

# 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪生长性能、胴体品质和肌肉品质的影响

张兴<sup>1</sup> 朱少中<sup>2</sup> 杨旗<sup>2</sup> 粟泽雄<sup>3</sup> 谭红<sup>1</sup> 刘传芳<sup>3</sup>  
吴买生<sup>3\*</sup> 段叶辉<sup>4</sup> 印遇龙<sup>4</sup>

(1.湘潭市家畜育种站,湘潭 411104; 2.湘潭华阳构树产业发展有限公司,湘潭 411228; 3.湘潭市农业农村局,湘潭 411104; 4.中国科学院亚热带农业生态研究所,动物营养生理与代谢过程湖南省重点实验室,长沙 410125)

**摘要:** 本试验旨在研究构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪生长性能、胴体品质和肌肉品质的影响。试验选用体重(32.79±0.82) kg的湘沙猪配套系商品猪72头,随机分为3个组,每组3个重复,每个重复8头猪。对照组饲喂基础饲料,试验I组前期和后期分别添加20%和30%的构树发酵饲料I(湘潭某公司生产),试验II组前期和后期分别添加20%和30%的构树发酵饲料II(江西某公司生产)。试验期103 d。结果表明:1) 试验全期,试验I组、试验II组平均日增重比对照组略有降低( $P>0.05$ )。2) 试验I组的皮厚显著高于对照组( $P<0.05$ )。3) 试验I组和试验II组的肌肉脂肪和背最长肌中肌苷酸含量显著高于对照组( $P<0.05$ ),试验I组的背最长肌中天冬氨酸、组氨酸、甘氨酸、苏氨酸、丙氨酸、精氨酸、酪氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、脯氨酸、总氨基酸、风味氨基酸、必需氨基酸含量显著高于对照组和试验II组( $P<0.05$ ),试验I组和试验II组的背最长肌中月桂酸含量显著高于对照组( $P<0.05$ ),试验I组的背最长肌中不饱和脂肪酸含量显著高于试验II组( $P<0.05$ )。4) 试验II组的背最长肌中镁含量显著高于对照组( $P<0.05$ ),3组的背最长肌中重金属砷、汞、镉、铅含量均未超标。综上所述,构树发酵饲料替代部分全价料饲喂湘沙猪配套系商品猪对其生长性能无显著影响,但能显著提高肌肉脂肪、氨基酸、肌苷酸和月桂酸含量,改善肌肉品质。

**关键词:** 构树发酵饲料; 湘沙猪配套系商品猪; 生长性能; 胴体品质; 肌肉品质

中图分类号: S828

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2019)12-5760-12

随着养殖业的快速发展,对饲料原料的需求日益增长,特别是对能量和蛋白质饲料原料的需求量大,人畜争粮的问题愈发明显<sup>[1]</sup>。因此,寻找新的饲料原料替代物、开发新的非常规饲料资源很有必要。陶兴无等<sup>[2]</sup>报道,构树叶中粗蛋白质含量高,氨基酸、维生素、碳水化合物及矿物质十分丰富,是一种宝贵的非常规林业饲料资源。构树广泛分布于我国黄河、长江及珠江流域,具有

生长快、适应性强等优点,在平原、丘陵、山地均可生长。邳植等<sup>[3]</sup>报道,构树是我国的乡土树种,具有营养丰富、蛋白质生物学价值高、饲喂效果好等特点。截止2017年,全国构树种植面积已经超过2万 $\text{hm}^2$ 。构树叶中粗蛋白质含量为21.30%~22.97%,粗纤维含量为9.07%~15.40%。何国英<sup>[4]</sup>报道,猪对构树叶的表观消化能为10.54 MJ/kg,黄羽肉鸡对构树叶的表观消化能和

收稿日期: 2019-06-12

基金项目: 湖南省农业委现代生猪产业技术体系建设项目(2015—2019年); 湘潭市双十大科技创新项目暨重点专利转化项目(NY-ZD20172006)

作者简介: 张兴(1987—)男,湖南湘潭人,畜牧师,硕士,从事猪的营养与饲养管理工作。E-mail: 523591673@qq.com

\* 通信作者: 吴买生,研究员, E-mail: wms621220@hotmail.com

真代谢能分别为 6.92 和 8.11 MJ/kg。左鑫等<sup>[5]</sup>报道,鹅对构树叶粉的表观消化能平均值为 9.72 MJ/kg。构树是木本饲料,其中含有单宁、木质素等抗营养因子,构树中单宁含量约为 15.5 g/kg,单宁含量高于猪、鸡等单胃动物的适应范围。构树粗纤维含量高、蛋白质结构复杂,单胃动物难以消化,实际应用中可以通过青贮、发酵处理达到最佳的饲用效果<sup>[3]</sup>。发酵饲料能提高动物平均日增重,降低料重比,增加经济效益,增加肌肉氨基酸和肌间脂肪含量,提高机体抗氧化能力。发酵饲料应用前景广阔,未来将大有可为<sup>[6]</sup>。

前人的研究主要集中在构树叶<sup>[7]</sup>、构树叶粉<sup>[8]</sup>等直接饲喂生猪、家禽的效果,目前尚未有对全株构树枝叶发酵处理后生产的构树发酵饲料饲喂生猪方面的研究。为明确构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪的饲喂效果,本试验选择湘潭某公司和江西某公司研制生产的构树发酵饲料替代部分全价料饲喂湘沙猪配套系商品猪,目的是研究构树发酵饲料替代部分全价料的可行性,并探讨构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪生长性

能、胴体品质和肌肉品质的影响,为构树发酵饲料在生猪生产中的推广应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选择 2 种构树发酵饲料,一种由湘潭某公司生产(简称构树发酵饲料 I),一种由江西某公司生产(简称构树发酵饲料 II)。构树发酵饲料 I 以湖南省湘潭市湘潭县本地收割的新鲜构树全株(株高 80~120 cm 收割)作为主要原料,将构树进行切断打碎,添加少量玉米、豆粕及发酵微生物(酵母菌和乳酸菌)和酶制剂(纤维素酶)装袋进行发酵。构树发酵饲料 II 以江西省九江市彭泽县本地收割的新鲜构树全株(株高 120~150 cm 收割)作为主要原料,将构树进行切断打碎,添加少量玉米、豆粕及发酵微生物(酵母菌和乳酸菌)和酶制剂(多元化木霉、黑曲霉、米曲霉)装袋进行发酵。试验用构树发酵饲料为粉末状,其营养水平见表 1。

表 1 构树发酵饲料营养水平(风干基础)

Table 1 Nutrient levels of *Broussonetia papyrifera* fermented feed (air-dry basis)

%

项目 Items	构树发酵饲料 I <i>Broussonetia papyrifera</i> fermented feed I	构树发酵饲料 II <i>Broussonetia papyrifera</i> fermented feed II
粗蛋白质 CP	15.99	19.07
粗纤维 CF	9.63	10.90
酸性洗涤纤维 ADF	17.86	22.49
中性洗涤纤维 NDF	31.92	30.90
粗灰分 Ash	15.28	16.78
粗脂肪 EE	2.55	0.32
总能 GE/(MJ/kg)	14.40	14.03

### 1.2 试验设计

试验于 2018 年 7 月 10 日至 2018 年 10 月 20 日在湘潭县合龙养殖场进行,试验期 103 d。前期和后期以试验猪体重达到 60 kg 左右为界定,前期为 7 月 10 日至 8 月 28 日(50 d),后期为 8 月 29 日至 10 月 20 日(53 d)。试验选择 72 头体重(32.79±0.82) kg 的生长发育正常的湘沙猪配套系商品猪,随机分为 3 个组,每组 3 个重复,每个重复 8 头猪,公母比例一致。对照组饲喂基础饲料,试验 I 组前期和后期分别添加 20%和 30%的构树发酵饲料 I,试验 II 组前期和后期分别添加

20%和 30%的构树发酵饲料 II。试验饲粮营养水平参照《猪饲养标准》(NY/T 65—2004)推荐的生长育肥猪营养需要量进行配制。试验饲粮组成及营养水平见表 2。

### 1.3 饲养管理

试验猪采用水泥地面栏舍饲养,各组栏舍条件基本一致。试验正式开始前进行 7 d 的预试期。预试期间,3 组均饲喂基础饲料。试验期间,试验猪按照常规饲养管理,自由饮水,发酵饲料与基础饲料拌匀后饲喂,日喂 2 次,喂料量以吃饱不剩料为原则。

表 2 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

%

项目 Items	前期 Earlier stage			后期 Later stage		
	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II
原料 Ingredients						
玉米 Corn	57.51	46.01	46.01	65.04	45.56	45.56
麦麸 Wheat bran	20.00	15.10	15.10	16.00	9.83	9.83
豆粕 Soybean meal	18.00	14.40	14.40	14.50	10.15	10.15
构树发酵饲料 I <i>Broussonetia papyrifera</i> fermented feed I		20.00			30.00	
构树发酵饲料 II <i>Broussonetia papyrifera</i> fermented feed II			20.00			30.00
赖氨酸盐酸盐 Lys · HCl	0.18	0.18	0.18	0.15	0.15	0.15
食盐 NaCl	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
预混料 Premix <sup>1)</sup>	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>						
消化能 DE/(MJ/kg)	12.77	12.33	12.33	12.98	12.25	12.25
粗蛋白质 CP	15.52	15.61	16.23	14.00	14.60	15.52
钙 Ca	0.65	0.65	0.65	0.58	0.58	0.58
总磷 TP	0.58	0.58	0.58	0.51	0.51	0.51
赖氨酸 Lys	0.90	0.90	0.90	0.75	0.75	0.75
蛋氨酸 Met	0.23	0.23	0.23	0.21	0.21	0.21
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.54	0.54	0.54	0.51	0.51	0.51

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: Fe 155 mg, Cu 200 mg, Zn 140 mg, Mn 50 mg, VA 17 500 IU, VD 3 400 IU, VE 20 IU, VB<sub>2</sub> 3.6 mg, 烟酸 nicotinic acid 27 mg, 泛酸 pantothenic acid 13 mg, VB<sub>12</sub> 0.09 mg, 生物素 biotin 0.15 mg, 胆碱 choline 1.00 mg。

<sup>2)</sup> 营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

## 1.4 测定指标和方法

### 1.4.1 生长性能

试验期间,详细记录各阶段每组的试验猪体重和采食量,测定各组平均日增重、平均日采食量、料重比。

### 1.4.2 胴体品质

繁育试验结束后,每组挑选生长发育正常、健康无病的试验猪 10 头(公母各占 1/2),共 30 头进行屠宰测定。试验猪空腹 24 h,宰前称重,按《瘦肉型猪胴体性状测定技术规范》(NY/T 825—2004)进行胴体品质测定。测定的胴体品质主要包括屠宰率、胴体直长、平均背膘厚、后腿比例以及瘦肉率等指标。

### 1.4.3 肌肉品质

按照《猪肌肉品质测定技术规范》(NY/T 821—2004)测定肉色、大理石纹、肌肉 pH、失水率、滴水损失、嫩度、熟肉率和肌内脂肪含量等常规指标。肉色用比色板评分法测定,大理石纹对照 10 分制大理石纹评分图测定,肌肉 pH 采用 pH 计测定,失水率采用压力法测定。嫩度按照《肉嫩度的测定剪切力测定法》(NY/T 1180—2006)进行测定。取腰大肌样品约 100 g,称蒸前重,然后置于蒸锅内加盖蒸 30 min,取出肉样悬挂于室内阴凉处冷却 30 min,称蒸后重,计算熟肉率。取左边胴体第 1~3 腰椎间背最长肌肉样,送中国科学院亚热带农业研究所重点实验室,测定肌肉脂肪

酸、肌苷酸、氨基酸和矿物质含量。

脂肪酸含量采用气相色谱法测定(安捷伦 7890-A 气相色谱仪),肌苷酸含量采用液相色谱法测定(液相色谱仪 1290),氨基酸含量采用普通酸水解法测定(赛卡姆全自动氨基酸分析仪)。

根据世界卫生组织/联合国粮农组织(WHO/FAO)提出的必需氨基酸评分标准进行比较<sup>[9]</sup>,必需氨基酸得分计算公式如下:

必需氨基酸得分 = 每克检测蛋白质中氨基酸含量(mg) / (WHO/FAO) 评分体系中每克蛋白质中氨基酸含量(mg)。

矿物质含量测定方法与仪器:钾、钠含量利用原子吸收仪,采用硫酸-双氧水消煮法测定;钙、镁、铜、锌、铅、镉含量利用电感耦合等离子体原子发射光谱仪(Agilent ICP-720 OES),采用硝酸-高氯酸消煮法测定;砷、汞含量利用原子荧光光谱分析仪(AFS-830)测定。

### 1.5 数据处理

利用 Excel 2003 对数据进行整理,并采用 SPSS 16.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),采用 Duncan 氏法进行多重比较。由于试验条件限制,平均日采食量只是记录每组的采食量,所以未进行统计方差分析,因此平均日采食量和料重比用平均值表示,其他结果用平均值±标准差表示,以  $P < 0.05$  作为差异显著性判断标准。

## 2 结果与分析

### 2.1 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪生长性能的影响

由表 3 可知,试验开始时,各组试验猪初重差异不显著( $P > 0.05$ )。试验前期,与对照组相比,试验 II 组平均日增重降低了 6.30%,差异显著( $P < 0.05$ );试验 I 组平均日增重有所降低,但差异不显著( $P > 0.05$ )。对照组平均日采食量最小,试验 I 组和试验 II 组有所增加。对照组料重比最小,为 2.42;试验 I 组和试验 II 组料重比分别为 2.85、2.89,均比对照组有所增加。试验后期,试验 I 组、试验 II 组平均日增重均低于对照组,但 3 组间差异不显著( $P > 0.05$ )。试验 I 组、试验 II 组平均日采食量和料重比均低于对照组。试验全期,对照组、试验 I 组、试验 II 组的平均日增重差异不显著( $P > 0.05$ )。试验 I 组、试验 II 组平均日采食量均低于对照组,而料重比均高于对照组。

### 2.2 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪胴体品质的影响

由表 4 可知,各组之间宰前活重、胴体重、屠宰率、胴体直长、平均背膘厚、肋骨对数、眼肌面积、后腿比例、瘦肉率、肥肉率、骨率、皮率、肉色评分和大理石纹均无显著差异( $P > 0.05$ )。试验 I 组的皮厚比对照组提高了 19.06%( $P < 0.05$ )。

### 2.3 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪肉肉质性状的影响

由表 5 可知,各组之间  $pH_{1h}$ 、 $pH_{24h}$ 、亮度、红度、黄度、失水率、系水力、滴水损失、熟肉率、水分、嫩度差异不显著( $P > 0.05$ ),且处于正常范围内。但试验 I 组和试验 II 组的肌内脂肪含量分别比对照组提高了 15.44%、19.31%,差异均显著( $P < 0.05$ )。这可能是与构树本身含有丰富的脂类物质有关,这些脂类物质能够调节机体脂肪酸代谢。

### 2.4 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪背最长肌中肌苷酸含量的影响

由表 6 可知,试验 I 组和试验 II 组的背最长肌中肌苷酸含量分别比对照组提高了 8.82%、9.80%,差异均显著( $P < 0.05$ )。

### 2.5 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪背最长肌中氨基酸含量的影响

由表 7 可知,与对照组相比,试验 I 组背最长肌中天冬氨酸、组氨酸、甘氨酸、苏氨酸、丙氨酸、精氨酸、酪氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、脯氨酸分别增加 5.97%、8.16%、8.89%、6.19%、5.00%、6.62%、10.61%、5.26%、6.78%、11.49%、8.74%、7.47%、8.25%、6.67%,差异均显著( $P < 0.05$ ),且总氨基酸、风味氨基酸、必需氨基酸含量分别增加 6.27%、5.33%、8.01%,差异均显著( $P < 0.05$ ),并相应的显著高于试验 II 组( $P < 0.05$ )。这表明试验 I 组的构树发酵饲料能显著增加湘沙猪配套系商品猪背最长肌中氨基酸(除谷氨酸、丝氨酸以外)含量。

由表 8 可知,与对照组相比,试验 I 组背最长肌中异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸+胱氨酸、酪氨酸+苯丙氨酸、苏氨酸、缬氨酸的必需氨基酸得分均有所上升,试验 II 组只有部分必需氨基酸得分上升,表明试验 I 组背最长肌中必需氨基酸含量均有不同程度上升,有利于促进必需氨基酸平衡。

表3 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪生长性能的影响  
Table 3 Effects of *Broussonetia papyrifera* fermented diet on growth performance of *Xiangsha* pigs commercial line of commercial pigs

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II
初重 Initial weight/kg	31.84±0.13	33.22±0.79	33.30±1.23
前期 Earlier stage			
末重 Final weight/kg	62.75±1.20	63.47±1.78	62.27±0.80
平均日增重 ADG/g	630.90±22.01 <sup>a</sup>	617.12±20.47 <sup>ab</sup>	591.14±10.39 <sup>b</sup>
平均日采食量 ADFI/g	1 526.78	1 758.79	1 708.39
料重比 F/G	2.42	2.85	2.89
后期 Later stage			
末重 Final weight/kg	100.03±1.76	98.46±2.30	96.39±2.60
平均日增重 ADG/g	716.95±17.57	686.08±43.83	656.26±47.73
平均日采食量 ADFI/g	2 358.77	2 126.85	2 014.72
料重比 F/G	3.29	3.10	3.07
全期 Whole stage			
平均日增重 ADG/g	675.49±7.28	645.94±19.68	624.67±28.14
平均日采食量 ADFI/g	1 952.17	1 879.69	1 849.02
料重比 F/G	2.89	2.91	2.96

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ) ,相同或无字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ ) 。表 4、表 5、表 6、表 7、表 9、表 10 同。

In the same row , values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ) , while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P>0.05$ ) . The same as Table 4 , Table 5 , Table 6 , Table 7 , Table 9 and Table 10.

表4 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪胴体品质的影响  
Table 4 Effects of *Broussonetia papyrifera* fermented diet on carcass quality of *Xiangsha* pigs commercial line of commercial pigs

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II
宰前活重 Live weight before slaughter/kg	98.91±4.02	100.63±6.00	102.06±5.45
胴体重 Carcass weight/kg	72.69±3.78	73.51±4.55	73.93±4.67
屠宰率 Slaughter percentage/%	73.48±1.62	73.06±1.13	72.46±2.69
胴体直长 Carcass straight long/cm	93.59±2.41	91.82±3.37	93.18±3.33
平均背膘厚 Average backfat thickness/mm	27.14±4.26	25.66±4.42	26.33±5.85
皮厚 Skin thickness/mm	3.41±0.30 <sup>b</sup>	4.06±0.82 <sup>a</sup>	3.74±0.66 <sup>ab</sup>
肋骨对数 Rib pair	14.90±0.32	14.82±0.41	14.82±0.41
眼肌面积 Loin eye area/cm <sup>2</sup>	37.98±3.89	36.54±4.71	35.80±3.65
后腿比率 Hind leg percentage/%	29.08±1.34	28.71±1.24	29.36±1.40
瘦肉率 Lean meat percentage/%	58.19±2.93	58.98±2.08	57.36±3.22
肥肉率 Fat percentage/%	23.22±3.50	21.60±1.88	23.43±5.01
骨率 Bone percentage/%	10.66±1.25	11.12±1.37	11.38±2.04
皮率 Skin percentage/%	7.92±0.78	8.28±1.20	7.83±1.43
肉色评分 Score of color	3.55±0.16	3.50±0.00	3.46±0.27
大理石纹 Marbling fiber	2.40±0.57	2.82±0.68	3.00±0.77

表 5 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪肉质性状的影响

Table 5 Effects of *Broussonetia papyrifera* fermented diet on meat traits of *Xiangsha* pigs commercial line of commercial pigs

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II
pH <sub>1h</sub>	6.49±0.93	6.19±0.18	6.25±0.11
pH <sub>24h</sub>	5.74±0.06	5.75±0.06	5.75±0.05
亮度 L*	39.94±2.09	40.94±1.86	40.74±2.14
红度 a*	4.46±0.98	4.34±0.79	4.99±0.62
黄度 b*	9.24±0.48	9.58±0.62	9.63±0.61
失水率 Water loss rate/%	93.45±1.09	92.65±1.99	93.70±0.95
系水力 Water holding capacity/%	4.81±0.80	5.41±1.44	4.62±0.70
滴水损失 Drip loss/%	3.08±0.64	3.39±0.80	3.74±0.84
熟肉率 Cooked meat percentage/%	65.34±0.95	64.70±1.85	63.13±3.92
水分 Moisture/%	73.43±0.48	73.63±0.56	73.34±0.51
肌肉脂肪 Intramuscular fat/%	2.59±0.20 <sup>a</sup>	2.99±0.13 <sup>b</sup>	3.09±0.22 <sup>b</sup>
嫩度 Tenderness/N	76.32±15.87	65.58±15.98	69.96±15.61

表 6 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪背最长肌中肌苷酸含量的影响

Table 6 Effects of *Broussonetia papyrifera* fermented diet on content of inosine acid in *longissimus dorsi* of *Xiangsha* pigs commercial line of commercial pigs

项目 Item	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II
肌苷酸 Inosine acid	2.04±0.09 <sup>b</sup>	2.22±0.13 <sup>a</sup>	2.24±0.17 <sup>a</sup>

表 7 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪背最长肌中氨基酸含量的影响

Table 7 Effects of *Broussonetia papyrifera* fermented diet on contents of amino acid in *longissimus dorsi* of *Xiangsha* pigs commercial line of commercial pigs

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II
天冬氨酸 Asn <sup>#</sup>	2.01±0.18 <sup>b</sup>	2.13±0.07 <sup>a</sup>	1.99±0.13 <sup>b</sup>
谷氨酸 Glu <sup>#</sup>	3.16±0.09	3.24±0.15	3.11±0.21
丝氨酸 Ser <sup>#</sup>	0.82±0.02	0.81±0.04	0.80±0.04
组氨酸 His <sup>*</sup>	0.98±0.03 <sup>b</sup>	1.06±0.05 <sup>a</sup>	0.96±0.08 <sup>b</sup>
甘氨酸 Gly <sup>#</sup>	0.90±0.04 <sup>b</sup>	0.98±0.05 <sup>a</sup>	0.90±0.06 <sup>b</sup>
苏氨酸 Thr <sup>*</sup>	0.97±0.03 <sup>b</sup>	1.03±0.04 <sup>a</sup>	0.96±0.06 <sup>b</sup>
丙氨酸 Ala <sup>#</sup>	1.20±0.04 <sup>b</sup>	1.26±0.04 <sup>a</sup>	1.18±0.08 <sup>b</sup>
精氨酸 Arg <sup>#</sup>	1.36±0.04 <sup>b</sup>	1.45±0.05 <sup>a</sup>	1.33±0.09 <sup>b</sup>
酪氨酸 Tyr <sup>#</sup>	0.66±0.02 <sup>b</sup>	0.73±0.02 <sup>a</sup>	0.65±0.05 <sup>b</sup>
缬氨酸 Val <sup>* #</sup>	1.14±0.03 <sup>b</sup>	1.20±0.03 <sup>a</sup>	1.12±0.08 <sup>b</sup>
蛋氨酸 Met <sup>* #</sup>	0.59±0.03 <sup>b</sup>	0.63±0.04 <sup>a</sup>	0.58±0.04 <sup>b</sup>
苯丙氨酸 Phe <sup>*</sup>	0.87±0.03 <sup>b</sup>	0.97±0.02 <sup>a</sup>	0.86±0.07 <sup>b</sup>
异亮氨酸 Ile <sup>* #</sup>	1.03±0.03 <sup>b</sup>	1.12±0.03 <sup>a</sup>	1.03±0.07 <sup>b</sup>
亮氨酸 Leu <sup>* #</sup>	1.74±0.04 <sup>b</sup>	1.87±0.06 <sup>a</sup>	1.72±0.12 <sup>b</sup>

续表 7

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II
赖氨酸 Lys <sup>*</sup>	1.94±0.05 <sup>b</sup>	2.10±0.06 <sup>a</sup>	1.91±0.05 <sup>b</sup>
脯氨酸 Pro <sup>#</sup>	0.75±0.02 <sup>b</sup>	0.80±0.03 <sup>a</sup>	0.74±0.06 <sup>b</sup>
总氨基酸 TAA	20.10±1.55 <sup>b</sup>	21.36±0.72 <sup>a</sup>	19.84±1.35 <sup>b</sup>
风味氨基酸 FAA	15.38±0.42 <sup>b</sup>	16.20±0.57 <sup>a</sup>	15.18±1.01 <sup>b</sup>
必需氨基酸 EAA	9.24±0.25 <sup>b</sup>	9.98±0.30 <sup>a</sup>	9.14±0.64 <sup>b</sup>
风味氨基酸/总氨基酸 FAA/TAA	76.51±0.15 <sup>a</sup>	75.82±0.14 <sup>b</sup>	76.55±0.15 <sup>a</sup>
必需氨基酸/总氨基酸 EAA/TAA	45.99±0.27 <sup>b</sup>	46.70±0.32 <sup>a</sup>	46.07±0.29 <sup>b</sup>

\* :必需氨基酸 EAA; #: 风味氨基酸 FAA。

表 8 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪背最长肌中必需氨基酸评分的影响

Table 8 Effects of *Broussonetia papyrifera* fermented diet on EAA score in *longissimus dorsi* of *Xiangsha* pigs commercial line of commercial pigs

项目 Items	FAO/WHO 必需氨基酸 含量 FAO/WHO EAA content/ (mg/g)	必需氨基酸含量 EAA content/(mg/g)			必需氨基酸得分 EAA score		
		对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II
异亮氨酸 Ile	13.00	10.30	11.20	10.30	0.79	0.86	0.79
亮氨酸 Leu	19.00	17.40	18.70	17.20	0.92	0.98	0.91
赖氨酸 Lys	16.00	19.40	21.00	19.40	1.21	1.31	1.21
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	17.00	5.90	6.30	5.80	0.35	0.37	0.34
酪氨酸+苯丙氨酸 Tyr+Phe	19.00	15.30	17.00	15.10	0.81	0.89	0.79
苏氨酸 Thr	9.00	9.70	10.30	9.60	1.08	1.14	1.07
缬氨酸 Val	13.00	11.40	12.00	11.20	0.88	0.92	0.86

## 2.6 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪背最长肌脂肪酸含量的影响

由表 9 可知,试验 I 组、试验 II 组的背最长肌中月桂酸含量比对照组均显著提高了 11.11% ( $P < 0.05$ )。试验 I 组的背最长肌中饱和脂肪酸含量比试验 II 组降低了 3.61% ( $P < 0.05$ ),试验 I 组的背最长肌中不饱和脂肪酸含量比试验 II 组提高了 2.58% ( $P < 0.05$ ),但与对照组相比均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。3 组均以油酸、棕榈酸、硬脂酸和亚油酸含量最多(均超过 10%),以油酸含量最高,其次是棕榈酸和硬脂酸。各组之间癸酸、豆蔻酸、棕榈酸、棕榈油酸、十七烷酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、花生酸、 $\gamma$ -亚麻酸、顺二十烯酸、 $\alpha$ -亚麻酸、顺-11,14-二十碳二烯酸、花生四烯酸、二十三烷酸、单饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸含量差异不显著 ( $P >$

0.05)。

## 2.7 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪背最长肌中矿物质含量的影响

由表 10 可知,试验 II 组背最长肌中镁含量比对照组提高了 7.37% ( $P < 0.05$ ),各组之间背最长肌中钾、钠、钙、铜、锌含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。这表明试验 II 组的构树发酵饲料能显著提高湘沙猪配套系商品猪背最长肌中镁含量,但试验 I 组和试验 II 组的构树发酵饲料对钾、钠、钙、铜、锌含量无显著影响。

## 2.8 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪背最长肌中重金属残留的影响

由表 11 可知,3 组的背最长肌中重金属砷、汞、镉、铅的残留量很低(低于检出限),表明构树发酵饲料饲喂湘沙猪配套系商品猪,肌肉中不会

造成重金属残留与富集,猪肉中重金属含量未超标。

表 9 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪背最长肌中脂肪酸含量的影响

Table 9 Effects of *Broussonetia papyrifera* fermented diet on contents of fatty acids in *longissimus dorsi* of Xiangsha pigs commercial line of commercial pigs

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II
癸酸 C10:0	0.13±0.02	0.13±0.02	0.14±0.01
月桂酸 C12:0	0.09±0.01 <sup>b</sup>	0.10±0.01 <sup>a</sup>	0.10±0.01 <sup>a</sup>
豆蔻酸 C14:0	1.29±0.13	1.30±0.16	1.42±0.14
棕榈酸 C16:0	25.00±0.82	24.76±1.49	25.54±0.98
棕榈油酸 C16:1	3.25±0.64	3.46±0.61	3.70±0.44
十七烷酸 C17:0	0.27±0.04	0.27±0.05	0.28±0.07
硬脂酸 C18:0	12.83±0.53	12.61±0.80	13.16±0.73
油酸 C18:1n9c	39.77±2.61	41.35±2.40	40.79±2.07
亚油酸 C18:2n6c	11.94±2.47	10.62±2.55	9.99±1.83
花生酸 C20:0	0.19±0.03	0.18±0.03	0.16±0.02
γ-亚麻酸 C18:3n6	0.12±0.04	0.11±0.04	0.08±0.02
顺二十烯酸 C20:1	0.76±0.07	0.86±0.18	0.79±0.16
α-亚麻酸 C18:3n3	0.27±0.05	0.30±0.06	0.31±0.07
顺-11,14-二十碳二烯酸 C20:2	0.38±0.08	0.37±0.06	0.35±0.07
二高-γ-亚麻酸 C20:3n6	0.39±0.10	0.37±0.12	0.33±0.08
花生四烯酸 C20:4n6	3.04±0.94	2.96±1.27	2.56±0.79
二十三烷酸 C23:0	0.26±0.89	0.24±0.09	0.24±0.08
饱和脂肪酸 SFA	40.07±0.92 <sup>ab</sup>	39.57±1.69 <sup>b</sup>	41.05±1.47 <sup>a</sup>
单不饱和脂肪酸 MUFA	43.78±3.13	45.67±2.76	45.27±2.05
多不饱和脂肪酸 PUFA	16.10±3.56	14.69±4.04	13.58±2.69
不饱和脂肪酸 UFA	59.87±0.97 <sup>ab</sup>	60.37±1.71 <sup>a</sup>	58.85±1.40 <sup>b</sup>

表 10 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪背最长肌中矿物质含量的影响

Table 10 Effects of *Broussonetia papyrifera* fermented diet on contents of minerals in *longissimus dorsi* of Xiangsha pigs commercial line of commercial pigs

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II
钾 K	0.44±0.02	0.44±0.01	0.44±0.01
钠 Na	389.56±33.33	400.91±29.70	404.27±26.32
镁 Mg	244.11±14.06 <sup>b</sup>	249.82±15.03 <sup>b</sup>	262.09±10.77 <sup>a</sup>
钙 Ca	34.59±3.45	32.20±5.24	34.36±3.75
铜 Cu	0.38±0.04	0.36±0.06	0.38±0.06
锌 Zn	13.56±1.07	12.94±1.66	14.07±1.33

### 3 讨论

构树作为一种非常规饲料,营养价值高,含有较高的蛋白质、脂肪、氨基酸和微量元素,其嫩叶中含有 20%左右的植物蛋白质,构树枝叶粗蛋白

质含量远高于玉米,且粗脂肪含量高于玉米和豆粕,具有很好的饲用价值<sup>[10]</sup>。构树经过发酵工艺后更容易被动物消化吸收,经过乳酸菌等微生物发酵后,底物中的抗营养因子会得到有效降解,大分子营养物质被分解为更易于消化吸收的小分子



营养物质,促进动物营养物质的消化吸收<sup>[11]</sup>。研究证实,用构树叶替代部分常规饲料喂猪效果较好,对生长性能无显著影响,可改善猪肉品质,降低饲养成本,提高养猪生产的经济效益<sup>[12]</sup>。李海新<sup>[13]</sup>报道,随着发酵构树叶添加量的增加,平均日增重和平均日采食量有下降趋势,而料重比有增加趋势,当发酵构树叶添加量达到 20% 的时候,对生长育肥性能有一定的负面影响。本试验结果表明,在湘沙猪配套系商品猪前期与后期饲粮中添加 20%、30% 的构树发酵饲料,全期平均日增重、平均日采食量均有一定程度的下降,料重比有所上升,这表明构树发酵饲料对其生长性能无显著影响,构树发酵饲料替代部分全价料饲喂湘沙猪配套系商品猪可行。这可能因为构树枝叶通过发酵处理以后,纤维素酶等酶制剂降解了构树中粗纤维和结构复杂的大分子蛋白质,微生物发酵后,结构复杂的构树枝叶蛋白质分解成易于消化、吸收的短肽和氨基酸,降低了单宁、非淀粉多糖、木质素等抗营养因子水平,提高了构树的消化利用率和饲用价值。林萌萌等<sup>[14]</sup>报道,采用全株发

酵杂交构树替代蛋白质饲料,试验组的粗纤维和粗脂肪消化率显著提高。熊罗英等<sup>[15]</sup>报道,构树叶经发酵处理后,营养成分中粗纤维含量有不同程度降低,粗蛋白质含量显著增加,粗纤维和粗蛋白质的表观消化率均有不同程度提高。张益民等<sup>[16]</sup>报道,构树叶发酵后粗蛋白质含量增加了 35.7%,粗纤维含量降低了 15.3%。本试验中,试验 I 组和试验 II 组的生长性能不如对照组的原因,有可能与试验后期平均日采食量下降有关,采食量下降与构树经过发酵后本身的苦味和涩味未全部消除有关,与后期构树发酵饲料添加量过大有关;也可能与构树发酵饲料提供的能量不足有关,表明构树发酵饲料养分利用率总体上不及全价料。夏中生等<sup>[8]</sup>报道,构树叶粉总能、总能表观消化率、可消化能均低于玉米、豆粕。王郝为等<sup>[17]</sup>报道,构树的可消化干物质和有机物质消化率分别为 68.56% 和 79.62%。这提示我们在饲喂构树发酵饲料时需要确定适宜的添加量,在不影响生长性能时,尽可能发挥生猪和构树发酵饲料的潜能。

表 11 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪背最长肌中重金属残留的影响

Table 11 Effects of *Broussonetia papyrifera* fermented diet on heavy metal residue in *longissimus dorsi* of Xiangsha pigs commercial line of commercial pigs  $\mu\text{g}/\text{kg}$

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Experimental group I	试验 II 组 Experimental group II
砷 As	<1	<1	<1
汞 Hg	<1	<1	<1
镉 Cd	<1	<1	<1
铅 Pb	<20	<20	<20

李海新<sup>[13]</sup>报道,饲粮中添加一定量的构树叶,可提高猪的后腿比例、眼肌面积、瘦肉率、肌肉的颜色和系水力,同时降低皮脂及背膘厚。与添加构树叶相似,饲粮中添加适量的苕麻叶也可降低背膘厚并增加眼肌面积,其机制可能与苕麻引起的脂肪生成电位和肌纤维特性的改变有关<sup>[18]</sup>。本试验中,构树发酵饲料对多数胴体性状无显著影响,但有增加背最长肌大理石纹的趋势,而饲喂构树发酵饲料 I 能显著增加皮厚,原因有待进一步的研究。(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

构树中含有黄酮类化合物活性成分、葡萄糖苷、生物碱类物质、不饱和脂肪酸和丰富的脂类物

质,能够调控畜禽的生理功能,减少自由基对机体不饱和脂肪酸的攻击,清除和抑制自由基,起到抗氧化的作用,调节机体脂肪酸代谢,能够提高机体免疫力及抗应激能力。通过生物发酵技术制成的构树发酵饲料,能够有效改善猪肉品质<sup>[19-20]</sup>。熊罗英等<sup>[21]</sup>报道,饲喂构树叶或发酵构树叶的爱拔益加(AA)肉仔鸡胸肌肌苷酸含量显著增加,饲粮添加构树叶能显著改进 AA 肉仔鸡的肉品质和风味,且以发酵构树叶的效果更佳,说明发酵构树饲料有改善肌肉品质的作用。本试验表明,试验 I 组湘沙猪配套系商品猪背最长肌中氨基酸(除谷氨酸、丝氨酸以外)含量显著增加,必需氨基酸得

分有一定程度的提高,肌苷酸、肌内脂肪和脂肪酸中的月桂酸含量也显著提高,但肉质性状和其他脂肪酸含量没有显著变化,说明构树发酵饲料 I 能提高氨基酸、肌苷酸、肌内脂肪和月桂酸含量,促进肌肉中必需氨基酸沉积和氨基酸平衡。本试验结果与李海新<sup>[13]</sup>报道的发酵构树叶能提高猪肌肉中的谷氨酸钠和游离氨基酸含量的结果一致。谷氨酸钠极具鲜味,会使肉质味道更加鲜美。

构树叶中蛋白质含量高,氨基酸含量丰富<sup>[22]</sup>。构树青贮必需氨基酸含量和非必需氨基酸含量分别为 4.15% 和 4.73%,氨基酸组成全面<sup>[23]</sup>。每 100 g 干燥构树叶中总氨基酸含量为 24.35 g,其中必需氨基酸含量为 9.95 g,甘氨酸、半胱氨酸和亮氨酸含量分别约占干物质的 1.27%、1.12% 和 1.09%<sup>[19]</sup>;同时从氨基酸模式来看,构树中必需氨基酸比例较为理想<sup>[3]</sup>,这与构树发酵后游离氨基酸含量增加有关,从而促进了试验 I 组的背最长肌中大部分氨基酸增加,而氨基酸对猪肉的鲜味有重要贡献,表明构树发酵饲料有助于提高猪肉的鲜味。肌内脂肪是反映肉品质和风味的指标之一,与胴体和肉品质密切相关,肌内脂肪含量受到体重、品种、环境、营养调控等多种因素影响。肌内脂肪存在于肌纤维之间,一方面切断了肌纤维之间的连接并减少了肌纤维数量,另一方面使肌纤维在咀嚼过程中更容易断裂,改变了肉的嫩度<sup>[24]</sup>。本试验中,试验 I 组和试验 II 组的背最长肌中肌内脂肪增加,但是嫩度并没有随其增加,原因有待进一步研究。大理石纹与肌内脂肪含量呈正相关关系,本试验中添加构树发酵饲料后,大理石纹有增大的趋势,肌内脂肪含量显著增加,大理石纹和肌内脂肪都表现出一致增加的规律。在其他条件一致的情况下,通过构树发酵饲料营养调控提高了育肥猪的肌内脂肪含量。研究表明,饲料中添加构树叶粉后生长猪的肌内脂肪含量显著提高了 20.40%,肌内脂肪含量与肉的香味、多汁和口感有直接正相关,饲料中添加构树叶粉对生长猪的脂肪沉积有积极影响<sup>[3]</sup>。

肌内脂肪对猪肉品质具有调控作用,然而,根本上是脂肪酸的作用。而多不饱和脂肪酸是影响猪肉风味的主要因素,也是人类体内不可或缺的物质。随着胴体脂肪中多不饱和脂肪酸含量的提高,猪肉的风味也会随之改善,同时猪肉的食用价值也得到了提高。本试验结果表明,试验 I 组不

饱和脂肪酸含量比试验 II 组高,说明构树发酵饲料可提高猪肉中不饱和脂肪酸含量,改变了猪肉中脂肪酸的结构,从而提高猪肉品质。张娜娜等<sup>[25]</sup>报道,发酵饲料桑粉能显著提高育肥猪肌内脂肪含量。丁鹏等<sup>[26]</sup>报道,发酵饲料桑粉能改善宁乡花猪肉品质和风味。与此类似,在湘村黑猪上饲喂桑叶粉其肉品质和肌苷酸含量同样得到改善<sup>[27]</sup>。

月桂酸含量的提高可能与构树本身含有丰富的脂类物质有关,这些脂类物质能够调节机体脂肪酸代谢<sup>[19]</sup>。肌苷酸在核苷酸中鲜味最强,肌苷酸是肉质鲜味的主要成分,国际上已经把肌苷酸作为衡量肉质鲜味的一项重要指标,肌苷酸在水中和脂肪中加热能产生明显的肉鲜味<sup>[28]</sup>。肌苷酸含量与猪肉品质具有显著相关性<sup>[29]</sup>。肌苷酸和肌内脂肪是反映肌肉品质的重要因素,其含量直接影响食用价值,尤其影响肌肉的嫩度和烹调产生的香味。本试验中,试验 I 组和试验 II 组背最长肌中肌苷酸含量的增加可能与构树中含有多种黄酮类化合物有关,因为黄酮类物质能够抑制催化肌苷酸降解的磷酸酯酶的活性<sup>[30]</sup>。肌苷酸是肌肉重要的呈味物质,是肉质鲜味的主要物质基础,肌内脂肪是影响嫩度的主要因素,对猪肉品质具有调控作用<sup>[25]</sup>。本试验中,试验 I 组和试验 II 组的背最长肌中肌苷酸和肌内脂肪含量显著增加,表明构树发酵饲料能改善湘沙猪配套系商品猪的肌肉品质和风味。

## 4 结 论

① 试验全期,饲料中添加 20%、30% 构树发酵饲料对湘沙猪配套系商品猪生长性能无显著影响。

② 构树发酵饲料能显著增加湘沙猪配套系商品猪的肌内脂肪含量及背最长肌中氨基酸、肌苷酸和月桂酸含量,促进氨基酸平衡,改善肌肉品质和风味。

③ 构树发酵饲料可作为一种非常规饲料资源替代部分全价料饲喂湘沙猪配套系商品猪,试验 I 组饲喂效果优于试验 II 组。

©1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>  
致谢:

感谢广西大学动物科学技术学院夏中生教授对文稿所提的宝贵意见。

## 参考文献:

- [1] 李毓堂.创草产业新系统解人畜争粮矛盾确保粮食安全农畜产品有效供应[J].草业科学,2013,30(11):1687-1689.
- [2] 陶兴无,柳志杰,张求学,等.构树叶发酵工艺及饲喂生长猪试验[J].武汉工业学院学报,2006,25(3):5-7.
- [3] 邳植,沈世华.构树作为新兴的蛋白饲料原料的研究[J].饲料工业,2018,39(11):23-28.
- [4] 何国英.非常规饲料——构树叶(LBP)的营养价值评定研究[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2005:1.
- [5] 左鑫,陈哲,谢强,等.不同产地构树叶粉和构树枝叶粉营养成分及其鹅代谢能的测定[J].动物营养学报,2018,30(7):2823-2830.
- [6] 邓雪娟,于继英,刘晶晶,等.我国生物发酵饲料研究与应用进展[J].动物营养学报,2019,31(5):1981-1989.
- [7] 王永树,江浩,谢先中.构树叶饲喂巴马香猪的效果试验[J].黑龙江畜牧兽医,2016(10):194-195.
- [8] 夏中生,何国英,廖志超,等.构树叶粉用作生长肥育猪饲料的营养价值评价[J].粮食与饲料工业,2008(12):37-38.
- [9] 王蜀金,韩帅娟,郭春华,等.黑水藏猪肌肉营养成分及肌纤维的分析研究[J].西南农业学报,2014,27(3):1288-1294.
- [10] 谭桂华,刘子琦,肖华,等.构树的饲用价值及应用[J].中国饲料,2017(20):32-35.
- [11] 贺腾飞,龙沈飞,朴香淑.生物饲料在肉鸡和猪生产中的应用[J].动物营养学报,2019,31(7):2988-2998.
- [12] 彭超威,程幼学.构树叶饲喂生长肥育猪试验[J].南方农业学报,1992(3):136-137.
- [13] 李海新.发酵构树叶对生长猪营养物质消化率、肥育性能、屠宰性能及肉质的影响[D].硕士学位论文.湛江:广东海洋大学,2010:37-43.
- [14] 林萌萌,何振刚,郑爱华,等.全株发酵杂交构树替代蛋白饲料对育肥猪生长性能、粪污排放量及养分表观消化率的影响[J].饲料研究,2019,42(4):29-32.
- [15] 熊罗英,蔡仁贤,刘艳芬.发酵构树叶对肉仔鸡生长及代谢性能的影响[J].饲料研究,2012(5):51-54.
- [16] 张益民,于汉寿,张永忠,等.构树叶发酵饲料中营养成分的变化[J].饲料工业,2008,29(23):54-55.
- [17] 王郝为,杨焕胜,陈青,等.三种非常规粗饲料营养成分及饲用价值的比较研究[J].饲料研究,2017(21):28-31.
- [18] LI Y H, LIU Y Y, LI F N, et al. Effects of dietary ramie powder at various levels on carcass traits and meat quality in finishing pigs[J]. Meat Science, 2018, 143: 52-59.
- [19] 侯改凤,李瑞,陈达图,等.构树叶的生物学功能及其在畜禽生产中的应用[J].中国饲料,2013(12):11-14.
- [20] 蔡玉,陈国顺,支喜军,等.构树发酵饲料在猪禽养殖中的应用研究进展[J].畜牧兽医杂志,2019,38(1):41-45.
- [21] 熊罗英,蔡仁贤,刘艳芬.发酵构树叶对AA肉鸡屠宰性能及肉品质的影响[J].广东农业科学,2016,43(3):157-161.
- [22] 李兰海,王自蕊,游金明,等.构树叶在畜禽生产中的应用研究进展[J].饲料工业,2018,39(1):24-26.
- [23] 王郝为,侯振平,杨焕胜,等.几种非常规粗饲料养分及其饲用价值的比较研究[J].草地学报,2018,26(1):189-194.
- [24] 农秋云,刘嘉琪.单体中猪肉中脂肪酸组成的品种差异及脂肪酸沉积的调控机制[J].动物营养学报,2019,31(7):2507-2514.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 刘莹莹,李颖慧,刘建,等.桑叶粉对湘村黑猪肥育后期生长性能、肉品质和肌肉化学组成的影响[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十二次动物营养学术研讨会论文集.武汉:中国畜牧兽医学会动物营养学分会,2016:271.
- [28] 朱荣生,呼红梅,韩红,等.莱芜猪肌肉肌苷酸和肌内脂肪含量研究[J].家畜生态学报,2008,29(6):63-65.
- [29] 陈晨,邓缘,胡雄贵,等.沙子岭猪背最长肌肌苷酸含量与相关基因表达的关联性分析[J].家畜生态学报,2019,40(1):13-17.
- [30] 王晓方,常文环,刘国华,等.畜禽肌肉肌苷酸研究进展[J].中国畜牧兽医,2012,39(5):221-225.

## Effects of *Broussonetia papyrifera* Fermented Diet on Growth Performance , Carcass Quality and Meat Quality of Xiangsha Pigs Commercial Line of Commercial Pigs

ZHANG Xing<sup>1</sup> ZHU Shaozhong<sup>2</sup> YANG Qi<sup>2</sup> SU Zexiong<sup>3</sup> TAN Hong<sup>1</sup> LIU Chuanfang<sup>3</sup>  
WU Maisheng<sup>3\*</sup> DUAN Yehui<sup>4</sup> YIN Yulong<sup>4</sup>

( 1. Animal Breeding Station of Xiangtan , Xiangtan 411104 , China; 2. Xiangtan Huayang *Broussonetia Papyrifera* Industry Development Limited Company , Xiangtan 411228 , China; 3. Xiangtan Agricultural and Countryside of Bureau , Xiangtan 411104 , China; 4. Hunan Provincial Key Laboratory of Animal Nutritional Physiology and Metabolic Process , Institute of Subtropical Agriculture Chinese Academy of Sciences , Changsha 410125 , China)

**Abstract:** This study was aimed to investigate the effects of *Broussonetia papyrifera* fermented diet on growth performance , carcass quality and meat quality of Xiangsha pigs commercial line of commercial pigs. Seventy-two Xiangsha pigs synthetic line of commercial pigs with body weight of ( 32.79±0.82) kg were randomly divided into 3 groups with 3 replicates per group and 8 pigs per replicate. Pigs in the control group were fed a basal diet; pigs in experimental group I were fed the basal diet supplemented with 20% and 30% *Broussonetia papyrifera* fermented diet I ( produced by a company in Xiangtan) at earlier and later stage , respectively; and pigs in experimental group II were fed the basal diet supplemented with 20% and 30% *Broussonetia papyrifera* fermented feed II ( produced by a company in Jiangxi) at earlier and later stage , respectively. The experiment lasted for 103 days. The results showed as follows: 1) during the whole period , the average daily gain of experimental groups I and II was lower than that of the control group (  $P>0.05$  ) . 2) The skin thickness of experimental group I was significantly higher than that of the control group (  $P<0.05$  ) . 3) The intramuscular fat and *longissimus dorsi* inosinic acid contents of experimental groups I and II were significantly higher than those of the control group (  $P<0.05$  ) , the contents of aspartic acid , histidine , glycine , threonine , alanine , arginine , tyrosine , valine , methionine , phenylalanine , isoleucine , leucine , lysine , proline , total amino acid , flavor amino acid and essential amino acid in *longissimus dorsi* of experimental group I were significantly higher than those of control group and experimental group II (  $P<0.05$  ) , the content of lauric acid in *longissimus dorsi* of experimental group I was significantly higher than that of the control group (  $P<0.05$  ) , and the content of unsaturated fatty acid in *longissimus dorsi* of experimental group I was significantly higher than that of experimental group II (  $P<0.05$  ) . 4) The content of magnesium in *longissimus dorsi* of experimental group II was significantly higher than that of the control group (  $P<0.05$  ) , the contents of heavy metal of arsenic , mercury , cadmium and lead in *longissimus dorsi* of three groups not exceed standard. In conclusion , the *Broussonetia papyrifera* fermented diet partial replace complete diet have no significant effect on the growth performance of Xiangsha pigs commercial line of commercial pigs , however , it can increase the contents of intramuscular fat , amino acid , inosine and lauric acid , and improve meat quality. [ *Chinese Journal of Animal Nutrition* , 2019 , 31( 12) : 5760-5771 ]

**Key words:** *Broussonetia papyrifera* fermented diet; Xiangsha pigs commercial line of commercial pigs; growth performance; carcass quality; meat quality

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

\* Corresponding author , professor , E-mail: wms621220@hotmail.com