

大米加工副产物对宁乡猪生长性能、胴体品质、肉品质及肠道黏膜形态的影响

龙际飞^{1,2} 龙次民³ 樊祥宇³ 陈福^{1,2} 赵玉蓉^{1,2} 贺建华^{1,2*}

(1.湖南农业大学动物科技学院,长沙 410128;2.湖南畜禽安全生产协同创新中心,长沙 410128;

3.中国科学院亚热带农业生态研究所,中国科学院亚热带农业生态过程重点实验室,
湖南省畜禽健康养殖工程技术研究中心,长沙 410125)

摘要: 本试验旨在研究大米加工副产物(碎米和米糠)对宁乡猪生长性能、胴体品质、肉品质及肠道黏膜形态的影响。选择体重(17.0±2.0) kg 的生长肥育宁乡猪 48 头,随机分为 2 组,每组 4 个重复,每个重复 6 头,公母各 1/2。2 组试验猪分别饲喂玉米-豆粕型饲料(对照组)和碎米-米糠型饲料(试验组),饲料营养水平相同。试验期为 180 d。结果表明:1)与对照组相比,试验组平均日采食量提高了 13.76%($P>0.05$),平均日增重提高了 23.38%($P<0.01$),料重比降低了 8.35%($P<0.05$)。2)与对照组相比,试验组胴体斜长增加了 15.61%($P<0.05$),胴体直长增加了 11.48%($P<0.05$),2 组之间其他胴体品质指标均无显著差异($P>0.05$)。3)2 组之间肉品质指标均无显著差异($P>0.05$)。4)与对照组相比,试验组回肠绒毛高度提高了 13.13%($P<0.05$)。综上,大米加工副产物碎米、米糠取代宁乡猪商品饲料中的玉米、豆粕,不仅可以提高宁乡猪的生长性能,并且可以促进宁乡猪肠道发育。

关键词: 大米加工副产物;宁乡猪;生长性能;胴体品质;肉品质

中图分类号: S828

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2020)01-0092-07

稻谷是我国的主产粮食作物,其年产量高达 2 亿 t,位居世界之首,在大米加工过程中产生大量的副产物,主要为碎米、米糠和稻壳,其年产量亦分别可达 3 000 万、1 400 万和 3 000 万 t,且随着水稻育种技术的进步以及大米加工工艺不断增强,产品分级层次更加精细,大米加工副产物产量将会逐年增加。碎米是糙米在碾米机械加工精米过程中产生的破碎米粒,其成分与大米相似,淀粉含量约为 75%,蛋白质含量约为 8%,此外,碎米还富含 B 族维生素和多种矿物质元素,如钙、铁、磷和钾等^[1-2]。米糠作为糙米的表皮层,由皮、糊粉、亚糊粉层和胚芽组成,不仅含有蛋白质、维生素、脂肪、糖以及多种矿物质元素等,还富含多种氨基酸。有研究指出,米糠中的赖氨酸、色氨酸和苏氨

酸含量显著高于玉米^[3-5]。但我国目前对大米加工副产物的利用方面还存在很大的不足,例如对米糠的综合利用仅约为 20%,相比于发达国家,存在大量的资源浪费^[6]。

宁乡猪是中国四大名猪种之一,具有繁殖率高、早熟易肥、肉质疏松、耐粗饲等特点,且在饲养过程中性情温顺、适应性强。但宁乡猪的饲料利用率低,据报道,其料重比在 4 左右^[7-9],如果用玉米-豆粕型饲料,势必造成成本偏高,因此,寻找营养合适且成本低廉的原料是广大宁乡猪养殖户提高经济效益的重要方式。本研究结合湖南当地粮食资源,利用大米加工副产物(碎米和米糠)取代传统饲料中的玉米及部分豆粕,研究其对宁乡猪生长性能、胴体品质、肉品质及肠道黏膜形态的影

收稿日期:2019-07-07

基金项目:宁乡县政府委托项目(10073);湖南省生猪产业技术体系岗位专家专项经费

作者简介:龙际飞(1980—),男,湖南邵阳人,博士研究生,从事地方猪种肉品质研究。E-mail: 89661511@qq.com

*通信作者:贺建华,教授,博士生导师,E-mail: 895732301@qq.com

响,以评价替代方案的可行性。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

碎米和米糠购自湖南粮食集团丁家岭粮库,均为湖南岳阳地区头年采收水稻的加工副产物。

1.2 试验设计

采用单因子试验设计,选来源相似、日龄相近、体重(17.0 ± 2.0) kg,并且符合国家标准《宁乡猪》(GB/T 2773—2008)的生长肥育猪 48 头,随机分为 2 组,每组 4 个重复,每个重复 6 头,公母各

占 1/2。在营养水平相同的条件下,2 组试验猪分别饲喂玉米-豆粕型饲料(对照组)和碎米-米糠型饲料(试验组)。本试验在湖南省长沙市宁乡县富士邦猪场进行,试验期为 180 d。

1.3 试验饲料

采用 2004 版《中国猪营养需要》肉脂型生长育肥猪(二型标准,自由采食,干物质含量 88%)营养需要推荐水平配制饲料,按照体重阶段配制 3 阶段饲料,试验第 1 阶段为 15~35 kg 阶段饲料,第 2 阶段为 36~55 kg 阶段饲料,第 3 阶段为 56~75 kg 阶段饲料,试验饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

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

%

项目 Items	体重阶段 Body weight stage					
	15~35 kg		36~55 kg		56~75 kg	
	试验组 Experimental group	对照组 Control group	试验组 Experimental group	对照组 Control group	试验组 Experimental group	对照组 Control group
原料 Ingredients						
碎米 Broken rice	46.89		50.50		52.08	
米糠 Rice bran	6.00		5.50		7.00	
米糠粕 Rice bran meal	10.00		12.80		14.00	
玉米 Corn		56.90		61.40		64.10
豆粕 Soybean meal	9.40	11.80	2.80	5.60		2.50
麦麸 Wheat bran	22.50	26.00	23.20	27.60	21.30	27.98
沸石粉 Zeolite powder	2.50	2.50	2.50	2.50	2.80	2.50
磷酸氢钙 CaHPO_4	0.85	0.85	0.80	0.85	0.85	0.85
石粉 Limestone	0.93	0.94	0.87	0.94	0.93	0.94
赖氨酸 Lys	0.34	0.42	0.44	0.52	0.45	0.54
双乙酸钠 Sodium diacetate	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
预混料 Premix ¹⁾	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾						
消化能 DE/(MJ/kg)	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16
粗蛋白质 CP	14.05	14.03	12.07	12.06	11.05	11.01
赖氨酸 Lys	0.90	0.90	0.85	0.85	0.80	0.80
蛋氨酸 Met	0.22	0.20	0.19	0.17	0.18	0.16
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.47	0.47	0.41	0.42	0.39	0.39
苏氨酸 Thr	0.50	0.46	0.40	0.36	0.36	0.31
钙 Ca	0.64	0.62	0.59	0.60	0.62	0.59
总磷 TP	0.79	0.56	0.81	0.55	0.83	0.54

续表 1

项目 Items	体重阶段 Body weight stage					
	15~35 kg		36~55 kg		56~75 kg	
	试验组 Experimental group	对照组 Control group	试验组 Experimental group	对照组 Control group	试验组 Experimental group	对照组 Control group
有效磷 AP	0.31	0.32	0.29	0.31	0.29	0.30
粗纤维 CF	4.33	4.33	4.29	4.27	4.15	4.21

1) 预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following for per kg diets: 15~35 kg, Cu (CuSO₄) 10 mg, Fe (FeSO₄) 100 mg, Zn (ZnSO₄) 90 mg, Mn (MnSO₄) 48 mg, I 0.2 mg, VA 2 015 IU, VD 221 IU, VE 13 IU, VK 0.6 mg, 核黄素 riboflavin 3.3 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 10.4 mg, 烟酸 nicotinic acid 15.6 mg, 生物素 biotin 0.1 mg, 叶酸 folic acid 0.4 mg, VB₁₂ 16.9 μg; 36~55 kg, Cu (CuSO₄) 10 mg, Fe (FeSO₄) 70 mg, Zn (ZnSO₄) 70 mg, Mn (MnSO₄) 40 mg, I 0.2 mg, VA 2 254 IU, VD 255 IU, VE 19.6 IU, VK 0.9 mg, 核黄素 riboflavin 3.9 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 13.7 mg, 烟酸 nicotinic acid 17.6 mg, 生物素 biotin 0.1 mg, 叶酸 folic acid 0.6 mg, VB₁₂ 19.6 μg; 56~75 kg, Cu (CuSO₄) 5 mg, Fe (FeSO₄) 40 mg, Zn (ZnSO₄) 50 mg, Mn (MnSO₄) 20 mg, I 0.2mg, VA 3 324 IU, VD 376 IU, VE 28.9 IU, VK 1.3 mg, 核黄素 riboflavin 5.8 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 17.3 mg, 烟酸 nicotinic acid 18.79 mg, 生物素 biotin 0.1 mg, 叶酸 folic acid 0.9 mg, VB₁₂ 14.5 μg。

2) 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.4 样品采集及指标检测

1.4.1 生长性能测定

试验前及阶段饲养结束当天逐头称取试验猪体重,统计试验周期内每栏饲料消耗量,并依此计算试验猪平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)和料重比(F/G)。

1.4.2 胴体品质测定

于试验结束时,每组选取接近各组平均体重的4头试验猪(公母各占1/2),参照《瘦肉型猪胴体性状测定技术规范》(NY/T 825—2004)对试验猪进行胴体性状测定。测定指标包含屠宰率、瘦肉率、肥肉率、骨率、皮率、脂肪率、眼肌面积、后腿重、背膘厚、胴体长和皮厚等。

1.4.3 肉品质测定

肉品质测定参照《猪肌肉品质测定技术规范》(NY/T 821—2004)进行。于屠宰后30 min内取样,测定指标包含熟肉率、失水率、贮存损失、肉色、pH(pH_{1h}和pH_{24h})和大理石纹评分等。

1.4.4 肠道黏膜形态测定

猪屠宰后,立即取十二指肠、空肠中端、回肠后端各2 cm左右,经生理盐水冲洗后,置于4%中性甲醛固定液中固定24 h以上,并制作苏木精-伊红(HE)染色切片,使用显微镜检测绒毛高度和隐

窝深度。

1.5 数据处理

使用Excel 2010软件初步整理数据,并采用SPSS 19.0软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA), $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著,数据以“平均值±标准差”表示。

2 结果

2.1 大米加工副产物对宁乡猪生长性能的影响

由表2可知,与对照组相比,试验组宁乡猪结束体极显著增加了18.14% ($P < 0.01$),平均日增重极显著提高了23.38% ($P < 0.01$),平均日采食量提高了13.76% ($P > 0.05$),料重比显著降低了8.35% ($P < 0.05$)。

2.2 大米加工副产物对宁乡猪胴体品质的影响

由表3可知,与对照组相比,试验组宁乡猪胴体斜长显著增加了15.61% ($P < 0.05$),胴体直长显著增加了11.48% ($P < 0.05$),而胴体重、屠宰率有所降低 ($P > 0.05$),背膘厚度、后腿重、瘦肉率、骨率、皮率、脂肪率、眼肌面积、腹脂率和皮厚等均未见显著变化 ($P > 0.05$)。

2.3 大米加工副产物对宁乡猪肉品质的影响

由表4可知,与对照组相比,试验组宁乡猪熟

肉率增加了 4.05% ,滴水损失降低了 45.45%、大理石纹评分增加了 6.90%、 pH_{1h} 增加了 3.03% ,但差异均不显著 ($P>0.05$)。

表 2 大米加工副产物对宁乡猪生长性能的影响

Table 2 Effects of rice by-products on growth performance of Ningxiang pigs ($n=4$)

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	P 值 P-value
初始体重 IBW/kg	17.80±2.60	17.50±0.48	0.689
结束体重 FBW/kg	86.00±3.30	101.60±5.40	0.009
平均日增重 ADG/(g/d)	378.50±23.40	467.00±32.20	0.004
平均日采食量 ADFI/(g/d)	1 771.90±140.10	2 015.70±198.80	0.092
料重比 F/G	4.67±0.10	4.31±0.20	0.021

表 3 大米加工副产物对宁乡猪胴体品质的影响

Table 3 Effects of rice by-products on carcass traits of Ningxiang pigs ($n=4$)

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	P 值 P-value
胴体重 Carcass weight/kg	75.40±2.55	71.40±4.10	0.145
屠宰率 Dressing percentage/%	80.10±4.69	76.60±1.12	0.400
胴体斜长 Carcass oblique length/cm	66.00±3.08	76.30±3.86	0.011
胴体直长 Carcass straight length/cm	75.80±2.87	84.50±3.87	0.018
背膘厚度 Backfat thickness/mm			
肩部最厚处 Thickest of shoulder	65.80±8.65	70.10±9.85	0.610
胸腰椎结合处 End of vertebra thoracalis	37.90±5.17	51.70±11.50	0.173
腰荐结合处 End of vertebra lumbalis	45.50±8.64	49.10±6.99	0.525
后腿重 Hind legs weight/kg	8.00±0.86	7.80±0.55	0.925
瘦肉率 Lean meat percentage/%	33.60±3.13	33.60±2.66	0.303
骨率 Bone percentage/%	10.80±0.90	9.50±1.15	0.288
皮率 Skin percentage/%	11.30±1.58	10.60±2.18	0.877
脂肪率 Fat percentage/%	44.30±4.65	46.20±5.62	0.579
眼肌面积 Loin-eye area/cm ²	20.50±1.94	23.10±3.82	0.483
腹脂率 Abdominal fat/%	2.90±0.78	3.60±0.33	0.295
皮厚 Skin thickness/mm			
肩部最厚处 Thickest of shoulder	4.00±0.54	3.30±0.95	0.236
胸腰椎结合处 End of vertebra thoracalis	4.60±0.50	4.00±1.06	0.360
腰荐结合处 End of vertebra lumbalis	5.50±0.62	5.20±1.76	0.636

表 4 大米加工副产物对宁乡猪肉品质的影响

Table 4 Effects of rice by-products on meat quality of Ningxiang pigs ($n=4$)

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	P 值 P-value
粗蛋白质 CP/%	82.90±2.06	81.90±1.04	0.412
粗灰分 Ash/%	4.10±0.94	4.60±0.60	0.727
熟肉率 Cook meat rate/%	61.70±2.66	64.20±4.59	0.643
失水率 Water loss rate/%	16.10±5.36	16.70±5.10	0.821

续表 4

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	P 值 P-value	
滴水损失 Drip loss/%	5.50±3.69	3.00±2.27	0.459	
肉色等级 Meat color level (1 h)	3.40±0.25	3.30±0.29	0.670	
大理石纹评分 Marbling score (1 h)	2.90±0.63	3.10±0.63	0.857	
肉色 Meat color (1 h)	亮度 L*	42.00±3.71	43.50±2.51	0.774
	红度 a*	8.00±0.40	7.30±0.10	0.137
	黄度 b*	2.70±0.85	3.00±0.73	0.390
肉色 Meat color (24 h)	亮度 L*	52.10±0.65	49.80±5.67	0.638
	红度 a*	7.00±1.41	7.80±1.85	0.619
	黄度 b*	3.70±0.85	3.80±1.87	0.489
pH _{1h}	6.60±0.18	6.80±0.11	0.359	
pH _{24h}	5.40±0.03	5.50±0.12	0.301	

2.4 大米加工副产物对宁乡猪肠道黏膜形态的影响

由表 5 可知,与对照组相比,试验组宁乡猪十二指肠绒毛高度和隐窝深度分别增加了 15.44%

($P>0.05$)和 9.38% ($P>0.05$),空肠绒毛高度和隐窝深度分别增加了 23.14% ($P>0.05$)和降低了 2.82% ($P>0.05$),回肠绒毛高度和隐窝深度分别增加了 13.13% ($P<0.05$)和 4.80% ($P>0.05$)。

表 5 大米加工副产物对宁乡猪肠道黏膜形态的影响

Table 5 Effects of rice by-products on intestinal mucosal morphology of Ningxiang pigs ($n=4$) μm

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	P 值 P-value
绒毛高度 Villus height			
十二指肠 Duodenum	494.90±71.11	571.30±59.80	0.151
空肠 Jejunum	353.50±69.91	435.30±67.24	0.143
回肠 Ileum	409.10±23.57	462.80±30.62	0.032
隐窝深度 Crypt depth			
十二指肠 Duodenum	130.00±14.90	142.20±27.10	0.458
空肠 Jejunum	106.30±10.98	103.30±18.65	0.791
回肠 Ileum	106.20±27.44	111.30±7.05	0.734

3 讨论

本研究中,碎米和米糠替代饲粮中的玉米和豆粕饲喂宁乡猪 180 d,发现结束体重、平均日增重极显著增加,料重比显著降低,且经过屠宰试验发现,对衡量胴体经济价值的主要指标包括胴体重、屠宰率、后腿重、瘦肉率、脂肪率和眼肌面积等均未见显著变化,表明使用碎米和米糠替代玉米和豆粕不会影响宁乡猪胴体品质的主要经济指标。米糠作为糙米碾白后的副产物,其主要成分为稻谷的种皮、外胚乳、糊粉层和胚,而这些正是稻谷营养最为丰富的组织,含有丰富的蛋白质、脂

类、维生素、矿物质等。米糠粗蛋白质回肠表观消化率和回肠标准消化率分别为 67.75%和 76.37%,而蛋氨酸消化率分别达到了 86.15%和 90.08%^[10]。Robles 等^[11]在饲粮中分别加入大米和米糠发现,加入米糠显著增加了生长猪的平均日增重,这与本试验结果基本一致。同时,Stein 等^[4]比较了米糠、椰子核、棕仁的营养价值发现,米糠磷含量为最高,粗蛋白质含量为 15%~18%,且粗蛋白质具有较高的生物活性值,其消化能和代谢能仅略低于玉米。Li 等^[12]比较了米糠、玉米胚饼粉、玉米黄浆饲料、花生饼粉和葵籽饼粉在生长猪中的净能,结果发现米糠的净能最高。

在本研究中发现,碎米-米糠型饲料相对于玉米-豆粕型饲料增加了十二指肠和回肠绒毛高度,尤其是回肠绒毛更是差异显著,这有利于营养物质的吸收。Herfel 等^[13]研究表明,米糠可有效提高断奶仔猪在不添加抗生素情况下对饲料营养物质的消化吸收和利用,并增加肠道双歧杆菌的数量,从而有益于断奶仔猪的生长发育。郝帅帅^[14]和张叶秋^[15]也发现,利用米糠替代猪饲料中的豆粕后,十二指肠和空肠绒毛高度显著增加。

全脂米糠中含有大量优质不饱和脂肪酸^[16],容易氧化酸败,且米糠中含有高活性的脂肪酶,可不断水解脂肪为游离脂肪酸,使米糠酸价提高^[17-18]。研究发现,在夏季高温情况下,新鲜米糠 5 d 内酸价可上涨 5.9 倍之多^[19],造成全脂米糠的限制使用,因此生产中宜用更耐贮存的脱脂米糠,有学者发现,脱脂米糠替代保育猪饲料中玉米的量为 12.77% 时最佳^[20]。本研究中,宁乡猪饲料中米糠的用量在肥育前期为 6.00%、中期为 5.50%、后期为 7.00%,通过屠宰试验发现,未对胴体品质和肉品质产生显著影响,证明宁乡猪饲料中适量添加米糠是可行的。

宁乡猪是湖南省最具代表的优秀地方猪种,且稻谷是湖南省最主要的粮食作物,在稻谷资源利用上具有天然的资源优势,碎米及米糠作为稻谷加工过程中产生的副产物,在成本上相对于玉米和豆粕有较大的优势,因此,大米加工副产物作为饲料原料应用于宁乡猪生产不仅有利于资源的充分利用,而且也可降低生产成本。

4 结 论

大米加工副产物碎米、米糠取代宁乡猪商品饲料中的全部玉米和部分豆粕,可以提高宁乡猪的生长性能,促进小肠绒毛的发育。

参考文献:

- [1] DAI S H, YANG H, MAO X F, et al. Evaluation of arsenate content of rice and rice bran purchased from local markets in the People's Republic of China [J]. *Journal of Food Protection*, 2014, 77(4) : 665-669.
- [2] 刘齐,熊万斌,刘张虎,等.大米加工过程各级副产物营养价值研究 [J]. *现代食品*, 2017(2) : 92-94.
- [3] SHARIF M K, BUTT M S, ANJUM F M, et al. Rice bran: a novel functional ingredient [J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2014, 54(6) : 807-816.
- [4] STEIN H H, CASAS G A, ABELILLA J J, et al. Nutritional value of high fiber co-products from the copra, palm kernel, and rice industries in diets fed to pigs [J]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2015, 6: 56.
- [5] SOHAIL M, RAKHA A, BUTT M S, et al. Rice bran nutraceuticals: a comprehensive review [J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2017, 57(17) : 3771-3780.
- [6] 师园园,王娉婷,李长乐,等.大米加工副产物的综合利用 [J]. *粮食加工*, 2017, 42(5) : 27-29.
- [7] 欧淑琦,蔡懿鑫,陈福,等.宁乡猪和杜长大杂种猪生长性能、胴体性状、肉质性状的比较研究 [J]. *养猪*, 2017(5) : 65-69.
- [8] 李晨燕,张杨,肖定福,等.杜仲提取物对宁乡猪生长性能、血清生化指标和肝脏脂肪代谢的影响 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30(12) : 5127-5133.
- [9] 郁元年,邢月腾,李晨燕,等.亚麻油对宁乡猪生长性能、胴体性状和肉品质的影响 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30(10) : 3875-3881.
- [10] HUANG B B, HUANG C F, LYU Z Q, et al. Available energy and amino acid digestibility of defatted rice bran fed to growing pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2018, 96(8) : 3138-3150.
- [11] ROBLES A, EWAN R C. Utilization of energy of rice and rice bran by young pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 1982, 55(3) : 572-577.
- [12] LI Y K, LI Z C, LIU H, et al. Net energy content of rice bran, corn germ meal, corn gluten feed, peanut meal, and sunflower meal in growing pigs [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2018, 31(9) : 1481-1490.
- [13] HERFEL T, JACOBI S, LIN X, et al. Stabilized rice bran improves weaning pig performance via a prebiotic mechanism [J]. *Journal of Animal Science*, 2013, 91(2) : 907-913.
- [14] 郝帅帅.高米糠日粮对苏淮猪生产性能、血液指标及肉质性状的影响 [D]. 硕士学位论文.南京:南京农业大学, 2016.
- [15] 张叶秋.高米糠日粮对苏淮猪肠道发育和肠道微生物的影响 [D]. 硕士学位论文.南京:南京农业大学, 2016.
- [16] 施传信.全脂米糠猪有效能值与养分消化率研究 [D]. 博士学位论文.北京:中国农业大学, 2015.
- [17] GOFFMAN F D, BERGMAN C. Relationship between hydrolytic rancidity, oil concentration, and esterase ac-

- tivity in rice bran[J]. *Cereal Chemistry*, 2007, 80(6): 689-692.
- [18] GOFFMAN F D, BERGMAN C. Hydrolytic degradation of triacylglycerols and changes in fatty acid composition in rice bran during storage[J]. *Cereal Chemistry*, 2003, 80(4): 459-461.
- [19] 龙次民, 范志勇, 张石蕊, 等. 米糠在不同季节和包装方式下酸价的变化规律[J]. *粮食与油脂*, 2015, 28(5): 11-14.
- [20] 蒲广, 黄瑞华, 牛清, 等. 日粮脱脂米糠替代玉米水平对苏淮猪生长性能、肠道发育及养分消化率的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2018, 50(4): 758-770.

Effects of Rice By-Products on Growth Performance, Carcass Traits, Meat Quality and Intestinal Mucosal Morphology of *Ningxiang* Pigs

LONG Jifei^{1,2} LONG Cimin³ FAN Xiangyu³ CHEN Fu^{1,2} ZHAO Yurong^{1,2} HE Jianhua^{1,2*}

(1. College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Hunan Co-Innovation Center of Safety Animal Production, Changsha 410128, China; 3. Hunan Provincial Engineering

Research Center for Healthy Livestock and Poultry Production, Key Laboratory of Agro-Ecological

Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of

Sciences, Changsha 410125, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of rice by-products (broken rice and rice bran) on growth performance, carcass traits, meat quality and intestinal mucosal morphology of *Ningxiang* pigs. Forty-eight growing *Ningxiang* pigs with body weight of (17.0±2.0) kg were randomly divided into 2 groups with 4 replicates in each group and 6 pigs in each replicate, half male and half female. Pigs in the 2 groups were fed the corn-soybean diet (control group) and broken rice-rice bran diet (experimental group), respectively. Dietary nutrient levels were similar, and the experiment lasted for 180 days. The results showed as follows: 1) compared with the control group, the average daily feed intake of experimental group was increased by 13.76% ($P>0.05$), the average daily gain was significantly increased by 23.38% ($P<0.01$), and the feed to gain ratio was significantly decreased by 8.35% ($P<0.05$). 2) Compared with the control group, the carcass oblique length of experimental group was increased significantly by 15.61% ($P<0.05$), the carcass straight length was significantly increased by 11.48% ($P<0.05$), and there were no significant differences in other carcass traits between the two groups ($P>0.05$). 3) There were no significant differences in meat quality indexes between the two groups ($P>0.05$). 4) Compared with the control group, the ileal villus height of experimental group was significantly increased by 13.13% ($P<0.05$). In conclusion, the replacement of corn and soybean meal in the *Ningxiang* pig commodity diet by broken rice and rice bran can improve the growth performance and promote the development of intestinal tract. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(1): 92-98]

Key words: rice by-products; *Ningxiang* pigs; growth performance; carcass traits; meat quality