

中药-菌酶协同发酵桑叶生产无抗青贮饲料的工艺优化及其养殖应用

李海洲¹, 饶百全², 陈康¹, 雷发亮², 焦锋^{3*}

1. 安康市蚕桑产业发展中心, 陕西安康 725000;

2. 紫阳县呗呗鲜食品科技开发有限公司, 陕西紫阳 725300;

3. 西北农林科技大学蚕桑丝绸研究所, 陕西杨凌 712100

摘要 [目的]为缓解饲料资源短缺与抗生素滥用问题,探索以蛋白桑与中药材协同发酵生产无抗青贮饲料的新途径,实现“减粮”与“减抗”的双重目标。[方法]采用复合菌酶制剂(植物乳杆菌+枯草芽孢杆菌+纤维素酶+木聚糖酶)配伍黄芪、金银花等中药,对蛋白桑进行协同发酵。以pH值、乳酸含量及霉菌数量为主要指标评价发酵品质。通过养殖试验(猪60头养殖90 d、山羊40只养殖120 d)评估其对猪和山羊生长、健康及肉品质的影响。[结果]该技术使青贮pH降至4.0,乳酸含量提升37.1%,粗蛋白保存率达95.1%。养殖结果显示:试验组猪和山羊的平均日增重均优于对照组;猪腹泻率和呼吸道疾病发生率均降低46.8%,山羊疾病总发病率降低47.4%,且猪肠道健康显著改善。同时,猪肉眼肌面积提高48.49%,背膘厚度与蒸煮损失显著降低,肉品质全面提升。[结论]蛋白桑与中药材协同发酵技术可生产优质无抗饲料,能有效替代豆粕、促进动物健康并改善肉质。

关键词 蛋白桑; 中药替抗; 无抗青贮; 减粮替代; 协同发酵

Optimizing the technology of producing antibiotic-free silage from mulberry leaves via synergistic fermentation of traditional Chinese medicine-enzyme and its application in animal husbandry

LI Haizhou¹, RAO Baiquan², CHEN Kang¹, LEI Faliang², JIAO Feng^{3*}

1. Ankang Sericulture Industry Development Center, Ankang 725000, China;

2. Ziyang County Beibeixian Food Technology Development Co., Ltd., Ziyang 725300, China;

3. Institute of Sericulture and Silk, Northwest A&F University, Yangling 712100, China

Abstract [Objectives] A new approach to produce antibiotic-free silage via synergistic fermentation of forage mulberry and traditional Chinese medicine (TCM) was studied to achieve the dual goals of "reducing grain" and "reducing antibiotics" and alleviate the shortage of feed resources and the abuse of antibiotics. [Methods] Forage mulberry was subjected to synergistic fermentation of TCM including Huangqi and honey-suckle in combination with a composite bacterial enzyme preparation consisted of *Lactobacillus plantarum* +

收稿日期: 2025-09-26

基金项目: 陕西省重点研发计划项目“秦创原产业聚集区四链融合富硒蛋白桑畜禽饲料产品生产关键技术研究及示范推广”(2024CY-JJQ-30); 陕西省重点研发计划项目“富硒桑叶青贮饲料加工技术集成与示范”(2024NC-YBXM-085)

作者简介: 李海洲, 男, 1976年生, 农艺师。*通信作者: 焦锋, 男, 1968年生, 博士, 研究员。

Bacillus subtilis + cellulase + xylanase. The quality of fermentation was evaluated based on main indexes including the pH value, the content of lactate, and the quantity of mold. The effects of the quality of fermentation on the growth, health, and meat quality of pigs and goats were evaluated through experiments of farming 60 pigs for 90 days and 40 goats for 120 days. [Results] The developed technology reduced the pH of silage to 4.0, increased the content of lactate by 37.1%, and had a preservation rate of crude protein up to 95.1%. The average daily weight gain of pigs and goats in the experimental group was better than that in the control group. The incidence of diarrhea and respiratory diseases in pigs and the total incidence rate of goat diseases decreased by 46.8% and 47.4%, with the significant improvement in the intestinal health of pigs. Meanwhile, the area of eye muscle in pork increased by 48.49%, the backfat thickness and cooking loss were significantly reduced, and the meat quality was comprehensively improved. [Conclusions] The technology of synergistic fermentation with forage mulberry and traditional Chinese medicine can produce antibiotic-free feed with high-quality, which can effectively replace soybean meal, promote the health of animals, and improve the quality of meat.

Keywords forage mulberry; traditional Chinese Medicine (TCM); antibiotic-free silage; reduction and substitution of grain; synergistic fermentation

随着我国畜牧业规模化发展,饲料资源短缺和抗生素滥用问题日益突出。2024年,我国大豆进口量高达1.05亿t,大豆进口依存度高达83.7%,亟需开发本土优质蛋白饲料资源^[1]。同时,为预防疾病而滥用抗生素导致的细菌耐药性问题已构成重大公共卫生风险^[2]。自2020年我国全面禁止饲料中添加抗生素后^[3],开发安全高效的替代资源成为研究热点。

在此背景下,具有“药食同源”功效的桑叶作为饲料资源日益受到关注^[4]。桑树作为我国传统作物,具有生物量大、适应性强等特点。最新研究表明,桑叶干物质中粗蛋白含量达20%~30%,富含黄酮类等生物活性物质^[5]。桑叶作为传统中药材,具有疏散风热、清肺润燥、清肝明目等功效^[4]。现代研究还发现其含有的多种有效成分,可能对调节血糖、血脂及抗氧化有辅助作用^[6],为减少抗生素的使用提供了可能。通过青贮加工,可有效保存桑叶营养成分,改善适口性^[7]。2025年发布的《养殖业节粮行动实施方案》明确提出,到2030年,豆粕在饲料中用量占比需降至10%左右,非粮饲料资源开发利用产能达1 000万t以上,为桑叶等非粮饲料资源开发提供了政策支持^[8]。在抗生素替代品研究中,中草药添加剂展现出独特优势,“中药—益生菌”协同替抗模式在畜禽健康养殖中取得显著成效^[9-10]。中药活性成分与益生菌具有协同增效作用。黄芪多糖、金银花绿原酸等物质能促进植物乳杆菌增殖,同时增强其代谢活性,而益生菌发酵过程又促进中药材

活性成分释放。

本研究通过开发桑叶这一本土非粮蛋白资源,融合中药、益生菌、酶解技术于青贮过程,构建中药—菌酶协同发酵工艺,构建无抗青贮饲料生产体系,并系统评价其在动物养殖中的减粮替抗效果,旨在为推进畜牧业绿色转型提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 蛋白桑原料。采用大叶高产蛋白桑品种“粤桑5号”,于株高80~100 cm刈割,茎粗0.6 cm以上,留茬高度15 cm。鲜样基础成分为:粗蛋白19.6% (DM基础)、中性洗涤纤维41.3%、酸性洗涤纤维29.7%。切碎至2~3 cm段,摊晾至含水量(60±2)%,避免汁液流失。

2) 中草药。基于中医现代药理研究,筛选具有免疫增强(黄芪、茯苓)、广谱抗菌抗病毒(板蓝根、黄柏、蒲公英)及抗炎(白芍)功能的六味中药材:黄芪具有增强免疫功能,其多糖和皂苷可促进分泌型免疫球蛋白A(SIgA)分泌^[11];板蓝根具有抗病毒、抗菌、抗炎作用,其有效成分为靛玉红和靛蓝^[12];蒲公英具有抗氧化、抑菌和调节免疫的功效,含有萜类和黄酮等活性成分^[13];黄柏的主要成分小檗碱具有广谱抗菌、抗炎和清热燥湿作用^[14];茯苓中的β-茯苓聚糖能调节免疫、抗肿瘤^[15];白芍中的芍药苷有抗炎作用^[16]。这些中草药的组合可从增强免疫、抗菌消炎、抗氧化等多个方面协同作用,以达到替代

抗生素、促进畜禽健康的目的。混合后粉碎过孔径 0.25 mm 筛,无需浸提浓缩,复配组成中药复合添加剂。

3) 发酵菌剂。复合菌制剂:植物乳杆菌(*Lactiplantibacillus plantarum*)与枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)的质量比为 5:3,其中植物乳杆菌 $\geq 5 \times 10^9$ CFU/g,枯草芽孢杆菌 $\geq 3 \times 10^9$ CFU/g。该比例下两种菌能较好地协同作用,植物乳杆菌可快速降低青贮 pH 值,枯草芽孢杆菌能分泌多种酶类,有助于饲料的降解和营养释放。

复合酶制剂:纤维素酶(≥ 5000 CFU/g)+木聚糖酶(≥ 8000 CFU/g);菌酶复合组:上述菌剂与酶制剂按 2:1 的质量比混合。

1.2 中草药复方配比试验设计

参考文献[17-19]的设计和预试验结果,综合考虑各中草药的功效以及在青贮饲料中的应用效果,确定基础配方为:黄芪 15%+板蓝根 20%+蒲公英 15%+黄柏 10%+茯苓 25%+白芍 15%(作为基准对照组,记为 T0)。采用单因素轮换法,即在基准配方(T0)的基础上,每次显著提高 1 种药材的比例(幅度 10%),同时微调其他药材比例以维持总和 100%,从而观察单成分的作用。验证并优化由黄芪、板蓝根、蒲公英、黄柏、茯苓、白芍组成的复方添加剂在桑叶青贮中的应用效果,并得出最佳配比。

CK:空白对照组,不添加任何中草药;T0:基准配方组;T1:高黄芪组,侧重免疫抗炎;T2:高板蓝根组,侧重抗菌;T3:高蒲公英组,侧重清热解毒;T4:高黄柏组,侧重清热解毒;T5:高茯苓组,侧重抗菌;T6:高白芍组,侧重免疫抗炎。

将所有中草药复方按设计比例混合,粉碎过孔径 0.25 mm 筛。以新鲜桑叶为原料,按干物质质量的 1% 均匀添加各处理的中药添加剂。每个处理设 3 个重复,装入青贮袋,压实密封,在(25±2) °C 下发酵 60 d。

发酵结束后,分别测定关键指标:pH 值、乳酸(LA)含量和霉菌数量,对应参照 GB/T 9724—2007《化学试剂 pH 值测定通则》、GB 5009.157—2003《食品中有机酸的测定》和 GB/T 13092—2006《饲料中霉菌总数的测定》规定的方法进行检验。

1.3 青贮发酵工艺设计

采用三因素三水平正交试验设计($L_9(3^4)$),考察中药添加比例(0.5%、1.0%、1.5%)、菌酶复合方式(复合菌剂、复合酶剂、菌酶复合)、物料混配比例(蛋白桑单贮,蛋白桑:王草=3:1,蛋白桑:玉米粉=98:2)对青贮品质的影响。每处理设 6 个重复,原料经切碎(2~3 cm)后,按表 1 设计添加各种菌酶制剂,装入聚乙烯青贮袋(30 cm×50 cm),真空密封,25 °C 发酵 60 d。

表 1 青贮饲料处理组设计

组别	原料组合	中药比例/%	添加剂类型	发酵参数
D	蛋白桑	0	无添加	pH 4.8, LA 3.2%
1	蛋白桑	0.5	复合菌剂	pH 4.5, LA 3.8%
2	蛋白桑	1.0	复合酶剂	pH 4.4, LA 4.1%
3	蛋白桑	1.5	菌酶复合	pH 4.2, LA 4.5%
4	蛋白桑:王草=3:1	0.5	复合酶剂	pH 4.3, LA 4.0%
5	蛋白桑:王草=3:1	1.0	菌酶复合	pH 4.1, LA 4.6%
6	蛋白桑:王草=3:1	1.5	复合菌剂	pH 4.4, LA 3.9%
7	蛋白桑:玉米粉=98:2	0.5	菌酶复合	pH 4.0, LA 4.8%
8	蛋白桑:玉米粉=98:2	1.0	复合菌剂	pH 4.2, LA 4.3%
9	蛋白桑:玉米粉=98:2	1.5	复合酶剂	pH 4.3, LA 4.2%

1.4 桑叶青贮饲料养猪试验

1) 试验设计与饲养管理。本试验在石泉县炳辉生态养殖有限公司进行,选用 60 头健康状况良好、120 日龄、体重约 60 kg 的“杜×长×大”三元杂交阉公猪,随机分为试验组和对照组,每组 30 头。对照组饲喂满足营养需求的基础日粮,试验组在基础日粮中添加 5%~20% 的桑叶青贮饲料替代部分日

粮。试验设 10 d 预试期(添加 5% 桑叶青贮饲料)和 80 d 正试期(添加量逐步增至 20%)。试验期间保持猪舍清洁干燥,定时定量饲喂,自由饮水。

2) 健康监测与疾病诊断。每日观察猪群精神状态、食欲及粪便性状。发现疑似病猪立即隔离,对腹泻猪采集新鲜粪便样本进行病原学诊断,包括细菌分离培养(大肠杆菌、沙门氏菌)和病毒检测

(猪流行性腹泻病毒、传染性胃肠炎病毒)^[20]。对呼吸道疾病通过症状观察结合肺部听诊诊断,必要时进行血液学检查和影像学检查^[21]。记录发病率用药情况。

3)测定指标。试验始末分别称体重,计算平均日增重和料重比。试验结束后每组随机选取 10 头猪进行屠宰,分别测定眼肌面积、pH 值、肉色、大理石纹、蒸煮损失和滴水损失等肉质指标。

1.5 青贮饲料养羊试验

1)试验设计与饲养管理。在紫阳县沃农生态农业有限公司选取 40 只 90 日龄、平均体重 30 kg 的努比亚公山羊,免疫驱虫后随机分为对照组和试验组,每组 20 只。对照组饲喂玉米青贮饲料,试验组饲喂富硒桑叶青贮饲料,2 组日粮均包含 0.6 kg 青贮料、0.25 kg 大蒜皮、0.25 kg 花生秧和 0.25 kg 自配精料补充料。试验周期 120 d,采用封闭舍饲,自由饮水,下午补充精料。

2)健康监测与疾病诊断。每日观察山羊采食、反刍、精神状态及粪便情况。对疑似患病羊测量体温,通过触诊瘤胃、观察粪便性状及听诊瘤胃蠕动音诊断胃肠道疾病^[22]。记录发病率及治疗情况。

3)测定指标。试验始末空腹称重,计算平均日增重和料重比。试验结束后每组随机选取 10 只羊屠宰,分别测定宰前活重、胴体重、屠宰率、净肉率

等屠宰性能指标,采集背最长肌样本测定 pH 值、肉色和大理石纹评分等肉质指标。

1.6 数据处理

猪羊养殖试验的生产指标数据用 Excel 2003 初步整理统计,采用 SPSS 19.0 软件分析,用 *t* 检验进行差异显著性分析,结果以“平均值±标准差”表示, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 中草药复方配比试验

添加不同比例中药材的桑叶青贮发酵结果见图 1。由图 1 可见,T0 组的乳酸含量显著高于其他所有组,同时其 pH 值最低。这表明 T0 配方创造了最佳的发酵环境,能最有效地促进植物乳杆菌等乳酸菌的繁殖,将可溶性碳水化合物转化为乳酸。T0 组乳酸含量最高(6.5%)和 pH 值最低(3.95),创造了强酸性、高乳酸的优质青贮环境。T0 组的霉菌数量仅为 2.3 logCFU/g,远低于 CK 组的 3.9 logCFU/g,也显著低于其他试验组。这充分证明了 T0 配方“霉变风险极低”。

通过单因素轮换法证实,偏离 T0 比例的设计都会导致青贮品质在某个或多个方面的下降,T0 配方中六味药材比例的科学与协同性,是生产出优质桑叶青贮无抗饲料的关键。

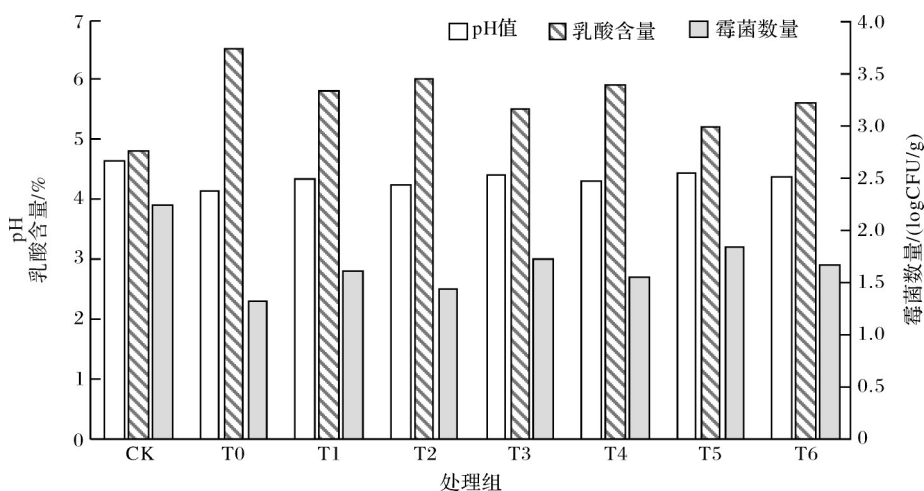


图 1 添加不同比例中药材的桑叶青贮发酵结果对比

2.2 青贮发酵品质分析

正交试验结果如表 2 所示。由表 2 可见,不同处理组对饲料的青贮品质影响显著。第 7 组为最优组合(蛋白桑:玉米粉=98:2,添加 0.5% 中药+菌酶复合制剂),发酵品质最佳,使饲料的 pH 降至 4.0,较

对照组降低 16.7%;乳酸含量达 4.8%,提高 37.1%;氨态氮/总氮比值(NH₃-N/TN)降至 5.8%,降幅达 42.0%。

2.3 猪的生长性能及肉质指标

1)生长性能。试验期间各组猪生长性能指标

表 2 不同处理组青贮饲料发酵品质比较(青贮 60 d)

组别	pH	乳酸/%	乙酸/%	(NH ₃ -N/ TN)/%	CP 保存 率/%
D	4.8±0.1	3.5±0.2	1.5±0.1	10.0±0.5	82.3±1.2
1	4.5±0.1	3.8±0.3	1.6±0.1	8.2±0.4	86.7±1.0
2	4.4±0.1	4.1±0.2	1.5±0.1	7.6±0.3	88.3±1.0
3	4.2±0.1	4.5±0.2	1.4±0.1	6.5±0.3	91.5±0.9
4	4.3±0.1	4.0±0.2	1.5±0.1	7.1±0.3	90.0±1.0
5	4.1±0.1	4.6±0.3	1.3±0.1	6.0±0.3	93.2±1.1
6	4.4±0.1	3.9±0.2	1.5±0.1	7.6±0.3	88.3±1.0
7	4.0±0.1	4.8±0.2	1.2±0.1	5.8±0.2	95.1±0.8
8	4.2±0.1	4.3±0.2	1.4±0.1	6.5±0.3	91.5±1.0
9	4.3±0.1	4.2±0.2	1.5±0.1	7.1±0.3	90.0±1.0

见表 3。试验组(5%~20%桑叶青贮)在平均日增重(ADG)上高于对照组($P<0.05$),料重比(FCR)显著降低($P<0.05$),表明桑叶青贮饲料可促进生长并提高饲料利用率。在干物质采食量完全相同的前提下,使用桑叶青贮替代部分基础日粮,显著改善了饲料的转化效率。使用桑叶青贮饲料替代部分基础日粮,能在维持采食量的前提下,有效提高动物的饲料利用效率和生长速度。

表 3 桑叶青贮饲料对猪生长性能的影响($n=30$)

指标	对照组	试验组 (桑叶青贮)
初始体重/kg	60.1±0.9a	60.0±0.8a
末体重/kg	132.5±3.5b	133.2±3.2a
平均日增重/g	805.6±35.8b	814.4±32.6a
平均日采食量/(kg/d)	2.50±0.08a	2.50±0.07a
料重比(FCR)	3.10±0.12a	3.07±0.10b

注:同行相同字母表示差异不显著($P<0.05$),不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

2)抗病能力。桑叶中草药复合青贮饲料对试验猪常见病预防抑制作用的结果见表 4。对于腹泻率,试验组为 5.6%,较对照组降低 46.7%($P<0.05$);对于呼吸道疾病,试验组 5.1%,较对照组降低 37.8%;对于肠道菌群,试验组粪便大肠杆菌数降低 2 个数量级,乳酸菌数增加 20.6%。结果表明,桑叶青贮饲料显著降低了试验动物的常见病发病率,并优化了肠道菌群。这源于:①青贮产生的有机酸(尤其乙酸);②中草药释放的小檗碱、靛玉红;③乳酸菌抗菌肽三方面的协同作用。这种效果是桑叶基础营养、中草药活性成分、青贮发酵产生的有益代谢物(如乳酸、乙酸)及益生菌共同作用的结果,体现了整合处理方案的协同优势。

表 4 桑叶青贮饲料对猪抗病能力的影响($n=30$)

常见病	对照组发病率/%	试验组发病率/%
流行性腹泻	10.5±1.2	5.6±0.8
呼吸道疾病综合征	8.2±0.3	5.1±0.1
粪便大肠杆菌/(log CFU/g)	7.3±0.2	5.1±0.3
粪便乳酸菌/(log CFU/g)	6.8±0.3	8.2±0.2

3)屠宰性能与肉质指标。由表 5 可见,试验组的屠宰率略高于对照组($P>0.05$),背膘厚显著降低($P<0.05$)。试验组的猪肉 pH_{45 min}显著高于对照组($P<0.05$),滴水损失降低 25%($P<0.05$);肉色(L^* 值降低 7.3%), L^* 越低表示肉色越红;眼肌面积增加 48.7%,蒸煮损失降低 15.88%,大理石纹评分显著改善($P<0.05$)。结果表明桑叶青贮饲料能促进蛋白质沉积,改善肌肉脂肪分布,并提升肉品的多项关键品质指标。

表 5 桑叶青贮饲料对猪屠宰性能及肉质的影响($n=30$)

指标	对照组	试验组(桑叶青贮)
屠宰率/%	74.3±1.5	75.1±1.6
背膘厚度/mm	18.2±0.8a	16.5±0.7b
pH _{45 min}	6.05±0.12b	6.32±0.10a
滴水损失/%	4.8±0.3a	3.6±0.2b
肉色(L^* 值)	52.1±1.2a	48.3±1.1b
大理石纹评分	2.8±0.2b	3.5±0.3a
蒸煮损失/%	17.0±0.8a	14.3±0.7b
眼肌面积/cm ²	32.6±1.5b	48.5±2.1a

2.4 羊的生长性能及肉质指标

1)生长性能。由表 6 可见,对照组与试验组初始体重无显著差异,试验起始条件一致,具有可比性。试验组末体重显著高于对照组($P<0.05$),差异约为 1.1 kg。试验组的平均日增重显著高于对照组($P<0.05$),绝对差异为 8.8 g/d,相对提高 3.4%。两组间平均日采食量无显著差异($P>0.05$),表明饲料适口性相当。试验组料重比显著低于对照组($P<0.05$),相对降低 3.8%。

2)抗病能力。由表 7 可见,与饲喂传统玉米青

表 6 桑叶青贮饲料对羊生长性能的影响($n=20$)

指标	对照组	试验组
初始体重/kg	30.0±0.9a	30.1±0.8a
末体重/kg	61.3±3.2b	62.4±2.9a
平均日增重/g	260.4±26.7b	269.2±24.1a
平均日采食量/kg	1.94±0.18a	1.93±0.16a
料重比(FCR)	7.45±0.35a	7.17±0.31b

贮的对照组相比,饲喂富硒桑叶青贮饲料的试验组努比亚山羊,在各种常见病的发生率上均有显著下降,平均总发病率降低约 47.4%,表明富硒桑叶青贮饲料能有效增强山羊的抗病能力。饲喂富硒桑叶青贮饲料显著优化了山羊的肠道菌群结构。具体表现为:抑制了条件性致病菌大肠杆菌的增殖,同时促进了有益菌如乳酸菌的定殖。这种变化使得肠道内有益菌占绝对优势,形成了更健康的微生态环境。

表 7 桑叶青贮饲料对育肥羊抗病能力的影响($n=20$)

常见病	对照组发病率/%	试验组发病率/%
腹泻	18.5±2.1	9.2±1.5
羊瘤胃酸中毒	8.3±1.2	3.6±0.8
呼吸道感染	12.1±1.7	7.8±1.1
粪便大肠杆菌/(log CFU/g)	6.8±0.3	5.2±0.2
粪便乳酸菌/(log CFU/g)	7.2±0.4	8.5±0.3

3) 屠宰性能与肉质指标。由表 8 可见,试验组屠宰率显著高于对照组($P<0.05$),绝对差异为 0.9%,相对提高 1.8%。两组在宰后 45 min 和 24 h 的 pH 值无显著差异($P>0.05$),表明富硒桑叶青贮饲料未对肌肉糖原酵解过程产生不利影响,羊肉的正常酸化过程得以保持。试验组大理石纹评分显著高于对照组($P<0.05$)。这表明富硒桑叶青贮饲料改善了肌肉脂肪的沉积,提高了肉的食用品质和经济价值。试验组蒸煮损失显著低于对照组($P<0.05$)。试验组失水率显著低于对照组($P<0.05$),表明富硒桑叶青贮饲料显著改善了羊肉的保水性能。试验组肉色红度(a^* 值)显著高于对照组($P<0.05$),表明试验组羊肉具有更鲜艳的红色。对于亮度和黄度值,两组间无显著差异($P>0.05$)。

表 8 桑叶青贮饲料对羊屠宰性能与肉质的影响($n=20$)

指标	对照组	试验组
屠宰率/%	51.2±1.3b	52.1±1.1a
肌肉 pH _{45 min}	6.52±0.15a	6.48±0.13a
肌肉 pH _{24 h}	5.72±0.12a	5.68±0.10a
大理石纹评分	3.2±0.4b	3.6±0.3a
蒸煮损失/%	32.5±1.8a	30.2±1.6b
肉色亮度(L^*)	42.6±2.1a	43.8±1.9a
肉色红度(a^*)	16.8±1.2b	17.9±1.1a
肉色黄度(b^*)	8.5±0.9a	8.7±0.8a

3 讨论

本研究构建了“中药—菌酶协同发酵桑叶”生产无抗青贮饲料的集成工艺。确定了由黄芪(15%)、板蓝根(20%)、蒲公英(15%)、黄柏(10%)、茯苓(25%)和白芍(15%)组成的中草药复方,该配方可显著改善桑叶青贮的发酵品质。通过工艺优化,得出最佳青贮条件:以蛋白桑与玉米粉按 98:2 比例混合为原料,添加 1% 上述中草药复方及菌酶复合制剂。

该优化效果主要源于中药成分对益生菌的促生长作用、酶制剂对植物细胞壁的有效降解,以及菌酶协同对发酵环境的快速调控^[23]。养殖试验结果表明,桑叶青贮饲料能够同步实现“减粮”与“替抗”双重目标。在疾病预防和肠道菌群优化方面,桑叶提供膳食纤维和多酚等益生元成分^[24];中草药贡献免疫调节与抗菌活性物质;青贮过程中产生的乳酸、乙酸等有机酸直接抑制病原菌^[25];外源添加的益生菌则有助于建立优势肠道菌群结构^[26]。上述多因素的协同作用共同促进了动物健康。此外,肉质指标的全面提升,可能与桑叶及中草药中抗氧化成分减轻脂质过氧化有关,这为生产高品质畜产品提供了新的技术路径。与传统替抗产品相比,“中药—菌酶协同发酵桑叶青贮饲料”技术构建了一个多功能整合系统,实现了从“单一替代”向“整合赋能”的转变。常见的替抗技术如单一益生菌、有机酸或植物提取物等多针对特定问题(如调节肠道或抑制病原菌)^[27],功能相对单一,且在高比例替代豆粕方面能力有限。本研究构建的系统通过发酵工艺将“减粮”(桑叶替代豆粕)与“替抗”(中药—菌酶功能)有机融合,既作为蛋白饲料来源,又通过发酵产物和中药成分发挥保健功能,通过益生菌定植、有机酸抑菌和中药免疫调节等多途径协同,有效突破了高蛋白桑叶青贮的技术瓶颈。

但本研究仍存在一定局限性。其工艺涉及中药配伍、菌剂制备和可控发酵等多个环节,复杂程度显著高于市售益生菌或有机酸产品;作为生物发酵产品,其品质易受原料批次和发酵环境(温度、湿度等)波动影响,对标准化生产和质量稳定性控制提出了更高要求^[28];此外,该饲料的添加比例存在上限,在面对烈性传染病时,其保健作用不能完全替代必要的疫苗免疫程序,相关防控措施仍需审慎

评估。

4 结 论

蛋白桑与中药材协同发酵生产无抗青贮饲料在减量替代豆粕和减少抗生素应用方面具有双重重要意义。通过发酵工艺优化,不仅提升了青贮饲料品质,而且在动物养殖试验中,使用该无抗青贮饲料部分替代豆粕后,动物生长性能稳定,健康状况良好,充分证明了其在实际生产中的可行性与有效性。

桑叶青贮饲料符合国家《养殖业节粮行动实施方案》的政策导向,为 2030 年豆粕用量占比降至 10% 以下的目标提供了可行路径。通过技术创新和政策支持,可在保障畜牧业可持续发展的同时,实现豆粕减量替代和抗生素减排的双重目标,具有广阔的推广应用前景。

参 考 文 献

- [1] 张璟,郭宇桥.大豆市场展望:产能持续增长 自给率逐步提高[J]. 中国农村科技,2025(6):16-19.
- [2] World Health Organization(WHO). Antimicrobial resistance: global report on surveillance[R].Geneva:World Health Organization,2014.
- [3] 农业农村部.中华人民共和国农业农村部公告第 194 号:农业农村部发布药物饲料添加剂退出计划[J]. 湖南饲料,2019(4):15.
- [4] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[M].北京:中国医药科技出版社,2010.
- [5] 刘恒见,胡好,蓝雪源,等.桑枝叶作为饲用原料的应用研究进展[J].广东蚕业,2024,58(1):14-16.
- [6] SÁNCHEZ-SALCEDO E M, MENA P, GARCÍA-VIGUERA C, et al. (Eco)phytochemical approaches to exploiting the potential of mulberry (*Morus* spp.) as a functional food[J]. Journal of the science of food and agriculture,2015,95(11):2189-2197.
- [7] 银宝山.优质青贮饲料制作及生产应用[J].畜牧兽医科学(电子版),2020(15):127-128.
- [8] 农业农村部.农办牧〔2025〕15号:养殖业节粮行动实施方案[EB/OL]. (2025-04-25) [2025-09-26]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202505/content_7022364.htm.
- [9] 李宁,吴忆恬,闵红燕.饲用抗生素替代物的研究进展[J].养殖与饲料,2025,24(8):20-23.
- [10] 刘一尘,李德中,张谦.益生菌剂与益生协同剂协同作用的研究及应用现状[J].河南畜牧兽医,2003(2):9-10.
- [11] 吴瑕,杨薇,张磊,等.不同分子量段黄芪多糖对整体及黏膜免疫功能的影响[J].中国实验方剂学杂志,2011,17(18):169-172.
- [12] 章烨雯,何玉妃,臧青民,等.板蓝根的生物学功能及其在畜牧生产应用的研究进展[J].饲料研究,2021,44(22):131-133.
- [13] 石爱文,姚佳靖,王庆,等.蒲公英化学成分和药理作用研究进展及其质量标志物预测分析[J].中华中医药学刊,2024,42(9):38-45.
- [14] 李嘉诚,吴岚,蔡同凯,等.黄柏化学成分及其药理作用研究进展[J].药学实践杂志,2018,36(5):389-391.
- [15] 王悦,田双双,刘晓谦,等.茯苓多糖的提取、结构及药理作用研究进展[J].世界中医药,2021,16(17):2548-2555.
- [16] 杨雯雯,段分分,邵云侠,等.芍药苷对高糖刺激的小鼠骨髓来源的巨噬细胞TLR4信号通路的影响[J].安徽医科大学学报,2018,53(7):1037-1044.
- [17] 马志明,马明智.不同配比中草药添加剂在奶牛饲料中的应用效果对比试验[J].中兽医学杂志,2010(4):6-7.
- [18] 蒋虹霞.复方中草药对育肥猪生长及肉质的影响[J].养殖与饲料,2024,23(8):19-22.
- [19] 王慧敏,李少宁,宋春阳.中草药饲料添加剂在养猪生产中的应用及发展趋势[J].猪业科学,2016,33(5):85-86.
- [20] 施开创,龙飞翔,栗艳琼,等.猪流行性腹泻病毒强毒株和疫苗株多重 RT-PCR 鉴别检测方法的建立及应用[J].中国兽医科学,2017,47(1):1-8.
- [21] 陈学友.关于猪呼吸道疾病综合征与防控措施的研究[J].吉林畜牧兽医,2019,40(10):85-86.
- [22] 赵毅,宋凡.反刍家畜常见前胃疾病的鉴别与诊断[J].中国动物保健,2014,16(6):52-54.
- [23] 席兴军,韩鲁佳,原慎一郎,等.添加乳酸菌和纤维素酶对玉米秸秆青贮饲料品质的影响[J].中国农业大学学报,2003,8(2):21-24.
- [24] 黎贵碧,曾晔临,王勇生.桑叶提取物的生理功能及其在动物生产中的应用进展[J].饲料工业,2025(5):33-40.
- [25] 张适,常杰,胡宗福,等.青贮饲料有害微生物及其抑制措施[J].动物营养学报,2017,29(12):4308-4314.
- [26] 梁远丽.益生菌发酵饲料在肉鸡养殖中的应用[J].养殖与饲料,2024,23(6):49-52.
- [27] 芦春莲,赵玉萍,李佳,等.养猪生产中减抗、替抗的营养与饲料技术现状与展望[J].猪业科学,2020,37(12):59-62.
- [28] 崔宗均,杨洪岩,高丽娟,等.秸秆乳酸发酵原理及饲料化技术[M].北京:中国农业大学出版社,2011.

【责任编辑:赵琳琳】