

2018, 44(6):
ISSN 0257-4799; CN 32-1115/S
DOI: 10.13441/j.cnki.cykx.2018.06.×××

发酵桑饲料对宁乡土杂猪生长性能与屠宰性能及肉品质的影响

李飞鸣¹ 李霞¹ 黄仁志¹ 艾均文¹ 颜新培¹ 贺喜² 罗安乐³ 刘耕¹ 龙唐忠¹
叶添梅¹ 李一平¹

(¹湖南省蚕桑科学研究所,长沙 410127; ²湖南农业大学动物科学技术学院,长沙 410128; ³湖南桑叶加农业科技有限公司,湖南宁乡 410600)

摘要 本试验旨在研究发酵桑饲料(fermented mulberry leaf feed, FMLF)对育肥猪生长性能、屠宰性能及肉品质的影响。选择始重(48.50±5.00)kg的宁乡土杂猪72头,随机分为4组,对照组饲喂基础饲料,试验I、II、III组分别饲喂含10%、13%、16%发酵桑饲料的试验饲料,试验期75d。结果显示:饲料中添加FMLF对宁乡土杂猪平均日增重、平均日采食量和料肉比无显著影响($P>0.05$)。与对照组相比,3个试验组板油率显著降低($P<0.05$),随着FMLF水平增加,前腿比例极显著提高($P<0.01$),后腿比例极显著降低($P<0.01$),但不影响总腿率($P>0.05$)。与对照组相比,3个试验组肌肉剪切力显著降低($P<0.05$),失水率极显著降低($P<0.01$)。试验II组、III组饱和脂肪酸含量显著降低,多不饱和脂肪酸含量显著升高($P<0.05$);3个试验组不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸与对照组间差异达到了极显著水平($P<0.01$)。本研究表明:在饲料中添加10%~16%发酵桑饲料,不影响宁乡土杂猪生长性能,可改善屠宰性能,有效保持猪肉鲜嫩多汁,优化脂肪酸结构;综合考虑,发酵桑饲料在宁乡土杂猪饲料中的最适添加量为13%。

关键词 发酵桑饲料;宁乡土杂猪;生长性能;肉品质;脂肪酸含量;氨基酸组成

中图分类号 ×××;××× 文章编号 0257-4799(2018)06--

Effects of Fermented Mulberry Leaf Feed on Growth, Slaughtering Performance and Meat Quality of Ningxiang Crossbred Pig

Li Feiming¹ Li Xia¹ Huang Renzhi¹ Ai Junwen¹ Yan Xinpei¹ He Xi² Luo Anle³ Liu Geng¹
Long Tangzhong¹ Ye Tianmei¹ Li Yiping¹

(¹Sericulture Science Research Institute of Hunan Province, Changsha 410127, China; ²College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410127, China; ³Hunan Sangyejia Agricultural Science and Technology Co., Ltd, Ningxiang Hunan, 410600, China)

Abstract The test was conducted to study the effects of adding fermented mulberry leaf (FMLF) in feed on growth, slaughtering performance and meat quality of finishing pigs. Sixty pigs with average initial body weight of (48.50±5.00) kg were randomly divided into 4 groups. The control group was fed with basal feed, the test groups (Group I, Group II, Group III) were respectively fed with basal feed containing 10%, 13% and 16% FMLF. The overall test time was 75 d.

收稿日期:2018-06-06 接受日期:2018-07-15
资助项目:湖南省科技计划项目(No.2016NK2168),现代农业产业技术体系专项(No.CARS-18)。

第一作者信息:李飞鸣(1963—),男,农艺师。

E-mail:1160838570@qq.com

通信作者信息:李一平,研究员。

E-mail:704032779@qq.com

* Corresponding author. E-mail:704032779@qq.com

The results indicated that adding FMLF in basal feed had no significant effect on average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and feed-gain ratio (F/G) of Ningxiang crossbred pig ($P>0.05$). The fat ratio of pigs from three test groups were significantly lower than the control group ($P<0.05$). As FMLF level increased, the foreleg ratio increased extremely significantly ($P<$

0.01), and hind leg ratio decreased extremely significantly ($P < 0.01$), but total leg ratio was not affected ($P > 0.05$). As compared to the control group, the shear force and dehydration rate of three test groups decreased at significant ($P < 0.05$) and extremely significant ($P < 0.01$) level respectively. In Group II and Group III, the content of saturated fatty acids (SFA) decreased significantly; moreover, content of polyunsaturated fatty acids (PUFA) and unsaturated fatty acids (UFA) increased significantly ($P < 0.05$); furthermore, the difference of UFA/SFA between the three test groups and control group reached extremely significant level ($P < 0.01$). The results suggest that adding 10%-16% FMLF into feed has no significant effect on the growth performance of Ningxiang crossbred pig, can improve the carcass traits, maintain the freshness and juiciness, and fine-tune the fatty acids composition of the pork. In comprehensive consideration, it is suggested that the most suitable adding amount of FMLF in the feed is 13%.

Keywords Fermented mulberry leaf feed; Ningxiang crossbred pig; Growth performance; Meat quality; Content of fatty acids; Amino acid composition

由于我国畜牧饲料资源短缺,而可利用存量桑资源规模巨大,桑叶作为新型非常规饲料已成为当前研究热点。桑叶营养丰富,干物质粗蛋白质含量20%以上,且氨基酸种类齐全、比例适宜,是一种优质的畜禽蛋白质源^[1]。综合对比,桑叶的饲用价值略低于大豆,优于苜蓿等其他常规饲料作物^[2-4]。国内外研究表明,桑叶或桑叶粉作为饲料或添加剂在畜禽、水产等动物生产上应用,适口性好、消化率高,可以提高机体免疫能力、改善产品品质和养殖环境、提高经济效益^[5-6]。然而桑叶至今未能规模化应用于畜禽生产,主要原因是其粗纤维含量较高,且含有单宁、植物凝集素等抗营养因子^[7],直接添加桑叶粉到单胃动物饲料中达不到理想效果,因而需要进一步处理消除抗营养作用。宁乡花猪作为我国四大地方名种之一,耐粗饲,肉品质风味好,但育肥周期长,瘦肉率分割率低。本试验选取以宁乡花猪为母本培育的宁乡土杂猪为试验对象,饲喂添加不同水平发酵桑饲料的饲料,探讨其对育肥猪生长性能、屠宰性能、肉品质及风味的影响,研究以桑饲料替代部分蛋白质源,为桑饲料在养猪业中的规模化应用提供科学参考依据。

1 材料与试验方法

1.1 试验材料

发酵桑饲料:由湖南省蚕桑科学研究所提供鲜桑枝叶,湖南桑叶加农业科技有限公司制成桑发酵料,水分13.4%,粗蛋白21.1%。基础饲料由湖南桑叶加农业科技有限公司提供。

1.2 试验动物与试验设计

试验选用胎次、日龄基本一致,初始体重为(48.50±5.00)kg体况健康的宁乡土杂猪(“♀宁乡

花猪×♂约克夏”二元杂交后代)去势商品公猪72头,采用单因素试验设计,按初始体重无差异随机分成4个处理组,每组3个重复,每个重复6头。基础饲料为玉米-豆粕型饲料,其中对照组只饲喂基础饲料;试验I、II、III组分别饲喂在基础饲料中添加10%、13%、16%发酵桑料的试验饲料。所有饲料的能量和蛋白质等营养水平均基本相等,试验饲料组成及营养水平见表1。试验期75d,预试5d,正试70d。饲养试验结束时,每个重复随机选1头猪,屠宰采样。

1.3 饲养管理

试验于2017年3月初至5月底在宁乡流沙河雪南花猪养殖场进行。在同一栋封闭式猪舍内,试验猪以重复为单位分栏饲养,进栏前一周猪舍彻底清洗并消毒。试验期内每天早上8:00,下午16:00定时投料,提供充足饮水,自由采食、自由饮水。每天准确记录各重复的日投料量、剩余料量和损失料量以及猪淘汰和死亡数量,并观察猪群的采食、饮水、生长发育及其他异常情况。管理、防疫和消毒按照猪场常规程序进行。

1.4 样品采集与处理

试验结束时,每个重复随机选1头猪进行屠宰,取试验猪左侧胴体背最长肌用于肉品质测定,并采集第2~5腰椎处背最长肌处肌肉样品,-20℃保存,待测定肌肉化学指标。

1.5 指标测定与方法

1.5.1 生长性能指标测定 试验开始时,每头猪进行称重得初始体重,在试验结束时(宰前禁食24h)以栏为单位空腹称重,根据统计的耗料量、试验天数计算平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料肉比(F/G)。

表 1 试验饲料组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrient level of experimental feeds

项目 Item		对照组 Control group	试验组 Test groups		
			I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III
			原料 Ingredients	玉米 Corn	86
	豆粕 Soybean meal	10	7	6	5
	发酵桑饲料 Fermented mulberry leaf feed	0	10	13	16
	预混料 ¹⁾ Premix ¹⁾	4	4	4	4
	合计 Total	100	100	100	100
营养水平 ²⁾ Nutrient levels ²⁾	消化能 / (MJ·kg ⁻¹) Digestible energy	13.58	12.82	12.59	12.36
	粗蛋白 Crude protein	10.98	10.98	10.98	10.95
	钙 Calcium	0.25	0.26	0.33	0.39
	总磷 Total phosphorus	0.29	0.28	0.28	0.27

¹⁾ 预混料为每千克饲料提供: 维生素 A 5 512 IU; 维生素 D₃ 2 200 IU; 维生素 E 64 IU; 维生素 K₃ 2.2 mg; 维生素 B₁₂ 27.6 μg; D-泛酸, 13.8 mg; 核黄素 5.5 mg; 烟酸 30.3 mg; 氯化胆碱 551 mg; 铜 35 mg; 铁 100 mg; 锰 40 mg; 锌 100 mg; 硒 0.3 mg; 碘 0.3 mg。²⁾ 营养水平为计算值。

¹⁾ The premix provided the following per kg of diets: VA 5 512 IU; VD₃ 2 200 IU; VE 64 IU; VK₃ 2.2 mg; VB₁₂ 27.6 μg; pantothenic acid 13.8 mg; riboflavin 5.5 mg; nicotinic acid 30.3 mg; choline chloride 551 mg; Cu 35 mg; Fe 100 mg; Mn 40 mg; Zn 100 mg; Se 0.3 mg; I 0.3 mg. ²⁾ Nutrient levels were calculated values.

1.5.2 屠宰性能指标测定 按照《畜禽生产学实验教程》^[8]中猪的屠宰测定方法进行,称宰前活重,屠宰放血去毛后去头、蹄、尾和内脏(保留板油、肾脏)后取左半边胴体称重,测平均背膘厚和眼肌面积,取前腿、后腿,分别称重,计算屠宰率、板油率、前后腿比例等指标。

1.5.3 肉质指标测定 取猪左侧胴体胸腰椎结合处至第2腰椎处背最长肌,用便携式 pH 测定仪测定屠宰后 45 min 和 24 h 的 pH 值。取第 2~5 腰椎处背最长肌肉样,测定失水率、滴水损失和剪切力等指标,测定方法参照 NY/T 821—2004《猪肌肉品质测定技术规范》^[9]。

1.5.4 肌肉脂肪酸和氨基酸测定 采用高效液相色谱仪测定,检测方法分别参照 GB 5009.168—2016《食品中脂肪酸的测定》^[10]、GB5009.124—2016《食品中氨基酸的测定》^[11]。

1.6 数据处理和统计

原始数据采用 Excel 2007 进行初步处理,用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析, LSD 法进行多重比较。试验结果均采用平均数±标准差表示, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪生长性能的影响

整个试验期间,试验猪生长状况良好,饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪生长性能的影响见表 2;由表中数据可以看出,各组试验猪各项生长性能指标差异不显著 ($P > 0.05$)。经过 75d 的饲养试验,与对照组相比,试验 I、II、III 组平均日增重、平均日采食量均有所提高,其中试验 II 组的日增重最快,采食量最多;3 个试验组料肉比随着发酵桑料的添加比例提高而有所上升,但未产生显著差异 ($P > 0.05$)。

2.2 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪屠宰性能的影响

屠宰性能指标测定结果见表 3。从该表可以看出,3 个试验组的屠宰率与对照组差异不显著 ($P > 0.05$); 试验 I、II、III 组的板油率显著低于对照组 ($P < 0.05$), 分别降低了 14.21%、5.09%、12.06%; 3 个试验组前腿比例均显著高于对照组 ($P < 0.01$), 分别提高了 19.98%、26.54%、22.95%, 而 3 个试验组后腿比例均显著低于对照组 ($P < 0.01$), 分别降低了

17.86%、21.92%、22.62%。平均背膘厚随着发酵桑料添加水平增加而下降,3个试验组分别比对照组下降了13.71%、13.89%、18.47%;而眼肌面积随

着发酵桑料添加水平增加出现了上升趋势,其中试验Ⅱ组眼肌面积最大,Ⅲ组次之,Ⅰ组再次之,对照组最小。

表2 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪生长性能的影响

Table 2 Effects of different proportions of fermented mulberry leaf feed on growth performance of Ningxiang crossbred pig

项目 Item	对照组 Control group	试验组 Test groups			
		I组 Group I	II组 Group II	III组 Group III	
初始体质量 / kg Initial weight	48.54±3.72	48.36±4.15	48.52±5.37	48.60±4.99	
最终体质量 / kg Final weight	108.82±4.11	109.28±6.55	111.48±5.86	110.26±6.30	
平均日增体质量 / (g·d ⁻¹) Average daily weight gain	803.77±14.19	812.29±55.63	839.40±13.26	822.08±39.86	
平均日采食量 / (g·d ⁻¹) Average daily feed intake	2739.89±75.59	2800.52±134.49	2924.51±59.64	2920.43±98.80	
料肉比 Feed/Gain	3.41±0.13	3.45±0.07	3.48±0.17	3.55±0.05	

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($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$);表3~5同。

In the same column, mean values with no and the same letter superscripts mean no significant difference($P>0.05$), those with different small letter superscripts were significantly different($P<0.05$), and those with different capital letter superscripts were extremely significantly different($P<0.01$). The same in Table 3 to 5.

表3 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪肌肉屠宰性能的影响

Table 3 Effects of different proportions of fermented mulberry leaf feed on slaughtering performance of Ningxiang crossbred pig

项目 Item	对照组 Control group	试验组 Test groups			
		I组 Group I	II组 Group II	III组 Group III	
屠宰率 / % Dressingpercentage	75.27±0.21	73.16±2.09	75.07±1.33	73.87±0.36	
板油率 / % Fat percentage	3.73±0.08 ^a	3.20±0.21 ^b	3.54±0.13 ^c	3.28±0.30 ^b	
前腿比例 / % Fore leg ratio	17.82±2.59 ^A	21.38±1.76 ^B	22.55±1.62 ^C	21.91±0.71 ^{BC}	
后腿比例 / % Hind leg ratio	17.02±0.32 ^A	13.98±0.10 ^B	13.29±0.21 ^C	13.17±0.53 ^C	
平均背膘厚 / mm Backfat thickness	39.68±14.78	34.24±3.43	34.17±5.31	32.35±3.91	
皮厚 / mm Skin thickness	5.41±0.26	5.03±0.41	5.10±0.28	4.94±0.83	
眼肌面积 / cm ² Eye muscle area	28.10±6.50	28.66±3.04	32.38±5.72	31.12±3.44	

2.3 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪肌肉品质的影响

由表4可知,3个试验组相互之间背最长肌剪切力、失水率差异不显著($P>0.05$),但与对照组相比,剪切力分别显著降低了16.15%、34.9%、16.76%($P<0.05$),失水率极显著降低了48.71%、46.30%和48.71%($P<0.01$)。添加发酵桑料有降低滴水损失趋势,但差异不显著($P>0.05$);随着桑料添加量的增加肌肉放置24h后pH降低速度有所减小,但无论45min还是24h,4组肌肉的pH值差

异都不显著($P>0.05$);大理石纹评分有提高趋势,但未达到显著差异($P>0.05$)。

2.4 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪肌肉风味的影响

肌肉中氨基酸、脂肪酸测定结果见表5。由表可知,各试验组的肌肉总氨基酸含量、鲜味氨基酸含量与对照组没有显著差异($P>0.05$),但试验组含量均有一定程度提高,其中试验Ⅱ、Ⅲ组总氨基酸比对照组分别提高了3.91%、10.50%,鲜味氨基酸含量分别提高了6.12%、10.97%。总脂肪酸含

量、单不饱和脂肪酸含量差异均不显著 ($P>0.05$)。试验 II 组、III 组饱和脂肪酸含量显著低于对照组 ($P<0.05$), 但试验 I 组与对照组差异不显著 ($P>0.05$); 试验组多不饱和脂肪酸含量显著增加 ($P<0.05$), 其中试验 II 组 $>$ III 组 $>$ I 组; 各组不饱和脂肪

肪酸含量差异接近显著性, 并出现与多不饱和脂肪酸相同的变化趋势。此外, 不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸 3 个试验组与对照组间差异均达到了极显著水平 ($P<0.01$), 其中试验 II 组不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸最大。

表 4 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪肌肉品质影响

Table 4 Effects of different proportions of fermented mulberry leaf feed on meat quality of Ningxiang crossbred pig

项目 Item	对照组 Control group	试验组 Test groups		
		I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III
剪切力 / N Shear force	21.66±4.09 ^a	18.16±0.39 ^b	14.10±3.41 ^b	18.03±1.83 ^b
失水率 / % Dehydration rate	35.40±1.54 ^A	18.35±1.30 ^B	19.01±2.41 ^B	18.16±6.08 ^B
滴水损失 / % Drip loss	3.00±0.40	2.56±0.87	2.64±0.45	2.54±0.27
pH _{45 min}	6.19±0.15	6.19±0.04	6.13±0.05	6.10±0.09
pH _{24 h}	5.65±0.04	5.67±0.03	5.66±0.04	5.67±0.04
ΔpH	0.53±0.16	0.52±0.04	0.46±0.04	0.43±0.05
大理石纹 Marbling score	3.00±0.01	3.33±0.57	3.5±0.50	3.67±0.29

pH_{45 min} 和 pH_{24 h} 分别表示屠宰后 45 min 和 24 h 的 pH 测定值。ΔpH 表示 24 h 后 pH 变化。

pH_{45 min} and pH_{24 h} respectively mean the measured value of pH at 45 min and 24 h after slaughter. ΔpH means change of pH after 24 h.

表 5 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪肌肉氨基酸和脂肪酸含量的影响

Table 5 Effects of different proportions of fermented mulberry leaf feed on content of amino acids and fatty acids of Ningxiang crossbred pig

项目 Item	对照组 Control group	试验组 Test groups		
		I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III
总氨基酸含量 / % Content of total amino acids	20.97±0.43	20.84±1.68	21.79±0.82	23.17±2.19
鲜味氨基酸含量 / % Content of delicious amino acids	10.12±0.33	10.15±0.90	10.74±0.28	11.23±0.98
总脂肪酸含量 / % Content of total fatty acids	93.12±0.04	91.27±1.48	90.97±0.98	91.14±2.77
饱和脂肪酸含量 / % Content of saturated fatty acids	47.07±0.11 ^a	44.71±0.62 ^{ab}	43.26±0.71 ^b	43.55±2.41 ^b
不饱和脂肪酸含量 / % Content of unsaturated fatty acids	46.05±0.40 ^a	46.57±1.26 ^{ab}	47.72±0.83 ^b	47.59±0.36 ^b
单不饱和脂肪酸含量 / % Content of monounsaturated fatty acids	44.85±0.86	44.59±1.05	45.22±1.24	45.19±0.81
多不饱和脂肪酸含量 / % Content of polyunsaturated fatty acids	1.20±0.05 ^a	1.98±0.68 ^{ab}	2.5±0.47 ^b	2.40±0.45 ^b
不饱和脂肪酸/饱和氨基酸 UFA / SFA	0.98±0.05 ^A	1.04±0.74 ^B	1.10±0.66 ^B	1.09±1.19 ^B

3 讨论

3.1 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪生长性能的影响

桑叶营养价值高, 但存在较高含量的粗纤维、单宁等抗营养因子, 阻碍动物对养分的消化利用,

当添加比例超出一定范围会影响动物的生长。宋琼莉等^[12]在二元杂交育肥猪饲料中添加 5%~15% 桑叶粉, 发现添加量为 5% 和 10% 对生长性能影响不显著 ($P>0.05$), 当添加到 15% 时显著降低育肥猪平均日增重和饲料转化率 ($P<0.05$)。张娜娜等^[13]对比研究添加 15% 饲料桑粉和 15% 发酵饲料桑粉

的育肥效果,发现15%发酵饲料桑粉组育肥猪的日增重显著高于15%饲料桑粉组和对照组,并指出是由于饲喂经过发酵的桑叶粉抗营养作用减小,提高了猪的采食量,因此会使猪的平均日增重有所提高。本试验结果表明,添加10~16%发酵桑饲料试验组的平均日采食量、平均日增重与对照组相比均有所提高,这可能跟本试验所用猪品种、发酵菌种以及发酵水平等因素不同有关。

3.2 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪屠宰性能的影响

屠宰性能是衡量猪产肉经济性的重要指标。李有贵等^[14]在饲料中添加10%、20%的桑叶粉对育肥猪胴体率没有显著影响,板油率显著降低($P < 0.05$)。本试验中3个试验组板油率比对照组亦显著下降($P < 0.05$),与前述试验结果相似,表明发酵桑叶粉具有减少猪胴体脂肪沉积的作用。本试验中试验组前腿比例极显著高于对照组,后腿比例极显著低于对照组($P < 0.01$),表明添加发酵桑饲料不仅能减少脂肪沉积,还可以增加肌肉蛋白质沉积,优化调整猪的前、后腿比例。背膘厚、眼肌面积在一定程度上也能反映机体沉积脂肪、蛋白的能力。杨静等^[15]的研究显示,在育肥猪饲料中添加10%~20%的饲用桑粉,背膘厚随饲用桑粉提高而降低,当添加到15%时显著降低。在本试验中,随着发酵桑饲料添加水平增加平均背膘厚、皮厚出现下降趋势,眼肌面积呈现上升趋势,同样表明发酵桑饲料具有抑制脂肪沉积、促进蛋白沉积的作用。但背膘厚等未出现显著差异,可能是由于本试验猪含有地方脂肪型猪——宁乡花猪一半的血统,同时在育肥期机体以体脂沉积为主,对试验猪的背膘厚影响不明显。

3.3 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪肌肉品质的影响

评价肉品质主要的指标有肉色、嫩度、系水力、pH值和大理石纹等,其中肌肉嫩度是评定肉品质的决定性指标,平均剪切力值越大表示肉越老,反之越嫩。滴水损失和失水率是反映系水力的指标,肌肉滴水损失和失水率越小,肌肉的保水能力越高,肉品质也就越好。多项研究发现,饲料中添加桑叶(粉)可以改善鸡、猪、牛、羊、鱼等肉的颜色、嫩度、pH值等,从而提高肉品质^[16-20]。本试验结果显示,试验组肌肉剪切力显著降低($P < 0.05$),失水率极显

著降低($P < 0.01$),说明添加发酵桑饲料能够同时提高猪肉的嫩度和保水能力,与何宏亮等^[21]在生长育肥猪中添加桑叶粉的研究结果一致。可能的原因有以下两点,一是与桑叶能双向调控脂质代谢有关,即不仅抑制体脂沉积,降低板油率,而且能促进肌肉中肌内脂肪、磷脂等脂质沉积,维持肌纤维和细胞膜的功能;二是桑叶中的多种生物活性可防止屠宰后大量自由基等有害物质对细胞结构和功能的损坏,防止细胞内水分外流。此外,本试验大理石纹评分有提高趋势,而大理石纹评分与肌内脂肪含量呈正相关,也反映出发酵桑饲料能促进肌肉脂肪沉积。猪屠宰后因肌糖原酵解、脂肪酸败使pH下降很快,使肌肉蛋白变性,会产生PSE(pale soft exudative meat,俗称白肌肉)或DFD(dry firm dark meat,俗称黑干肉)低品质猪肉。本试验各组肌肉pH变化不明显,但随着添加水平的上升,pH下降速率减缓。可能是桑叶含有丰富的黄酮、多糖、生物碱等抗氧化成分,能保护脂质免受氧化,从而抑制猪肉酸败,延长pH下降速率,起到保护猪肉品质的作用^[22]。

3.4 饲料中添加不同比例发酵桑饲料对宁乡土杂猪肌肉风味成分的影响

肌肉氨基酸、脂肪酸是评价猪肉营养价值的重要指标,也是影响肉质风味的重要因素^[23]。鲜味氨基酸是形成肉香味所必需的前体氨基酸,直接决定了肉的风味,它们不但能形成鲜味还能缓冲酸与咸等特殊味道^[24]。本试验对肌肉氨基酸分析发现,氨基酸总量、鲜味氨基酸含量随发酵桑饲料添加有所提高($P > 0.05$),说明饲料中适量添加发酵桑饲料对肌肉鲜味氨基酸含量有一定提升作用。不饱和脂肪酸尤其是多不饱和脂肪酸是肉食香味的重要前体物质,同时对心脑血管疾病、糖尿病有良好保健和治疗作用^[25]。因此,近年来人们把脂肪酸的研究重点放在如何调整猪肉脂肪酸组成上。本试验发现,随着发酵桑饲料添加水平提高,肌肉饱和脂肪酸含量显著下降,不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸含量显著提高($P < 0.05$)。杨静^[15]的研究与本试验结果基本一致,同时分析指出,桑叶本身多不饱和脂肪酸含量高,猪采食后不经氢化直接在体内沉积,可改变肌肉脂肪酸组成,提高不饱和脂肪酸特别是多不饱和脂肪酸比例^[26]。此外,本试验中试验组与对照组不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸出现了极显

著差异($P < 0.01$),这表明添加发酵桑饲料能优化调整饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸结构,当发酵桑料水平添加到13%时,脂肪酸组成与含量为最优。

4 结论

本试验条件下,在饲料中添加10%~16%的发酵桑料不影响宁乡土杂猪生长性能,但能够降低板油率,优化前后腿比例,改善屠宰性能;能降低猪肉的剪切力和失水率,有效保持肌肉鲜嫩多汁性;能优化调整肌肉饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸比例,提高鲜味氨基酸含量,从而改善肉质风味,提升营养价值。综合考虑,当发酵桑料添加水平为13%时,提升宁乡土杂猪屠宰性能、肉质风味的效果最好。

参考文献 (References)

- [1] 何雪梅,廖森泰,刘吉平.桑树的营养功能性成分及药理作用研究进展[J].蚕业科学,2004,30(4):390-392
- [2] 杜周和,刘俊凤,左艳春,等.桑叶的营养特性及其饲料开发利用价值[J].草业学报,2011,20(5):192-200
- [3] 孟留伟,周逸斌,黄凌霞.桑叶的饲用价值及其在动物生产中的应用和研究现状[J].蚕桑通报,2016,47(3):11-18
- [4] 黄静,邝哲师,刘吉平,等.桑叶在动物饲料的应用研究现状与发展策略[J].蚕业科学,2014,40(6):1114-1121
- [5] SUDO M, KURAMOTO H, ISO M. Studies on functional poultry eggs: Effects of mulberry leaves on quantity of eggs [J]. *Bull Ibaraki Prefect Poult Exp Stn*, 2000(33):21-34
- [6] 赵春晓.桑叶粉在蛋鸡饲料添加剂中的应用研究[D].泰安:山东农业大学,2007
- [7] 邝哲师,黄静,廖森泰,等.桑叶粉和发酵桑叶粉对胡须鸡屠宰性能、肉质及盲肠菌群的影响[J].中国畜牧兽医,2016,43(8):1989-1997
- [8] 周贵,王立克,黄瑞华,等.畜禽生产学实验教程[M].北京:中国农业大学出版社,2006:173-177
- [9] 中华人民共和国农业部.猪肌肉品质测定技术规范:NY/T 821-2004[S].北京:中国标准出版社,2004:4-8
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品中脂肪酸的测定:GB 5009.168-2016[S].

北京:中国标准出版社,2016:3-8.

- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品中氨基酸的测定:GB5009.124-2016[S].北京:中国标准出版社,2016:3-13
- [12] 宋琼莉,韦启鹏,邹志恒,等.桑叶粉对育肥猪生长性能、肉质和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(2):541-547
- [13] 张娜娜,曹洪战,李同洲,等.发酵饲料桑粉对育肥猪生长性能和猪肉品质的影响[J].中国兽医学报,2016,36(12):2166-2170
- [14] 李有贵,张雷,钟石,等.饲料中添加桑叶对育肥猪生长性能、脂肪代谢和肉品质的影响[J].动物营养学报,2012,24(9):1805-1811
- [15] 杨静.饲料桑粉的营养价值评定及在生长育肥猪日粮中的应用研究[D].保定:河北农业大学,2014
- [16] 吴萍,厉宝林,李龙,等.日粮中添加桑叶粉对黄羽肉鸡生长性能、屠宰性能和肉品质的影响[J].中国家禽,2007,29(7):13-15
- [17] 刘子放,邝哲师,叶明强,等.桑枝叶粉饲料化利用的营养及功能性研究[J].广东蚕业,2011,44(4):24-28
- [18] 尧国荣,陈金和,许振华,等.桑叶在蛋鸡与肉鸡生产中应用的研究进展[J].黑龙江畜牧兽医,2015(23):70-72
- [19] 吴浩.桑叶和 DDGS 在反刍动物饲养中的应用研究[D].北京:中国农业大学,2015
- [20] 梅宁安,李如冲,张雪山,等.桑枝饲料育肥肉用杂公羔屠宰性能及理化指标测试分析[J].上海畜牧兽医通讯,2010(5):34-35
- [21] 何亮宏,陈国顺,权群学,等.桑叶粉对生长肥育猪生长性能、屠宰性能、肉质及风味的影响[J].中国畜牧杂志,2018,54(8):68-74
- [22] 崔艺燕,马现永.桑叶对猪肉品质影响的研究进展[J].中国饲料,2017(1):5-9;12
- [23] 陈国顺,刘孟洲.野猪杂种猪肌肉营养特性的分析[J].养猪,2004(1):24-27
- [24] 朱砾,李学伟,帅素容,等.大河猪与大河乌猪的肌肉营养成分分析[J].中国畜牧杂志,2008,44(7):6-9
- [25] 李强.沼渣源饲料对猪肥育效果和肌肉脂肪酸组成及肌纤维类型的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2009
- [26] 王雯熙,杨红建,薄玉琨,等.不同品种桑叶营养成分分析与代谢能值评定研究[J].中国畜牧杂志,2012,38(3):41-45