育提供了有力支撑。闫金玲等^[11]发现在反刍动物的饲料中添加适量枣粉有利于提高红枣的营养价值，充分利用红枣中含有的维持动物机体健康生长的维生素、矿物质等营养成分。赖景涛等^[12]使用枣粉饲喂干奶牛和泌乳牛，发现添加红枣粉的饲料可以改善饲料的适口性，试验组奶牛的体重高于对照组。薄叶峰^[13]通过在肉牛日粮中添加枣粉发现其可显著提高肉牛的干物质采食量、日增重、饲料效率，而 CF、NDF、ADF 的表观消化率不受日粮中枣粉添加量的影响而显著改变。惠浩阳等^[14]用残次红枣代替玉米观察卡拉库尔羊的生长性能发现，15%~30%残次红枣直接替代玉米对试验羊平均日采食量、日增重、料重比均无显著影响。与本试验中试验组的海南黑山羊的平均日增重、采食量都显著高于对照组，料重比显著低于对照组的结果不一致，可能和饲料配方中氮能含量不一致或品种有关。因此，在饲料中添加膨化红枣粉，改善了颗粒料的密度和成型率，提高饲料适口性，方便海南黑山羊的采食，从而促进其生长发育，提高饲料的利用效率，从而节约饲养成本，提高经济效益。

膨化红枣粉对反刍动物屠宰性能也有显著的促进作用。李娜娜等^[15]研究发现，在饲料中添加枣粉，能显著提高陕北白绒山羊的宰前活重、屠宰率、胴体重和净肉率。刘永清等^[16]通过在饲料中添加适当比例的枣粉，观察到育肥牛的宰前活重得到显著提高。Hopkins 等^[17]的研究进一步证实，山羊的宰前体重与胴体重之间存在显著的正相关性，即平均体重越大，胴体重和胴体产肉率也越高，整体生产性能更为优越。屠宰率和产肉率作为评价屠宰性能的重要指标，本试验中添加不同比例的膨化红枣粉对海南黑山羊的屠宰性能有不同程度的影响，综合认为日粮中添加 20% 的膨化红枣粉对宰前活重、胴体重和产肉率

影响效果较优，其次是 10% 的替代量，说明膨化红枣粉具有提高海南黑山羊屠宰性能的潜力。

膨化红枣粉在提升反刍动物机体的抗氧化能力方面表现出显著效果。枣粉中多酚类物质含量较高，而多酚类物质通过调节动物机体内蛋白激酶 B (Akt) 和 c-Jun 氨基末端激酶 (JNK) 的磷酸化，进而促进抗氧化酶的活性，有效降低细胞活性氧水平^[18]。抗氧化酶如 SOD、GSH-PX 以及 CAT 在动物体内起着关键作用，能够保护机体免受反应性氧族引起的能量产生受阻、细胞生长抑制以及生物复合物合成障碍等不利影响^[19]。白冰瑶等^[20]通过碱液浸提红枣多糖并研究其理化性质和抗氧化活性，发现红枣具有清除 DPPH 自由基 (1, 1-二苯基-2-三硝基苯胍) 和羟基自由基等的的能力，且不同浓度的多糖对各体系自由基的清除率不同，具有一定的抗氧化能力。Chen 等^[21]则研究了不同浓度的黄酮类物质对海门黑山羊的影响，结果显示海门黑山羊静脉血样中 MDA 水平显著降低，同时 SOD、GSH-PX 的活性增强，从而提高海门黑山羊抗氧化能力，改善免疫性能。王留等^[22]用大枣多糖饲喂断奶仔猪发现，断奶仔猪血液中的 T-AOC 和 SOD 含量增加，MDA 含量减少，表明断奶仔猪的抗氧化能力得到了提升。本试验结果与上述试验一致，进一步证实了饲料中添加膨化红枣粉可以提高海南黑山羊血清抗氧化能力。

肉品质的优良与否及其衡量标准，通常依赖于对肉质颜色、系水力、嫩度以及其他一系列物理特性的综合评估^[23]。系水力是指肌肉通过自身的物理特性和化学构成，对水分具有一定的束缚能力^[24]，猪宰后肌肉的 pH 值与系水力之间存在着紧密的相关性^[25]，pH 值的降低是由于肌肉中的糖原酵解为乳酸，乳酸无法通过其他途径代谢从而在体内堆积，这种 pH 值的降低往往导致肌肉蛋白质的变性，从而影响肌肉对水分的束缚能力^[24]。系水力的高低还与剪切力和熟肉率紧密相关，一般来说系水力越好，熟肉率和肉品质较好^[26]。本试验结果显示山羊宰后 24 h 内 pH 值降低，然而，使用膨化红枣粉替代的试验组系水力和 pH 值上均表现出比对照组更高的水平，这一发现表明，饲料中添加膨化红枣粉有助于海南黑山

羊宰后维持较好的系水力，进而提升肉质的口感和整体品质。

对肉质的评价，除了要考虑肌肉的物理性质外，还要考虑肌肉中常规营养成分。这些指标主要包括 DM、CP、EE 和 ASH。Wang 等^[27]在黑山羊的日粮中添加黄酮类化合物、多糖和生物碱，发现显著提高背最长肌中 DM 和 CP 含量。在本试验中，对照组与替代组在 DM、CP、EE、ASH 含量上未表现出显著差异，这可能与添加的膨化红枣粉中黄酮类化合物含量较少有关。Long 等^[28]给杂交黑山羊饲喂黄酮类物质发现肌肉成分中 CP 和 EE 含量显著增加，ASH 含量无显著性变化，这可能与黄酮类物质促进蛋白沉积有关。延志伟^[29]的研究也发现，不同枣粉水平下，肌肉中的 CP 含量随着枣粉水平的提高有升高的趋势，EE 含量有下降的趋势，与本次试验结果一致。这进一步说明，膨化红枣粉中含有丰富的多糖和黄酮类物质，能够促进肌肉中蛋白质的沉积，同时降低脂肪含量，而对 DM 和 ASH 的含量影响较小。

综上，在海南黑山羊的饲料中添加 20% 的膨化红枣粉能较好地改善其生长性能和屠宰性能，增强其血清的抗氧化能力。此外，通过不断提高表观消化率，优化最长肌群中常规养分含量和肌肉物理性质，从而改善了肉品质，为优化畜牧业生产提供了有力支撑。

参考文献：

[1] 吴昊, 易琪, 杨光, 等. 种业振兴背景下探索海南黑山羊产业高质量发展之路 [J]. 中国畜牧杂志, 2023, 59 (9): 353-356.

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

[3] 李茂, 徐铁山, 周汉林. 海南黑山羊采食量研究 [J]. 中国草食动物科学, 2014 (S1): 278-281.

[4] BUCKLEY D J, MORRISSEY P A, GRAY J I. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat [J]. J Anim Sci, 1995, 73 (10): 3122-3130.

[5] WANG D, ZHOU L, ZHOU H, et al. Effects of dietary α -lipoic acid on carcass characteristics, antioxidant capability and meat quality in Hainan black goats [J]. Ital J Anim Sci, 2017, 16 (1): 61-67.

[6] 姜宏正, 张雨, 刘强, 等. 椰子油对羔羊抗氧化活性和血液指标的影响 [J]. 饲料研究, 2021, 44 (18): 11-14.

[7] 朱方超. 红枣多糖对仔猪生长性能、抗氧化和免疫能力的影响 [J]. 猪业科学, 2023, 40 (10): 85-88.

[8] 张喆萍, 李瑞银, 李树静, 等. 饲料添加发酵枣粉对高温季节荷斯坦公牛生长性能、免疫性能和抗氧化性能的影响 [J]. 动物营养学报, 2022, 34 (2): 1027-1039.

[9] 马可为, 赵艳秀, 刘彦慈, 等. 枣粉对蛋鸡脂质代谢、抗氧化性能及免疫功能的影响 [J]. 中国饲料, 2017 (19): 5-8.

[10] 程光民, 陈凤梅, 刘公言, 等. 全株玉米青贮中植物乳杆菌及其与尿素混合添加对杜泊绵羊生长性能、屠宰性能及肌肉品质的影响 [J]. 动物营养学报, 2019, 31 (12): 5857-5865.

[11] 闫金玲, 王明亚, 范京惠, 等. 枣粉饲料的营养价值及其在动物生产中的应用 [J]. 饲料研究, 2023, 46 (10): 139-143.

[12] 赖景涛, 李秀良, 刘瑞鑫. 红枣粉饲喂泌乳牛和干奶牛的观察报告 [J]. 广西畜牧兽医, 2011, 27 (1): 16-18.

[13] 薄叶峰. 枣粉日粮对肉牛瘤胃发酵及生产性能的影响 [D]. 太原: 山西农业大学, 2015.

[14] 惠浩阳, 杨劲松, 刘帆兴, 等. 残次枣替代玉米对卡拉库尔羊生长性能、血液生化和激素指标的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2022, 58 (11): 245-249.

[15] 李娜娜, 霍永智, 刘柯柯, 等. 枣粉对陕北白绒山羊屠宰性能、肉品质的影响 [J]. 现代畜牧兽医, 2023 (5): 32-37.

[16] 刘永青, 刘辰, 冯泽伟, 等. 枣粉与包被蛋氨酸对育肥牛生长性能、养分表观消化率、瘤胃发酵和血清生化指标的影响 [J]. 动物营养学报, 2022, 34 (2): 1076-1086.

[17] HOPKINS D L, FOGARTY N M, MENZIES D J. Differences in composition, muscularity, muscle: bone ratio and cut dimensions between six lamb genotypes [J]. Meat Sci, 1997, 45 (4): 439-450.

[18] 郑红梅, 王少英, 史新娥. 植物多酚的抗氧化作用及其改善肉质的机制 [J]. 动物营养学报, 2020, 32 (5): 2037-2045.

[19] 杨静, 马力文. 肿瘤与机体抗氧化系统 [J]. 肿瘤防治杂志, 2004 (3): 324-327.

[20] 白冰瑶, 付超, 黄茂沙, 等. 红枣多糖的抗氧化活性及体外模拟消化和酵解研究 [J]. 塔里木大学学报, 2022, 34 (2): 24-34.

[21] CHEN Y Y, GONG X X, YANG T Y, et al. *Ginkgo biloba* L. residues partially replacing alfalfa hay pellet in pelleted total mixed ration on growth performance, serum biochemical parameters, rumen fermentation, immune function and meat quality in finishing haimen white goats [J]. Animals, 2021, 11 (11): 3046.

[22] 王留, 张代, 刘秀玲. 大枣多糖对断奶仔猪血液生理生化指标及抗氧化能力的影响 [J]. 中国猪业, 2013, 8 (4): 60-62.

[23] 钱文熙. 滩羊肉品质研究 [D]. 银川: 宁夏大学, 2005.

[24] 张玉伟, 罗海玲, 贾慧娜, 等. 肌肉系水力的影响因素及其可能机制 [J]. 动物营养学报, 2012, 24 (8): 1389-1396.

[25] SCHAFFER A, ROSENVOLD K, PURSLOW P P, et al. Physiological and structural events post mortem of importance for drip loss in pork [J]. Meat Sci, 2002, 61 (4): 355-366.

[26] 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]. 银川: 宁夏大学, 2014.

[27] WANG M Y, WU L F, GUO Y Q, et al. Effects of fermented herbal tea residue on meat quality, rumen fermentation parameters and microbes of black goats [J]. AMB Express, 2023, 13 (1): 106.

[28] LONG Y, HAN Y, ZHAO Y F, et al. Effect of mulberry leaf TMR on growth performance, meat quality and expression of meat quality master genes (ADSL, H-FABP) in crossbred black goats [J]. Foods, 2022, 11 (24): 4032.

[29] 延志伟. 饲料不同枣粉水平对晋岚绒山羊生产性能及血液理化指标的影响 [D]. 太原: 山西农业大学, 2016.