

刘丰慧,徐途谦,张建丽,等. 发酵饲料对济宁青山羊生长性能及胃肠道菌群的影响[J]. 江苏农业学报,2026,42(6):1211-1217.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2026.06.013

发酵饲料对济宁青山羊生长性能及胃肠道菌群的影响

刘丰慧^{1,2}, 徐途谦², 张建丽^{2,3}, 黄广军², 张文凤², 张俊^{2,3}, 刘艳玲⁴, 刘振⁵,
李隐侠², 孔凡林^{2,3}, 钱勇^{2,3,5}, 孟春花^{2,3,5}, 刘锁珠¹

(1.西藏农牧大学动物科学学院,西藏 林芝 860000; 2.江苏省农业科学院畜牧研究所,江苏 南京 210014; 3.农业部种养结合重点实验室,江苏 南京 210014; 4.南京宝辉生物饲料有限公司,江苏 南京 211100; 5.单县青山羊产业研究院有限公司,山东 菏泽 274300)

摘要: 本研究以济宁青山羊为研究对象,饲喂基础日粮+发酵饲料,以仅饲喂基础日粮为对照(CK),分析复合益生菌发酵饲料对济宁青山羊公羊生长性能、肌肉营养成分及瘤胃、回肠菌群的影响。结果表明,饲喂发酵饲料处理济宁青山羊的平均日增重显著高于对照($P<0.05$),料重比显著低于CK($P<0.05$)。饲喂发酵饲料处理济宁青山羊瘤胃液中乙酸和丙酸含量显著低于对照($P<0.05$);回肠中,饲喂发酵饲料处理的候选糖单胞菌属(*Candidatus_Saccharimonas*)细菌相对丰度显著高于对照($P<0.05$)。相关性分析结果表明,候选糖单胞菌属(*Candidatus_Saccharimonas*)细菌相对丰度与济宁青山羊平均日增重呈正相关($P<0.05$)。表明日粮中添加复合益生菌发酵饲料可改善济宁青山羊公羊的生长性能,其机制可能与调节胃肠道微生态平衡、促进养分消化吸收有关。

关键词: 发酵饲料; 济宁青山羊; 生长性能; 胃肠道菌群

中图分类号: S858.27 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2026)06-1211-07

Effects of fermented feed on growth performance and gastrointestinal microbiota of Jining Grey goats

LIU Fenghui^{1,2}, XU Erqian², ZHANG Jianli^{2,3}, HUANG Guangjun², ZHANG Wenfeng²,
ZHANG Jun^{2,3}, LIU Yanling⁴, LIU Zhen⁵, LI Yinxia², KONG Fanlin^{2,3}, QIAN Yong^{2,3,5},
MENG Chunhua^{2,3,5}, LIU Suozhu¹

(1.College of Animal Science, Xizang Agricultural and Animal Husbandry University, Nyingchi 860000, China; 2.Institute of Animal Husbandry, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 3.Key Laboratory of Crop-Livestock Integration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing 210014, China; 4.Nanjing Baohui Biological Feed Co., Ltd., Nanjing 211100, China; 5.Shan County Grey Goat Industry Research Institute Co., Ltd., Heze 274300, China)

Abstract: In this study, Jining Grey goats were selected as experimental animals. On the basis of basal diet, fermented feed was supplemented to investigate the effects of

收稿日期:2025-11-19

基金项目:江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(23)3081]; 江苏现代农业产业技术体系建设专项[JATS(2023)389]; 山东省重点研发项目(2021LZGC010)

作者简介:刘丰慧(1999-),女,山东成武人,硕士研究生,主要从事动物营养与繁殖研究。(E-mail)574013361@qq.com

通讯作者:刘锁珠,(E-mail)346249610@qq.com;孟春花,(E-mail)mengchunhua@jaas.ac.cn

compound probiotic-fermented feed on growth performance, muscle nutritional components, as well as ruminal and ileal microbiota in male Jining Grey goats, with the control group (CK) fed only the basal diet. The results showed that Jining Grey goats fed fermented feed exhibited significantly higher average daily gain (ADG) and lower feed-to-gain ratio compared with the control

group ($P<0.05$). The contents of acetic acid and propionic acid in rumen fluid were markedly decreased in the fermented feed group ($P<0.05$). In the ileum, the relative abundance of *Candidatus_Saccharimonas* was significantly higher in the fermented feed group ($P<0.05$). Correlation analysis revealed that the relative abundance of *Candidatus_Saccharimonas* was positively correlated with average daily gain of Jining Grey goats ($P<0.05$). In conclusion, dietary supplementation with compound probiotic-fermented feed can improve growth performance of male Jining Grey goats, and the underlying mechanism may be related to regulating gastrointestinal microecological balance and promoting nutrient digestion and absorption.

Key words: fermented feed; Jining Grey goats; growth performance; gastrointestinal microbiota

中国肉羊养殖规模稳居全球首位,绵羊与山羊的存栏数量常年处于世界领先水平^[1],年出栏总量接近 4×10^8 只,羊肉年产量已突破 5×10^6 t。近年来,中国肉羊养殖模式正由传统散养向集约化舍饲转变,饲料结构也随之优化^[2-3]。在此背景下,如何提升肉羊的生长速度、饲料利用效率及羊肉品质,已成为提高养殖效益、推动产业可持续发展的关键。

发酵饲料是指经微生物发酵后形成的富含益生菌活体或其代谢衍生物的饲料制品^[4]。在发酵过程中,有益微生物能将原料中的大分子物质分解为易于吸收的小分子物质,并生成多种具有生物活性的成分^[5-6]。研究表明,发酵过程可以提升饲料适口性,促进动物对营养物质的消化吸收,调节肠道菌群平衡,并增强免疫功能^[7-9]。王晓飞等^[10]研究发现,饲喂经微生物发酵处理的膨化秸秆,可提高杜寒杂交肉羊的饲料摄入量、日增重及养殖经济效益。叶以哲等^[11]发现,补充发酵精料能够提升肉羊生长性能与饲料转化率,同时其所含的乳酸菌有助于抑制有害菌增殖,促进肠道微生态健康。谢建林等^[12]的研究结果表明,饲喂复合菌发酵稻草,可以显著提升安格斯牛瘤胃菌群的多样性与丰富度。

瘤胃中微生物的主要功能为纤维分解,而回肠中微生物主要参与营养物质的精细代谢与免疫调节。目前,对回肠中微生物的系统研究较少。因此,本研究拟在日粮中添加发酵饲料,分析复合菌种发酵饲料对济宁青山羊生长性能、瘤胃发酵特征及胃肠道微生物的影响,以为肉羊高效养殖提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 基础日粮和发酵饲料配方

本研究所用发酵饲料以压片玉米、豆粕、麸皮等为底物,利用乳酸菌、芽孢杆菌和酵母菌等高活性益生菌种,经好氧和厌氧深度发酵制备而成。发酵饲

料中有益菌含量 $\geq 10^8$ CFU/g,含水量 42.35%,黄曲霉毒素 B₁含量 ≤ 20.0 μ g/kg, pH 值 4.45,营养成分含量如表 1 所示。基础日粮配方如表 2 所示,营养成分含量如表 3 所示。

基础日粮和发酵饲料中,干物质含量按照《饲料中水分的测定》(GB/T 6435-2014)进行测定;粗蛋白含量参照《饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法》(GB/T 6432-2018)进行测定;粗脂肪含量参照《饲料中粗脂肪的测定》(GB/T 6433-2006)进行测定;粗灰分含量按照《饲料中粗灰分的测定》(GB/T 6438-2007)进行测定;钙含量参照《饲料中钙的测定》(GB/T 6436-2018)进行测定;磷含量参照《饲料中总磷的测定 分光光度法》(GB/T 6437-2010)进行测定;中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量参考 Soest 等^[13]的方法进行测定。

表 1 发酵饲料营养成分(以干物质计)

Table 1 Nutrient composition of fermented feed (dry matter basis)

成分	含量(%)
粗蛋白	16.86
酸溶蛋白	8.66
粗脂肪	5.71
粗纤维	12.75
中性洗涤纤维	39.07
酸性洗涤纤维	19.17
总酸	3.39
粗灰分	9.62
钙	0.51
磷	0.41

1.2 试验动物饲养管理

试验动物经江苏省农业科学院动物伦理委员会审查和批准(江苏省农业科学院第 63 号)。在山东省单县青山羊产业研究院有限公司种羊场进行,选取 64 只健康济宁青山羊公羊,平均体重为

25.27 kg,日龄为210 d。分别设置发酵饲料饲喂处理(FF)和对照(CK),其中对照济宁青山羊饲喂基础日粮,FF处理每只济宁青山羊饲喂基础日粮+100 g发酵饲料。每处理32只,分成4个圈饲养,每圈8只。日常饲养按照羊场常规管理模式进行。这期间每日观察和记录试验羊只的精神状态、发病和死亡情况,并采集生长性能指标、血清样品等,并于饲喂77 d后屠宰济宁青山羊。

表2 基础日粮配方(以干物质计)

Table 2 Formula of basal diet (dry matter basis)

成分	含量(%)
稻草	22.83
花生秧	6.23
豆渣	29.05
碎玉米	2.49
青贮玉米秸秆	26.98
豆秸粉	3.11
麦皮	0.83
统糠	0.83
白酒糟	2.49
豆皮	4.15
盐	0.25
小苏打	0.25
预混料	0.52

每1 kg预混料包含维生素A 10 000.0 IU、维生素D₃ 1 500.0 IU、维生素E 125.0 IU、烟酸250.0 mg、泛酸75.0 mg、锰0.5 g、铁0.6 g、锌0.5 g、铜0.1 g、钙7.0 g、磷2.0 g。

表3 基础日粮营养成分(以干物质计)

Table 3 Nutrient composition of basal diet (dry matter basis)

成分	含量(%)
粗蛋白	11.18
粗脂肪	5.25
粗灰分	7.22
粗纤维	11.57
中性洗涤纤维	33.50
酸性洗涤纤维	16.74
钙	2.30
磷	0.60

1.3 济宁青山羊生长性能测定

于试验当天和第77 d对济宁青山羊进行空腹称重,记录初始体重和终末体重,并计算平均日增重。

1.4 瘤胃液中挥发性脂肪酸含量测定

屠宰后,采集瘤胃液、回肠食糜及背最长肌,置

于液氮中冷冻,随后转移至-80℃冰箱中保存备用。取1 mL瘤胃液置于2 mL离心管中,加入50 μL 34%磷酸进行酸化,直至pH值<2。摇匀后静置,待泡沫消失,于13 000 g离心10 min。利用0.22 μm滤膜过滤上清液,将滤液转移到气相色谱瓶中测定^[14]。采用气相色谱仪(日本岛津公司产品,型号Nexis GC-2030)测定挥发性脂肪酸含量。

1.5 背最长肌营养成分测定

水分含量参照《食品中水分的测定》(GB/T 50093-2010)进行测定,蛋白质含量参照《食品中蛋白质的测定 凯氏定氮法》(GB/T 50095-2010)进行测定,脂肪含量参照《食品中脂肪的测定》(GB/T 50096-2010)进行测定。

1.6 瘤胃和回肠微生物16S rRNA基因测序分析

瘤胃液及回肠内容物送至百迈客云科技(武汉)有限公司进行16S rRNA基因测序分析。采用Illumina NovaSeq 6000测序仪对双末端小片段文库进行测序,对原始序列进行拼接、质量控制和过滤。获得高质量目标序列后,对其进行聚类或去噪声操作。利用百迈客云平台完成多样性水平测定(包括Alpha多样性和PCoA多样性)、关键差异物种鉴定,以及后续的相关性分析及基因功能预测^[15]。

1.7 统计与分析

采用SPSS 27.0.1对试验数据进行独立样本 t 检验,以 $P<0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 发酵饲料对济宁青山羊生产性能的影响

如表4所示,FF处理济宁青山羊的平均日增重显著高于CK($P<0.05$),料重比显著低于CK($P<0.05$)。

表4 发酵饲料对济宁青山羊生产性能的影响

Table 4 Effects of fermented feed on production performance of Jining Grey goats

指标	CK	FF
初始体重(kg)	25.08±2.82a	25.47±3.77a
终末体重(kg)	29.89±2.37a	31.41±4.15a
平均日增重(g)	68.75±6.88b	84.82±7.51a
干物质采食量(g)	665.00±21.72a	662.34±6.87a
料重比	9.76±1.15a	7.86±0.72b

CK:饲喂基础日粮;FF:饲喂基础日粮+发酵饲料。同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 发酵饲料对济宁青山羊瘤胃液中挥发性脂肪酸含量的影响

如表 5 所示,FF 处理济宁青山羊瘤胃液中乙酸和丙酸含量显著低于 CK ($P<0.05$)。

表 5 发酵饲料对济宁青山羊瘤胃液挥发性脂肪酸含量的影响
Table 5 Effects of fermented feed on volatile fatty acid contents in rumen fluid of Jining Grey goats

指标	CK	FF
乙酸含量 (mmol/L)	3.21±1.65a	0.39±0.07b
丙酸含量 (mmol/L)	0.83±0.33a	0.23±0.11b
异丁酸含量 (mmol/L)	0.05±0.01a	0.10±0.03a
丁酸含量 (mmol/L)	0.40±0.20a	0.12±0.03a
异戊酸含量 (mmol/L)	0.09±0.02a	0.15±0.05a
戊酸含量 (mmol/L)	0.02±0.02a	0.01±0a
乙酸含量与丙酸含量比	3.84±1.19a	1.95±0.80a

CK: 饲喂基础日粮; FF: 饲喂基础日粮+发酵饲料。同一行数据后不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

2.3 发酵饲料对济宁青山羊背最长肌营养成分含量的影响

如表 6 所示,FF 处理济宁青山羊背最长肌中干

表 7 发酵饲料对济宁青山羊瘤胃和回肠细菌群落生物多样性的影响

Table 7 Effects of fermented feed on biodiversity of bacterial communities in rumen and ileum of Jining Grey goats

指标	瘤胃		回肠	
	CK	FF	CK	FF
覆盖度 (%)	99.99±0.003a	99.99±0.001a	99.99±0.006a	100.00±0a
Simpson 指数 (%)	0.94±0.040a	0.92±0.020a	0.94±0.050a	0.97±0.010a
Shannon 指数 (%)	8.32±0.890a	8.10±0.560a	5.87±0.920a	6.59±0.440a
Chao1 指数 (%)	682.00±58.340a	650.25±60.230a	346.90±75.910a	428.33±41.100a
ACE 指数 (%)	682.15±66.450a	650.30±30.120a	346.45±76.050a	428.49±41.110a

CK: 饲喂基础日粮; FF: 饲喂基础日粮+发酵饲料。同一行数据后不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

如图 1 所示,济宁青山羊瘤胃和回肠中,CK 和 FF 处理细菌均无明显的聚集区域。

2.5 发酵饲料对济宁青山羊瘤胃和回肠细菌群落组成的影响

如表 8 所示,济宁青山羊瘤胃中,CK 和 FF 处理之间未培养瘤胃菌属 (*uncultured_rumen_bacterium*) 细菌、RC9 理研菌科 (*Rikenellaceae_RC9_gut_group*) 细菌、普雷沃氏菌属 (*Prevotella*) 细菌、NK4A214_group 细菌、未分类硒单胞菌科 (*unclassified_Selenomonadaceae*) 细菌、*unclassified_F082* 细菌、奎因氏菌属 (*Quinella*) 细菌、瘤胃球菌属 (*Ruminococcus*) 细菌、候选糖单胞菌属 (*Candidatus_Saccharimonas*) 细菌、*unclassified_Bacteroidales_*

物质含量、蛋白质含量和脂肪含量与 CK 相比均无显著差异 ($P>0.05$)。

表 6 发酵饲料对济宁青山羊背最长肌营养成分含量的影响
Table 6 Effects of fermented feed on nutrient contents in the longissimus dorsi muscle of Jining Grey goats

指标	CK	FF
干物质含量 (%)	27.91±1.53a	26.52±1.48a
蛋白质含量 (%)	71.59±5.67a	77.49±4.61a
粗脂肪含量 (%)	20.18±6.21a	15.27±5.15a

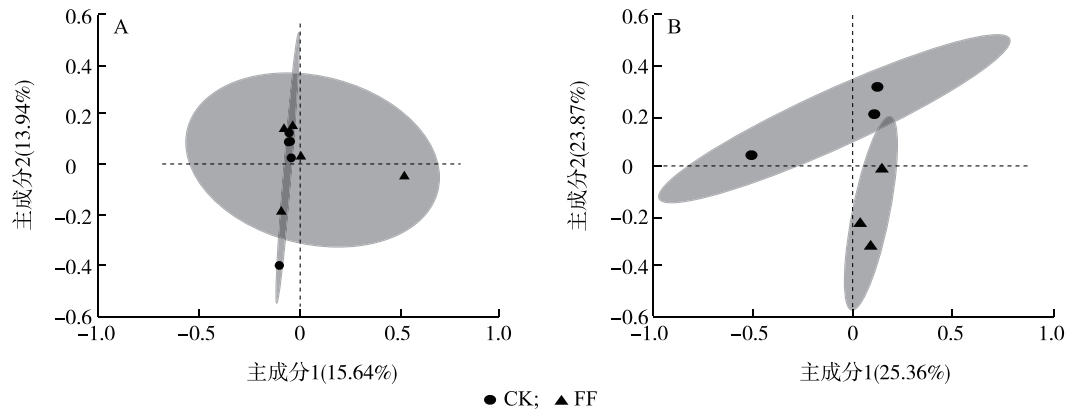
CK: 饲喂基础日粮; FF: 饲喂基础日粮+发酵饲料。同一行数据后不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

2.4 发酵饲料对济宁青山羊瘤胃和回肠细菌多样性的影响

如表 7 所示,CK 与 FF 处理瘤胃及回肠细菌菌落测序覆盖度均高于 99%,表明测序数据量充足,能够覆盖济宁青山羊胃肠道中大部分微生物信息,可进一步统计和分析。FF 处理回肠细菌菌落 Simpson 指数、Shannon 指数、Chao1 指数和 ACE 指数与 CK 相比均无显著性差异 ($P>0.05$)。

RF16_group 细菌相对丰度均无显著差异 ($P>0.05$)。

如表 9 所示,济宁青山羊回肠中,CK 和 FF 处理之间卡多维亚氏菌属 (*Aeriscardovia*) 细菌、毛螺菌科 NK3A20 群 (*Lachnospiraceae_NK3A20*) 细菌、瘤胃球菌属 (*Ruminococcus*) 细菌、双歧杆菌属 (*Bifidobacterium*) 细菌、聚乙酸菌属 (*Acetitomaculum*) 细菌、未培养瘤胃菌属 (*uncultured_rumen_bacterium*) 细菌、*unclassified_Clostridia_UCG_014* 细菌、*Romboutsia* 细菌、未分类双歧杆菌科 (*unclassified_Bifidobacteriaceae*) 细菌相对丰度均无显著差异 ($P>0.05$),FF 处理候选糖单胞菌属 (*Candidatus_Saccharimonas*) 细菌相对丰度显著高于 CK ($P<0.05$)。



CK: 饲喂基础日粮; FF: 饲喂基础日粮+发酵饲料。

图1 发酵饲料对济宁青山羊瘤胃(A)和回肠(B)细菌群落 β 多样性的影响

Fig.1 Effects of fermented feed on beta diversity of bacterial communities in rumen (A) and ileum (B) of Jining Grey goats

表8 发酵饲料对济宁青山羊瘤胃中细菌群落组成的影响

Table 8 Effects of fermented feed on bacterial community composition in the rumen of Jining Grey goats

细菌群落	相对丰度	
	CK	FF
未培养瘤胃菌属(<i>uncultured_rumen_bacterium</i>)	0.09±0.05a	0.12±0.05a
RC9 理研菌科(<i>Rikenellaceae_RC9_gut_group</i>)	0.06±0.03a	0.08±0.02a
普雷沃氏菌属(<i>Prevotella</i>)	0.07±0.04a	0.06±0.03a
NK4A214_group	0.06±0.02a	0.06±0.03a
未分类硝单胞菌科(<i>unclassified_Selenomonadaceae</i>)	0.05±0.04a	0.05±0.02a
unclassified_F082	0.05±0.02a	0.05±0.02a
奎因氏菌属(<i>Quinella</i>)	0.06±0.03a	0.04±0.02a
瘤胃球菌属(<i>Ruminococcus</i>)	0.05±0.02a	0.04±0.03a
候选糖单胞菌属(<i>Candidatus_Saccharimonas</i>)	0.04±0.02a	0.05±0.02a
unclassified_Bacteroidales_RF16_group	0.03±0.01a	0.04±0.01a

CK: 饲喂基础日粮; FF: 饲喂基础日粮+发酵饲料。同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

表9 发酵饲料对济宁青山羊回肠中细菌群落组成的影响

Table 9 Effects of fermented feed on bacterial community composition in the ileum of Jining Grey goats

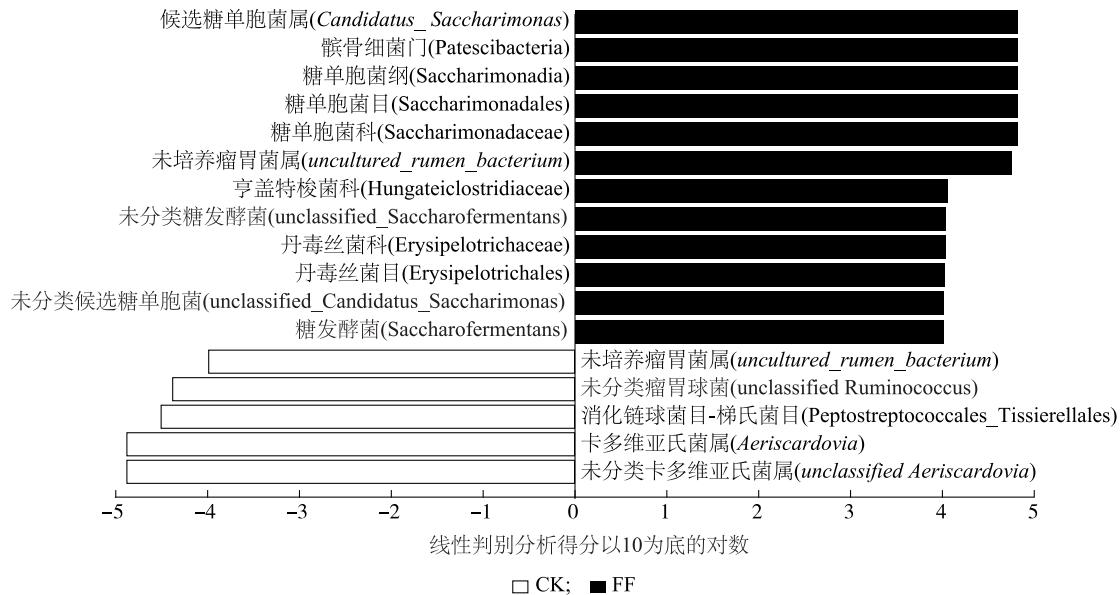
细菌群落	相对丰度	
	CK	FF
卡多维亚氏菌属(<i>Aeriscardovia</i>)	0.22±0.21a	0.05±0.02a
候选糖单胞菌属(<i>Candidatus_Saccharimonas</i>)	0.04±0.05b	0.17±0.06a
毛螺菌科 NK3A20 群(<i>Lachnospiraceae_NK3A20</i>)	0.10±0.05a	0.10±0.03a
瘤胃球菌属(<i>Ruminococcus</i>)	0.11±0.04a	0.08±0.03a
双歧杆菌属(<i>Bifidobacterium</i>)	0.03±0.03a	0.11±0.09a
聚乙酸菌属(<i>Acetitomaculum</i>)	0.07±0.05a	0.03±0.01a
未培养瘤胃菌属(<i>uncultured_rumen_bacterium</i>)	0.03±0.02a	0.03±0.02a
unclassified_Clostridia_UCG_014	0.02±0.02a	0.04±0.01a
Romboutsia	0.05±0.09a	0.000 2±0.000 2a
未分类双歧杆菌科(<i>unclassified_Bifidobacteriaceae</i>)	0.02±0.02a	0.03±0.03a

CK: 饲喂基础日粮; FF: 饲喂基础日粮+发酵饲料。同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.6 不同处理济宁青山羊回肠中标志性细菌

如图 2 所示,CK 济宁青山羊回肠中标志性细菌包括未分类卡多维亚氏菌属(*unclassified Aeriscardovia*)细菌、卡多维亚氏菌属(*Aeriscardovia*)细菌、未培养瘤胃菌属(*uncultured_rumen_bacterium*)细菌、未分类瘤胃球菌(*unclassified Ruminococcus*)、消化链球菌目-梯氏菌目(*Peptostreptococcales_Tis-*

sierellales)细菌。FF 处理济宁青山羊回肠中标志性细菌包括候选糖单胞菌属(*Candidatus_Saccharimonas*)细菌、髌骨细菌门(*Patescibacteria*)细菌、糖单胞菌纲(*Saccharimonadia*)细菌、糖单胞菌目(*Saccharimonadales*)细菌、糖单胞菌科(*Saccharimonadaceae*)细菌、未培养瘤胃菌属(*uncultured_rumen_bacterium*)细菌等。



CK: 饲喂基础日粮; FF: 饲喂基础日粮+发酵饲料。

图 2 不同处理济宁青山羊回肠中标志性细菌

Fig.2 Signature bacteria in the ileum of Jining Grey goats under different treatments

2.7 济宁青山羊回肠中细菌群落与挥发性脂肪酸、生长性能的相关性

如表 10 所示,济宁青山羊回肠中,卡多维亚氏菌属(*Aeriscardovia*)细菌相对丰度与平均日增重呈负相关($P < 0.05$),候选糖单胞菌属(*Candidatus_Saccharimonas*)细菌相对丰度与平均日增重呈正相关($P < 0.05$)。

3 讨论与结论

3.1 发酵饲料对济宁青山羊生长性能和肌肉品质的影响

发酵饲料中的益生菌能够有效分解大分子营养物质及抗营养因子,从而提高饲料养分利用率,改善动物生产性能^[16]。发酵微生物及其产生的消化酶可将大分子蛋白质降解为小分子肽和氨基酸,进而提高肉羊对蛋白质的吸收效率^[17]。此外,发酵过程

中产生的乳酸不仅能增加饲料酸度,还可改善适口性,有助于维持肠道菌群结构稳定^[18]。本研究中,FF 处理济宁青山羊的平均日增重显著高于 CK ($P < 0.05$),料重比显著低于 CK ($P < 0.05$)。表明复合益生菌发酵的饲料可有效提高其生产性能。

3.2 发酵饲料对济宁青山羊胃肠道微生物的影响

消化道不同区段生理功能存在差异。回肠作为营养物质吸收的关键部位,可通过黏膜绒毛摄取未被完全分解的蛋白质和复杂碳水化合物^[19]。本研究发现,FF 处理济宁青山羊回肠中候选糖单胞菌属(*Candidatus_Saccharimonas*)细菌的相对丰度显著高于 CK ($P < 0.05$),该属细菌已被报道具有缓解肠道炎症的作用^[20-21]。相关性分析结果表明,候选糖单胞菌属(*Candidatus_Saccharimonas*)细菌相对丰度与青山羊平均日增重呈正相关($P < 0.05$),其可能通过改善肠道健康促进营养吸收,进而使济宁青山羊平均日增重增加。

表 10 济宁青山羊回肠中细菌群落与挥发性脂肪酸、生长性能的相关性

Table 10 Correlations of ileal bacterial communities with volatile fatty acids and growth performance in Jining Grey goats

指标	相关系数				
	乙酸含量	丙酸含量	脂肪含量	平均日增重	屠宰率
卡多维亚氏菌属(<i>Aeriscardovia</i>)细菌相对丰度	0.45	0.48	0.46	-0.62 *	-0.65
Romboutsia 细菌相对丰度	0.35	0.38	0.36	-0.58	-0.52
聚乙酸菌属(<i>Acetivibrio</i>)细菌相对丰度	0.28	0.32	0.30	-0.55	-0.60
瘤胃球菌属(<i>Ruminococcus</i>)细菌相对丰度	0.25	0.30	0.28	-0.50	-0.56
候选糖单胞菌属(<i>Candidatus_Saccharimonas</i>)细菌相对丰度	-0.62	-0.60	-0.63	0.58 *	0.62
未分类梭菌目 UCG-014 群(unclassified_Clostridiales_UCG_014)细菌相对丰度	-0.45	-0.48	-0.46	0.42	0.45
双歧杆菌属(<i>Bifidobacterium</i>)细菌相对丰度	-0.28	-0.32	-0.30	0.35	0.38
未分类双歧杆菌科(unclassified_Bifidobacteriaceae)细菌相对丰度	-0.15	-0.18	-0.16	0.25	0.28
毛螺菌科 NK3A20 群(Lachnospiraceae_NK3A20)细菌相对丰度	-0.10	-0.12	-0.11	0.15	0.18

* 表示相关性显著($P<0.05$)。

参考文献:

- [1] 刘恩民,卢增奎,乐祥鹏. 我国养羊业现状及未来发展思考[J]. 中国畜牧业,2018(9):34-35.
- [2] 熊逸林,罗鑫茂,赵文,等. 我国肉羊产业健康高效发展路径探索[J]. 现代农业科技,2025(8):178-181.
- [3] 金海. 中国肉羊产业现状及高效养殖模式的探讨[J]. 现代农业,2024,49(1):3-6.
- [4] 张遨然,魏明,王红梅,等. 生物发酵饲料在无抗养猪生产上的应用研究进展[J]. 猪业科学,2021,38(1):42-46.
- [5] 叶成智. 生物发酵饲料对肉鸡生长、肠道健康及肉品质的影响[D]. 南京:南京农业大学,2020.
- [6] CZECH A, GRELA E R, KIESZ M. Dietary fermented rapeseed or/and soybean meal additives on performance and intestinal health of piglets[J]. Scientific Reports,2021,11(1):16952.
- [7] QIN H B, WU H B, SHEN K, et al. Fermented minor grain foods:classification, functional components, and probiotic potential[J]. Foods,2022,11(20):3155.
- [8] NKHATA S G, AYUA E, KAMAU E H, et al. Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes[J]. Food Science & Nutrition,2018,6(8):2446-2458.
- [9] 余苗,邓衍柏,李贞明,等. 微生物发酵饲料在养猪生产中的应用[J]. 广东畜牧兽医科技,2021,46(1):1-8.
- [10] 王晓飞,高源,田丰,等. 膨化秸秆微生物发酵饲料对杜寒杂交肉羊生长性能和胃肠道发育的影响[J]. 畜牧与饲料科学,2022,43(2):28-34.
- [11] 叶以哲,夏宗群,娄佐武,等. 微生物发酵秸秆日粮对湖羊育肥性能及其肠道微生物群落结构的影响[J]. 江西农业大学学报,2021,43(4):881-890.
- [12] 谢建林,张巧娥,张转弟,等. 复合菌发酵稻草对安格斯牛生长性能、瘤胃发酵参数及菌群结构的影响[J]. 动物营养学报,2021,33(5):2738-2751.
- [13] SOEST P J V, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. Journal of Dairy Science,1991,74(10):3583-3597.
- [14] 张敏,孔祥平,叶牧,等. 微生物预处理餐厨垃圾对黑水虻生长发育的影响[J]. 生物加工过程,2023,21(6):662-669.
- [15] 王璐,向东,张艳,等. 无菌检查中污染微生物多样性分析及数据偏差调查[J]. 中国药业,2024,33(8):67-70.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] CHEN J, MOU L Y, WANG L, et al. Mixed *Bacillus subtilis* and *Lactiplantibacillus plantarum*-fermented feed improves gut microbiota and immunity of Bamei piglet[J]. Frontiers in Microbiology,2024,15:1442373.
- [19] LV H J, HUANG Y, WANG T, et al. Microbial composition in the duodenum and ileum of yellow broilers with high and low feed efficiency[J]. Frontiers in Microbiology,2021,12:689653.
- [20] GE H F, CAI Z Z, CHAI J L, et al. Egg white peptides ameliorate dextran sulfate sodium-induced acute colitis symptoms by inhibiting the production of pro-inflammatory cytokines and modulation of gut microbiota composition[J]. Food Chemistry,2021,360:129981.
- [21] HUANG Y N, YANG Q, MI X, et al. Ripened Pu-erh tea extract promotes gut microbiota resilience against dextran sulfate sodium induced colitis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2021,69(7):2190-2203.

(责任编辑:成纾寒)