

发酵桑叶对龙山黑猪生长性能、胴体品质和脏器发育的影响

呼红梅^{1,2*}, 郝丽红^{1,2*}, 王怀中^{1,2}, 王勇³, 薛海鹏³, 王彦平^{1,2}, 王元虎⁴, 孟祥宇⁵, 王诚^{1,2#}

¹山东省农业科学院畜牧兽医研究所, 山东 济南

²山东省畜禽疫病防治与繁育重点实验室, 山东 济南

³济南市畜牧技术推广站, 山东 济南

⁴济南源虎食品有限公司, 山东 济南

⁵济南章丘区文祖街道兽医站, 山东 济南

收稿日期: 2023年9月29日; 录用日期: 2023年11月1日; 发布日期: 2023年11月8日

摘要

目的: 本试验旨在研究饲料中添加发酵桑叶对猪生长性能、胴体品质和脏器发育的影响。方法: 选取体重为 39 ± 4.22 kg的健康龙山黑猪96头, 随机分为4组, 每组24头, 每组4个重复。对照组饲喂玉米-豆粕型饲料, I、II、III组生长阶段(39~75 kg)分别饲喂添加4%、8%和12%发酵桑叶的饲料, 肥育阶段(75~110 kg)分别饲喂添加12%、15%和18%发酵桑叶的饲料。试验期147 d (生长阶段66 d, 育肥阶段81 d)。结果: 结果表明: 1) 饲料中添加发酵桑叶的比例对生长阶段猪的日增重、料重比无明显影响($P > 0.05$); 育肥阶段饲料中添加12%、15%的发酵桑叶时, 不影响该阶段的日增重和料重比($P > 0.05$), 发酵桑叶添加量达到18%时, 日增重显著降低13.62% ($P < 0.05$); 生长、育肥阶段分别添加4%、8%和12%、15%发酵桑叶对全期日增重和料重比无明显影响, 当添加量达到12%、18%时, 日增重显著降低9.14% ($P < 0.05$)。2) 饲料中添加8%和15%的发酵桑叶时, 肉色a、b值显著增加($P < 0.05$), 肌肉颜色更鲜亮, 饲料中添加发酵桑叶的比例对其它胴体品质指标影响不显著。3) 饲料中添加发酵桑叶可显著增加十二指肠、空肠的绒毛高度和V/C值($P < 0.05$)。4) 饲料中添加发酵桑叶不影响肝脏、肺脏和脾脏系数, 并促进其发育, 改善其形态。结论: 由此可见, 生长、育肥阶段饲料中发酵桑叶的适宜添加量为4~8%和12~15%。

关键词

猪, 发酵桑叶, 生长性能, 胴体品质, 脏器发育

Effects of Fermented Feed Mulberry on Growth Performance, Carcass Quality and Organ Development of Longshan Black Pigs

*同等贡献。

#通讯作者。

文章引用: 呼红梅, 郝丽红, 王怀中, 王勇, 薛海鹏, 王彦平, 王元虎, 孟祥宇, 王诚. 发酵桑叶对龙山黑猪生长性能、胴体品质和脏器发育的影响[J]. 食品与营养科学, 2023, 12(4): 320-329. DOI: 10.12677/hjfn.2023.124040

Hongmei Hu^{1,2*}, Lihong Hao^{1,2*}, Huaizhong Wang^{1,2}, Yong Wang³, Haipeng Xue³, Yanping Wang^{1,2}, Yuanhu Wang⁴, Xiangyu Meng⁵, Cheng Wang^{1,2#}

¹Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong

²Key Laboratory of Disease Control and Animal Breeding of Shandong Province, Jinan Shandong

³Jinan Department of Husbandry Extension, Jinan Shandong

⁴Jinan Yuanhu Food Co., Ltd., Jinan Shandong

⁵Jinan Zhangqiu District Wenzu Street Veterinary Station, Jinan Shandong

Received: Sep. 29th, 2023; accepted: Nov. 1st, 2023; published: Nov. 8th, 2023

Abstract

Objective: This experiment was conducted to evaluate the effects of fermented feed mulberry (FFM) on growth performance, carcass quality and organ development of pigs. **Method:** Ninety-six DLY pigs (39 ± 4.22 kg live weight) were allotted randomly into four groups (24 pigs/diet with 6 pigs/pen) according to their initial weight and gender (females and males). The growing pigs (39~75 kg live weight) of groups I, II, and III were fed with diets containing 4%, 8% and 12% FFM, respectively. The finishing pigs (75~110 kg live weight) of groups I, II, and III were fed with diets containing 12%, 15% and 18% FFM, respectively. The growing-finishing pigs of control group were fed with the basal diets. The trial lasted for 147 days. **Result:** The results showed as follows: 1) Compared with the control group, the average daily gain (ADG) and gain/feed ratio (F/G) of growing pigs were not significantly affected by supplemented amount of FFM ($P > 0.05$). There was no significant difference in ADG and F/G between the control group and groups I or II supplemented with 12% or 15% FFM ($P > 0.05$) in the finishing phase, when the supplemented level of FFM reached 18%, the ADG of pigs was significantly decreased by 13.62% ($P < 0.05$). The ADG and F/G of the whole experiment were not significantly affected by added 4% or 8% and 12% or 15% FFM in the growth and finishing stages, but the ADG was significantly reduced by 9.14% ($P < 0.05$), when the supplemented levels reached 12% and 18%, respectively. 2) The meat color a and b in muscle of pigs supplemented with 8% and 15% FFM at growth and finishing stage increased significantly ($P < 0.05$), the muscle color was brighter and redder, but the other indexes of carcass quality were similar to those in the other group. 3) The villus height and V/C value in duodenum and jejunum of pigs supplemented with FFM were remarkably increased ($P < 0.05$). 4) The addition of FFM to the diet did not affect the coefficients of liver, lung and spleen, and promoted their development and improved their morphology. **Conclusion:** It is concluded that the appropriate supplemental level of FFM in diets at growth and finishing stages are 4%~8% and 12%~15%, respectively.

Keywords

Pigs, Fermented Feed Mulberry, Growth Performance, Carcass Quality, Organ Development

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

研究的重要意义: 饲料桑具有适应性强、产量高、营养丰富的特点, 其中蛋白含量高达 20% [1] [2], 同时富含维生素、微量元素, 以及生物活性因子, 是一种营养价值较高的饲草资源[3]。项目组前期研究

发现, 猪生长阶段饲料中添加 4%~8% 的发酵桑叶, 育肥阶段添加 12%~15% 的发酵桑叶对猪的日增重、料重比无显著影响, 日增重分别降低 4.70% 和 8.62%, 料重比分别减少 4.45% 和 11.98%; 饲料中添加发酵桑叶不影响猪的胴体品质, 以及肌肉中脂肪、蛋白、氨基酸、核苷酸含量。蒋小碟等研究也发现, 饲料中添加 9%~15% 的饲料桑对育肥期商品猪、地方猪的生长性能无显著影响[4] [5] [6] [7]。本研究切入点: 饲料桑虽然富含蛋白质, 但其粗纤维含量达到 6.78% [8], 因此有必要开展更多的研究, 以确定耐粗饲的地方猪对其适宜的需要量。龙山黑猪具有耐粗饲、肉质鲜嫩的特点, 但瘦肉率低、肥膘厚。拟解决的关键问题: 为了更好地利用饲料桑资源, 本试验在利用发酵工艺改善饲料桑饲用品质[8]的基础上, 探讨发酵桑叶对龙山黑猪生长性能、胴体品质和脏器发育的影响, 为发酵桑叶在生猪生产中的应用提供技术支撑。

2. 材料与方法

2.1. 试验猪的选择与饲养

Table 1. Composition and nutrient levels of the basal (air-dry basis)

表 1. 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

原料组成	生长阶段(35~70 kg)				育肥阶段(70~130 kg)			
	对照组	I	II	III	对照组	I	II	III
玉米	58.40	58.40	58.40	58.40	58.40	58.40	58.40	58.40
豆粕	20.00	18.00	18.00	18.00	12.00	10.00	10.00	10.00
麸皮	16.00	14.00	10.00	6.00	24.0	22.00	18.00	14.00
发酵桑叶	0.00	4.00	8.00	12.00	0.00	12.00	15.00	18.00
花椒种	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
预混料 ¹	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
合计	100	100	100	100	100	100	100	100
营养水平								
代谢能 ME/(MJ/kg) ²	12.59	12.37	12.25	12.12	12.21	11.99	11.86	11.73
粗蛋白质 CP	14.84	14.25	14.17	14.09	12.79	12.19	12.11	12.03
钙 Ca	0.52	0.51	0.52	0.51	0.44	0.45	0.44	0.45
有效磷 AP	0.20	0.21	0.20	0.20	0.16	0.15	0.15	0.14
赖氨酸 Lys	0.59	0.60	0.58	0.57	0.42	0.41	0.40	0.41

注: ¹ 预混料为每千克饲料提供: VA 325 IU, VD 37.5 IU, VE 2.75 IU, VK3 0.013 mg, VB2 0.63 mg, VB6 0.25 mg, VB12 2.50 mg, 生物素 0.013 mg, 叶酸 0.08 mg, D-泛酸 2.00 mg, 烟酸 2.50 mg, 氯化胆碱 0.08 mg, 抗氧化剂 12.50 mg, Fe 10.00~12.50 mg, Cu 0.75~0.88 mg, Zn 15.00 mg, Mn 0.50 mg, Se 0.04 mg, I 0.04 mg。² 代谢能为计算值, 其余营养水平为实测值。

试验在济南源虎食品有限公司的黑猪生态养殖场进行。选择出生日期相近, 体重为 39.50 ± 5.04 kg 的健康龙山黑猪 96 头, 随机分为 4 组, 每组 24 头, 每组 4 个重复。对照组饲喂玉米-豆粕型饲料, 试验 I、II、III 组在生长阶段(39~75 kg)分别饲喂添加 4%、8% 和 12% 发酵桑叶的饲料, 肥育阶段(75~110 kg)分别饲喂添加 12%、15% 和 18% 发酵桑叶的饲料。试验期 147 d (生长阶段 66 d, 育肥阶段 81 d)。对照组与试验组饲料组成及营养成分见表 1。

2.2. 生长性能指标

试验开始、体重达 75 kg 左右和试验结束时, 晨饲前逐头称重。根据记录的给料量、剩余料和损耗料, 计算平均日采食量(ADFI), 计算平均日增重(ADG)和料重比(F/G)。

2.3. 胴体性状与肌肉品质检测

每组随机选择 6 头试验猪, 空腹 24 h 后, 按照《瘦肉型猪胴体性状测定技术规范, NY/T 825》[9]、《猪肌肉品质测定技术规范, NY/T 821》[10]进行屠宰, 并测定胴体性状和肌肉品质。

2.4. 组织切片制作、肠组织和脏器形态学检测

试验结束时, 试验猪晨饲前空腹称重后, 每组随机选择 6 头进行屠宰, 取十二指肠、空肠、回肠和肝脏、脾脏、肺脏制作石蜡切片, 苏木精 - 伊红染色(HE 染色)。每个样本取 5 张切片, 每个切片选取 5~8 个不同视野, 于 10 × 20 倍显微镜下观测肠组织形态和黏膜细胞、上皮细胞完整性, 以及固有层的形态, 应用 Image-Pro Plus 6.0 软件测量绒毛高度、隐窝深度。显微镜下观察肝脏(10 × 40)、脾脏(10 × 20)、肺脏(10 × 20)的形态、细胞结构的完整性[11] [12]。

2.5. 脏器指数

试验猪屠宰后取肝脏、脾脏、肺脏, 称重, 计算器官指数[13]。

肝脏、脾脏、肺脏指数(g/kg) = 肝脏、脾脏、肺脏重量/猪活体重。

2.6. 数据统计分析

用 SPSS 22.0 软件进行数据统计分析, 使用 one-way ANOVA 检验发酵桑叶对猪生长性能、胴体品质和脏器发育的影响, 差异显著时采用 LSD 法进行多重比较。 $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著, 结果均以“平均值 ± 标准差(SD)”表示。

3. 结果分析

3.1. 发酵桑叶对龙山黑猪猪生长性能的影响

由表 2 可见, 各组试验猪初始体重相近, 无差异, 试验组中期体重和结束体重均低于对照组。I、II 组与对照组间生长阶段、育肥阶段和试验全期日增重差异不显著($P > 0.05$), III 组生长阶段日增重与对照组间差异不显著($P > 0.05$), 但是育肥阶段和试验全期日增重比对照组显著减少 13.62%、9.14% ($P < 0.05$), I、II、III 组生长、肥育阶段和试验全期料重与对照组间差异不显著($P > 0.05$)。I、II、III 间试验猪的生猪性能无显著差异($P > 0.05$), I、II 组试验猪生长阶段日增重和饲料转化率在数值上高于 III 组, 但是差异不显著($P > 0.05$), I、II 组试验猪结束体重、育肥阶段和试验全期的日增重在数值上均高于 III 组, 但是差异不显著($P > 0.05$)。

Table 2. Effects of fermented feed mulberry on growth performance of Longshan black pigs

表 2. 发酵桑叶对龙山黑猪生长性能的影响

项目	对照组	I 组	II 组	III 组	P 值
样本数	24	24	24	24	
初始体重/kg	39.60 ± 3.15	39.08 ± 4.88	40.38 ± 6.51	38.94 ± 5.91	0.838
中期体重/kg ¹	77.03 ± 7.58	73.21 ± 8.24	75.34 ± 8.98	74.72 ± 8.43	0.519

Continued

结束体重/kg	116.60 ± 12.27 ^a	111.70 ± 10.59 ^{ab}	113.73 ± 12.26 ^{ab}	108.90 ± 14.42 ^b	0.046
生长阶段日增重 ADG/g	567.12 ± 32.14	517.12 ± 30.41	529.70 ± 38.74	542.12 ± 32.91	0.385
生长阶段料重比 F/G	2.85 ± 0.13	3.14 ± 0.2	3.22 ± 0.15	3.13 ± 0.12	0.111
育肥阶段日增重 ADG/g	488.52 ± 33.50 ^a	475.19 ± 36.34 ^{ab}	473.95 ± 39.30 ^{ab}	421.98 ± 40.24 ^b	0.047
育肥阶段料重比 F/G	3.07 ± 0.25	3.26 ± 0.13	3.12 ± 0.20	3.22 ± 0.24	0.275
全期日增重 ADG/g	523.81 ± 39.15 ^a	494.01 ± 22.58 ^{ab}	498.98 ± 26.15 ^{ab}	475.92 ± 35.73 ^b	0.049
全期耗料增重比 F/G	3.14 ± 0.28	3.20 ± 0.16	3.17 ± 0.14	3.16 ± 0.27	0.314

注: ¹ 中期体重为试验猪生长阶段结束个体重均值, 也是试验猪肥育阶段开始体重。同行数据肩标小写字母不同者, 表示差异显著($P < 0.05$), 同行数据肩标大写字母不同者, 表示差异极显著($P < 0.01$)。下表同。

3.2. 发酵桑叶对龙山黑猪胴体品质的影响

由表 3 可见, 各组间屠前体重、瘦肉率、腿臀比例和背膘厚差异不显著($P > 0.05$)。II 组试验猪屠宰率与对照组间差异不显著($P > 0.05$), I、III 组试验猪屠宰率显著低于对照组, 分别降低 7.90% 和 6.06% ($P < 0.05$), I、II、III 组间无显著差异($P > 0.05$)。各组间 pH、滴水损失、失水率和嫩度差异不显著($P > 0.05$)。各组肉色 L 值均介于 37.70~38.57 之间, 肉色正常(37~52) [10], I、II、III 组肉色 a、b 值在数值上均高于对照组, 其中 II 显著高于对照组($P < 0.05$), 即 I、II、III 组肌肉颜色的鲜亮程度较高。各组 pH₁ 介于 6.17~6.36 之间, pH₂₄ 介于 5.73~5.93 之间, 在正常肉 pH₁ (5.9~6.5)、pH₂₄ (5.6~6.0) 范围之内 [10], 试验组猪肉 24 小时 pH 下降幅度低于对照组。各组滴水损失介于 1.15%~1.98% 之间, 属于正常肉 (1.5%~5.0%) [10]。I、II、III 组肌肉剪切力值(嫩度)在数值上比对照组分别降低 12.16%、20.97% 和 21.22% ($P > 0.05$)。

Table 3. Effects of fermented feed mulberry on carcass and meat quality of Longshan black pigs

表 3. 发酵桑叶对龙山黑猪胴体品质的影响

项目	对照组	I 组	II 组	III 组	P 值
样本数	6	6	6	6	
屠前体重/kg	110.07 ± 6.64	106.80 ± 4.93	108.53 ± 6.40	106.22 ± 5.41	0.768
屠宰率/%	71.79 ± 3.68 ^a	66.12 ± 1.49 ^b	68.94 ± 3.11 ^{ab}	67.44 ± 3.34 ^b	0.024
瘦肉率/%	59.57 ± 3.80	56.43 ± 3.26	55.23 ± 6.57	53.30 ± 3.06	0.310
背膘厚/mm	31.19 ± 1.21	27.05 ± 1.51	26.52 ± 1.68	24.66 ± 1.90	0.297
腿臀比例/%	29.76 ± 1.93	29.31 ± 1.41	28.62 ± 1.07	28.18 ± 1.85	0.787
肉色 L 值 MC L	38.14 ± 1.49	37.70 ± 0.80	38.57 ± 1.19	38.05 ± 1.75	0.856
肉色 a 值 MC a	11.61 ± 0.73 ^b	13.90 ± 0.80 ^{ab}	14.58 ± 1.01 ^a	13.38 ± 0.74 ^{ab}	0.095
肉色 b 值 MC b	6.11 ± 0.46 ^c	6.72 ± 0.45 ^{abc}	6.91 ± 0.79 ^a	6.90 ± 0.48 ^{ab}	0.078
pH ₁ value	6.36 ± 0.28	6.26 ± 0.21	6.17 ± 0.39	6.29 ± 0.23	0.543
pH ₂₄ value	5.73 ± 0.29	5.86 ± 0.32	5.89 ± 0.26	5.93 ± 0.29	0.680

Continued

滴水损失 DL/%	1.98 ± 0.49	1.76 ± 0.79	1.39 ± 0.85	1.15 ± 0.33	0.384
失水率 WLR/%	8.28 ± 0.86	7.72 ± 0.69	7.66 ± 0.79	6.28 ± 0.73	0.501
嫩度(kg·f)	60.27 ± 8.23	52.94 ± 8.58	47.63 ± 7.95	47.48 ± 6.69	0.137

3.3. 发酵桑叶对龙山黑猪肠组织形态的影响

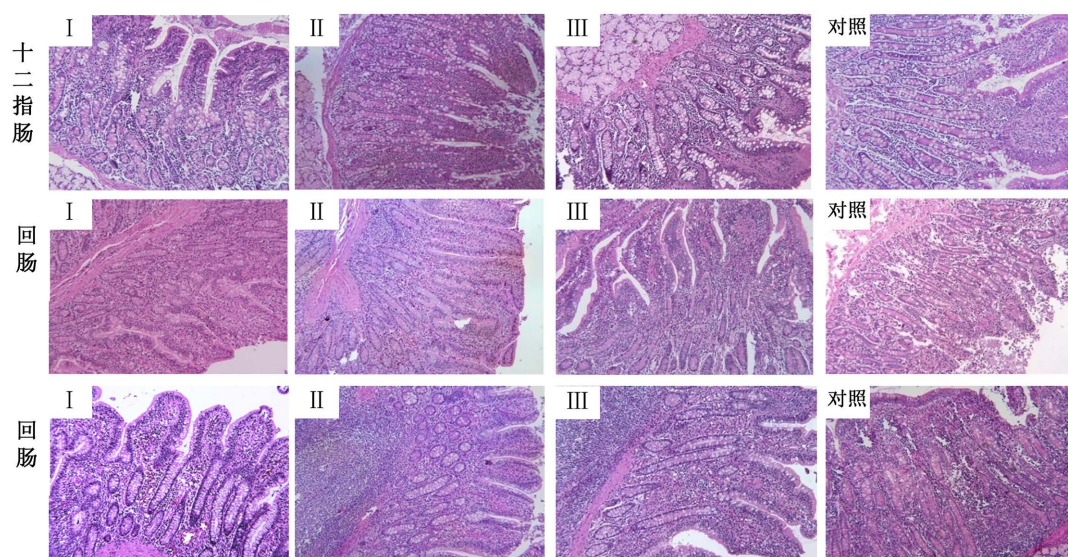
由表 4 可知, 与对照组相比, I、II、III 组十二指肠绒毛高度和 V/C (绒毛长度/隐窝深度) 比值显著增加, 绒毛高度分别增加 25.16% ($P < 0.01$)、20.23% ($P < 0.05$)、25.48% ($P < 0.01$), V/C 比值分别增加 35.28% ($P < 0.05$)、54.93% ($P < 0.05$) 和 46.95% ($P < 0.05$), I、II、III 组间差异不显著 ($P > 0.05$)。与对照组相比, I、II、III 组空肠绒毛高度和 V/C (绒毛长度/隐窝深度) 比值显著增加, 绒毛高度分别增加 16.07% ($P < 0.05$)、26.22% ($P < 0.01$)、20.28% ($P < 0.05$), V/C 比值分别增加 22.20% ($P < 0.05$)、40.70% ($P < 0.05$) 和 26.22% ($P < 0.05$), I、II、III 组间差异不显著 ($P > 0.05$)。III 组回肠绒毛高度和 V/C 比值比对照组分别显著增加 12.36% 和 29.21% ($P < 0.05$), I、II 组与对照组间虽然在数值上有所增加, 但是差异不显著 ($P > 0.05$), I、II、III 组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

Table 4. Effects of fermented feed mulberry on intestinal mucosal morphology of Longshan black pig

表 4. 发酵桑叶对龙山黑猪肠组织形态的影响

项目	对照组	I 组	II 组	III 组	P 值
样本数	6	6	6	6	
十二指肠					
绒毛高/ μm	335.22 ± 10.23 ^{Bc}	419.57 ± 16.43 ^{aAb}	403.02 ± 18.22 ^{aAbB}	420.65 ± 16.72 ^{aA}	0.06
隐窝深度/ μm	284.08 ± 18.06	262.84 ± 15.33	220.45 ± 11.61	242.58 ± 12.36	0.484
绒毛长度/隐窝深度	1.18 ± 0.02 ^b	1.60 ± 0.02 ^a	1.83 ± 0.03 ^a	1.73 ± 0.01 ^a	0.042
空肠					
绒毛高/ μm	424.94 ± 10.31 ^{bB}	493.23 ± 14.99 ^{aAB}	536.34 ± 16.09 ^{aA}	511.13 ± 17.35 ^{aAB}	0.000
隐窝深度/ μm	249.28 ± 10.52	236.78 ± 16.09	223.62 ± 11.83	237.55 ± 19.57	0.151
绒毛长度/隐窝深度	1.70 ± 0.03 ^b	2.08 ± 0.02 ^a	2.40 ± 0.02 ^a	2.15 ± 0.01 ^a	0.039
回肠					
绒毛高/ μm	392.28 ± 19.25 ^{bc}	431.46 ± 10.87 ^{ab}	426.38 ± 12.94 ^{abc}	440.75 ± 15.53 ^a	0.046
隐窝深度/ μm	197.22 ± 11.33	173.32 ± 20.80	169.72 ± 13.60	171.50 ± 12.35	0.530
绒毛长度/隐窝深度	1.99 ± 0.02 ^b	2.49 ± 0.02 ^{ab}	2.51 ± 0.01 ^{ab}	2.57 ± 0.01 ^a	0.048

同时对十二指肠、空肠、回肠的发育、黏膜形态和细胞的完整性进行评价。由图 1 可见, 各组绒毛发育均良好, 黏膜上皮细胞完整。各组空肠形态结构发育略有差异, I 组绒毛发育良好, 上皮细胞完整。II 组黏膜上皮细胞, 固有层腺体发育良好, 轻度充血。III 组绒毛发育良好, 黏膜上皮细胞完整; 黏膜固有层腺体发育良好, 较多淋巴细胞。对照组绒毛发育良好, 上皮细胞轻度脱落。各组回肠绒毛发育良好, 上皮细胞完整, 腺体分泌旺盛, 黏膜下层淋巴细胞密集, 但是对照组黏膜固有层略有充血。



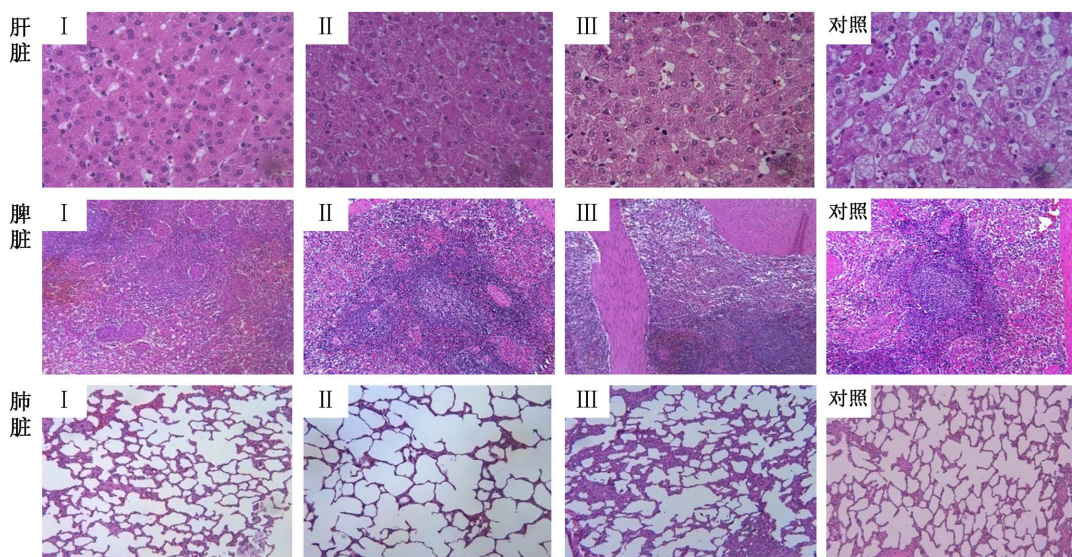
注: I: 试验 I 组; II: 试验 II 组; III: 试验 III 组。

Figure 1. Duodenum, jejunum and ileum tissue section (200×)

图 1. 十二指肠、空肠、回肠组织切片(200×)

3.4. 发酵桑叶对龙山黑猪脏器发育的影响

由表 5 可知, I、II、III 组肝脏、脾脏、脾脏系数均高于对照组, 均无显著差异($P > 0.05$)。肝脏、脾脏、脾脏发育和形态进行分析结果表明, I、II、III 组试验猪肝脏发育良好, 细胞结构完整, 对照组肝脏的细胞有较明显的颗粒变性(图 1)。各组脾脏白髓结构清晰, 发育均良好, 无明显差别。I 组脾脏有轻度间质性肺炎, II 组脾脏结构正常, 未见明显病变, III 组脾脏有轻度间质性肺炎, 对照组脾脏肺泡壁淋巴细胞浸润呈间质性肺炎病变(见图 2)。



注: I: 试验 I 组; II: 试验 II 组; III: 试验 III 组。

Figure 2. Liver, spleen and lung tissue section (Liver 400×, spleen and lung 200×)

图 2. 肝脏、脾脏、脾脏组织切片(肝脏 400×、脾脏和脾脏 200×)

Table 5. Effects of fermented feed mulberry on visceral organ development in Longshan black pig
表 5. 发酵桑叶对龙山黑猪脏器发育的影响

项目	对照组	I 组	II 组	III 组	P 值
样本数	6	6	6	6	
肝脏系数/g/kg	2.32 ± 0.11	2.61 ± 0.13	2.46 ± 0.21	2.45 ± 0.10	0.123
脾脏系数/g/kg	0.28 ± 0.03	0.30 ± 0.01	0.29 ± 0.02	0.31 ± 0.02	0.712
肺脏系数/g/kg	1.08 ± 0.14	1.20 ± 0.12	1.27 ± 0.11	1.15 ± 0.09	0.741

4. 讨论

4.1. 发酵桑叶对龙山黑猪生长性能的影响

近年来利用发酵桑叶作为畜禽饲料原料的研究越来越多,这主要与其蛋白质含量丰富有关,同时也富含碳水化合物、维生素、矿物质以及天然活性成分[1][3]。研究发现,饲料中添加3%~10%的发酵桑叶对猪日增重、料重比影响不显著[3][4][8][14][15];添加量达到15%~20%时,显著影响日增重和料重比,生长性能明显降低[3][6][7][8][15]。本试验结果与此一致,饲料中添加4%~12%的发酵桑叶对生长、育肥和试验全期的日增重、料重比均无明显影响;发酵桑叶添加量达到12%时育肥阶段和试验全期日增重显著降低,限制其生长性能。杨静研究发现[3],育肥猪(65~120 kg)饲料中添加15%发酵桑叶不影响其日增重和料重比。这可能是因为发酵桑叶中含有单宁及植物凝集素等抗营养因子,影响动物采食量,发酵虽然可以降低其含量,但饲料中的添加量仍然需要限制[16]。因此,控制饲料中发酵桑叶的添加量,在保证生产性能的前提下替代豆粕等蛋白饲料原料。

4.2. 发酵桑叶对猪胴体品质的影响

龙山黑猪以肉质鲜嫩著称,但是体脂含量高,瘦肉率低。本试验研究发现,饲料中添加发酵桑叶可降低背膘厚,而且背膘厚降低幅度与发酵桑叶的添加量呈正比,这可能与饲料桑中含有调控脂质代谢的黄酮类化合物和生物碱有关,黄酮类化合物和生物碱可通过调控细胞外蛋白激酶(ERK)/过氧化物酶体增殖剂激活受体 γ (PPAR γ)信号通路抑制猪肌内脂肪细胞分化过程中的脂质积累[17]。饲料中添加发酵桑叶或桑叶粉猪背部脂肪细胞显著减小,脂肪分解相关的激素敏感性脂肪酶、乙酰辅酶A羧化酶 α 、脂蛋白脂肪酶和PPAR γ 的mRNA表达量显著下调[6][18],解偶联蛋白-3mRNA的表达量显著增加[6]。饲料中添加发酵桑叶或桑叶粉后猪的背膘厚显著降低,而且与添加量相关[4][19][20]。本试验中也发现,添加发酵桑叶后猪的背膘厚在数值上降低13.27%~20.93%。

生猪屠宰后肌肉pH直观的体现肌肉的酸度,屠宰后机体处于缺氧条件,肌糖原、脂肪分解代谢产生大量乳酸,肌肉pH下降,蛋白质变性,因此延缓肌肉pH下降速度有助于减少PSE、DFD肉的产生。丁鹏等[4]发现,饲料中添加饲料桑可减缓宰后肌肉pH下降速度,这对肉的新鲜度有积极的影响。本试验也发现,饲料中添加发酵桑叶后宰后肌肉pH下降幅度降低。饲料中添加发酵桑叶后肌肉颜色的红度值增加,其中添加8%的发酵桑叶时,肌肉红度值显著增加,肌肉剪切力值和失水率在数值上降低。Chen等研究也发现,饲料中添加桑叶粉后肉色a值增加,剪切力值、滴落损失降低[21],这与本试验结果一致。由此可见,饲料中添加发酵桑叶可改善胴体品质。

4.3. 发酵桑叶对龙山黑猪肠组织形态的影响

小肠是动物机体消化吸收营养物质的主要部位,绒毛高度、隐窝深度及V/C值是反映小肠消化吸收

功能的重要指标, V/C 值可以比较直观地反映小肠的消化吸收能力, V/C 值越高则代表小肠消化吸收能力越强。本试验结果表明, 十二指肠、空肠绒毛高度显著增加, V/C 值显著增加。饲料中添加 9% 发酵饲料桑粉时, 宁乡花猪小肠 V/C 值显著提高[5], 但是添加饲料桑粉时, 小肠绒毛高度和 V/C 值降低[4]。这可能是因为饲料桑粉中含有的单宁及植物凝集素等抗营养因子损伤了肠道上皮细胞, 饲料桑经过发酵处理后降低或清除饲料桑粉中的抗营养因子, 从而降低了对肠道的损伤。这与本试验肠组织切片呈现结果一致, 饲料中添加发酵桑叶后小肠绒毛发育良好, 黏膜上皮细胞完整, 而对照组小肠绒毛虽然发育良好, 但是肠上皮细胞存在轻度脱落, 黏膜固有层略有充血。

4.4. 发酵桑叶对龙山黑猪脏器发育的影响

脏器指数是一项反映动物机体机能状况的特征指标[11]。肝脏是重要的代谢器官和免疫器官, 其相对重量降低, 将直接影响机体代谢能力。脾脏是主要的免疫器官, 是体液免疫和细胞免疫的中枢。肺脏通过心脏有规律舒张与收缩输入氧气和输出二氧化碳, 是机体的重要器官。本试验结果表明, 饲料中添加发酵桑叶对肺脏、脾脏和肺脏系数无明显影响, 而且肝脏、脾脏形态正常, 细胞结构完整, 肺脏轻度间质性病变, 而对照组肝脏则有明显颗粒变性, 肺脏淋巴细胞浸润呈间质性肺炎病变。这表明, 饲料中添加发酵桑叶可增强肝脏、肺脏功能, 从而影响机体代谢能力。

5. 结论

- 1) 饲料中添加 4% 和 8% 的发酵桑叶对猪的日增重、料重比均无影响; 当添加量达到 18% 时, 日增重显著降低。
- 2) 饲料中添加发酵桑叶不影响猪的胴体品质, 而且肌肉颜色的红度显著提高。
- 3) 饲料添加发酵桑叶可提高显著增加十二指肠、空肠的绒毛高度和 V/C 值。
- 4) 饲料添加发酵桑叶不影响肝脏、肺脏和脾脏系数, 并促进其发育, 改善其形态。

基金项目

山东省现代农业产业技术体系牧草体系(SDAIT-23-07)、山东省自然科学基金(ZR202111110091)、山东省农业重大应用技术创新(SD2019XM010)、山东省农业科技资金项目“园区产业提升工程”(2019LYQC027)。

参考文献

- [1] 蒋小碟, 谢谦, 宋泽和, 等. 发酵桑叶的营养价值及其在动物生产上的应用[J]. 动物营养学报, 2020, 32(1): 54-61.
- [2] 陈磊, 孙亚青. 饲料桑在单胃动物上的应用[J]. 中国动物保健, 2020, 22(12): 61+63.
- [3] 杨静: 饲料桑粉的营养价值评定及在生长期肥猪日粮中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2014.
- [4] 丁鹏, 李霞, 丁亚南, 等. 发酵饲料桑粉对宁乡花猪生长性能、肉品质和血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2018, 30(5): 1950-1957.
- [5] 丁鹏, 丁亚南, 曾青华, 等. 发酵饲料桑粉对宁乡花猪抗氧化性能和肠道功能的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(9): 4303-4313.
- [6] Liu, Y., Li, Y., Xiao, Y., et al. (2021) Mulberry Leaf Powder Regulates Antioxidative Capacity and Lipid Metabolism in Finishing Pigs. *Animal Nutrition*, 7, 421-429. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.08.005>
- [7] Liu, Y., Li, Y., Peng, Y., et al. (2019) Dietary Mulberry Leaf Powder Affects Growth Performance, Carcass Traits and Meat Quality in Finishing Pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103, 1934-1945. <https://doi.org/10.1111/jpn.13203>
- [8] 呼红梅, 郝丽红, 王怀中, 等. 发酵桑叶对生长期肥猪生长性能、胴体品质和肌肉营养成分的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(1): 6104-6113.

- [9] 广东省农业科学院, 农业部种猪质量监督检验测试中心(广州), 华南农业大学. NY/T 825-2004 瘦肉型猪胴体性状测定技术规范[S]. 2004.
- [10] 农业部种猪质量监督检验测试中心(武汉), 农业部种猪质量监督检验测试中心(广州). NY/T 821-2004 猪肌肉品质测定技术规范[S]. 2019.
- [11] 宋妍妍, 陈代文, 余冰, 等. 高剂量单宁酸对断奶仔猪血液学参数、脏器指数和组织病理学的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(4): 1899-1907.
- [12] 魏小兵, 张秀林, 王秋霞, 等. 无抗发酵饲料对猪小肠黏膜形态和杯状细胞的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(4): 1797-1805.
- [13] 孙海涛, 刘策, 刘公言, 等. 饲料中不同添加比例饲料桑对育肥兔生长性能、屠宰性能和肌肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2022, 34(4): 2586-2595.
- [14] 何亮宏, 陈国顺, 权群学, 等. 日粮中添加桑叶粉对生长肥育猪肉质和肌肉中氨基酸含量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2019, 54(1): 16-23.
- [15] 宋琼莉, 韦启鹏, 邹志恒, 等. 桑叶粉对育肥猪生长性能、肉品质和血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(2): 541-547.
- [16] 罗玲, 韩奇鹏, 曲湘勇. 微生物发酵饲料在动物生产上的应用研究进展[J]. 饲料与畜牧, 2016(2): 45-50.
- [17] Wang, G.Q., Zhu, L., Ma, M.L., *et al.* (2015) Mulberry 1-Deoxynojirimycin Inhibits Adipogenesis by Repression of the ERK/PPAR γ Signaling Pathway in Porcine Intramuscular Adipocytes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **63**, 6212-6220. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01680>
- [18] 樊路杰. 桑叶对育肥猪生长发育、脂质代谢和肉品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2019.
- [19] Wang, S., Tang, C., Li, J., *et al.* (2022) The Effects of Dietary Inclusion of Mulberry Leaf Powder on Growth Performance, Carcass Traits and Meat Quality of Tibetan Pigs. *Animals*, **12**, Article 2743. <https://doi.org/10.3390/ani12202743>
- [20] Fan, L., Peng, Y., Wu, D., *et al.* (2020) *Morus nigra* L. leaves Improve the Meat Quality in Finishing Pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **104**, 1904-1911. <https://doi.org/10.1111/jpn.13439>
- [21] Chen, Z., Xie, Y., Luo, J., *et al.* (2021) Dietary Supplementation with *Moringa oleifera* and Mulberry Leaf Affects Pork Quality from Finishing Pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **105**, 72-79. <https://doi.org/10.1111/jpn.13450>