

发酵脐橙粕对番鸭生长性能、屠宰性能、肌肉氨基酸含量及血清生化指标的影响

雷小文¹ 刘珍妮¹ 孔智伟¹ 苏州¹ 谭东海¹ 陈荣强¹
谢华亮¹ 吴异健² 钟云平^{1*}

(1.赣州市畜牧研究所,赣南科学院,赣州 341401;2.福建农林大学动物科学学院(蜂学学院),福州 350002)

摘要: 本试验旨在研究发酵脐橙粕对番鸭生长性能、屠宰性能和各脏器指数、肌肉氨基酸含量、血清生化指标及鸭粪常规成分含量的影响。利用复合菌剂发酵脐橙粕并对其营养成分分析,选取15日龄的公番鸭360只,随机分为4组(每组6个重复,每个重复15只),对照组饲喂基础饲料,Ⅰ组饲喂90%基础饲料+10%发酵脐橙粕,Ⅱ组饲喂85%基础饲料+15%发酵脐橙粕,Ⅲ组饲喂80%基础饲料+20%发酵脐橙粕,预试期7d,正试期48d。结果表明:1)脐橙粕发酵后的粗蛋白质含量极显著提高($P<0.01$),粗脂肪、粗纤维及粗灰分含量显著下降($P<0.05$),营养价值得到提升。2)Ⅰ组的平均日增重和料重比显著高于对照组与Ⅱ、Ⅲ组($P<0.05$)。3)Ⅰ组肌肉天门冬氨酸、谷氨酸、精氨酸、甘氨酸、苏氨酸、脯氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、胱氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸含量、鲜味氨基酸总量及18种氨基酸的总量均显著高于对照组($P<0.05$)。4)Ⅱ组血清丙氨酸氨基转移酶活性及尿素、高密度脂蛋白胆固醇含量均显著高于对照组($P<0.05$)。5)Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组鸭粪的总氮、磷、钾、水分含量均显著或极显著低于对照组($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。由此可见,发酵脐橙粕替代10%基础饲料可显著提高番鸭的生长性能,同时能提高番鸭肌肉必需氨基酸及鲜味氨基酸含量,减少鸭粪中氮、磷、钾等污染物的排放,说明发酵脐橙粕替代10%基础番鸭饲料是可行的。

关键词: 脐橙粕;番鸭;生长性能;屠宰性能;肌肉氨基酸;血清生化指标

中图分类号:S834

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)11-5175-10

脐橙粕是脐橙榨汁后的副产品,占脐橙重量的20%~35%,具有芳香气味,维生素C含量非常高,并且含有较高的类黄酮和胡萝卜素,是天然的抗氧化剂^[1]。我国每年因榨汁而产生约50万t的废渣,但其利用率很低,少部分用作动物饲料,大部分当作废弃物丢弃或掩埋,造成了自然资源的严重浪费^[2]。因此,将脐橙粕应用于替代部分动物饲料有助于提高脐橙粕的利用率和降低饲养成本。有研究表明,橙粕的粗蛋白质水平远低于基

础饲料的粗蛋白质水平^[3],因而无法直接或大量用于替代基础饲料。微生物发酵技术为饲料工业提供了氨基酸、维生素、酶制剂、有机酸和活菌制剂等大量产品,能有效改善饲料营养吸收水平^[4-5]。因此,在研究以脐橙粕替代部分基础饲料时,可利用微生物发酵技术使脐橙粕的营养成分迅速转化,弥补因蛋白质摄入减少而缺乏的氨基酸,增强消化吸收利用效果,保证动物生长性能的同时,降低饲养成本,增加经济效益,减少氮排泄,

收稿日期:2020-04-22

基金项目:江西省现代农业水禽产业技术体系项目(JXARS-09);2018年赣州市科技计划项目“非粮发酵饲料对番鸭生产性能、肉质及粪污的影响研究”(赣市财教字[2018]65号);2017年赣州市科技计划项目“赣南番鸭健康养殖技术研究”(赣市财教字[2017]179号)

作者简介:雷小文(1983—),男,江西赣州人,高级畜牧师,硕士,从事动物营养与动物疫病研究。E-mail:343224896@qq.com

*通信作者:钟云平,研究员,E-mail:451718467@163.com

保护环境^[6-7]。目前尚无利用微生物发酵技术对脐橙粕进行发酵的报道,本研究为了更好地利用脐橙粕资源,首次利用乳酸菌与酵母菌剂对脐橙粕进行发酵,测定其营养成分变化,并用其替代部分基础饲料,研究该发酵脐橙粕对番鸭生长性能、屠宰性能、肌肉氨基酸含量及血清生化指标等的影响,为番鸭的健康养殖和节粮养殖奠定科学基础。

1 材料与方

1.1 试验设计

选取 15 日龄黑羽番鸭(购买自福建温氏集团)360只,随机分为4组,每组6个重复,每个重

复 15 只。对照组饲喂基础饲料,其组成及营养水平见表 1。I 组饲料为 90%基础饲料+10%发酵橙粕,II 组饲料为 85%基础饲料+15%发酵橙粕,III 组饲料为 80%基础饲料+20%发酵橙粕。番鸭自由采食,充足饮水,按正常免疫程序进行免疫接种。

1.2 试验材料

试验脐橙粕选用赣南脐橙榨汁后的残渣,经晾晒、烘干、粉碎后过 40 目筛,购于赣州信丰(青岛科奈尔农产品有限公司);低糖高活性干酵母粉购于安琪酵母股份有限公司;乳酸菌购于郑州中广环保科技有限公司。

表 1 基础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	含量 Content	
	小鸭料(16~21日龄) Ducklings' diet (16 to 21 days of age)	中鸭料(22~70日龄) Fattening ducks' diet (22 to 70 days of age)
原料 Ingredients		
玉米 Corn	61.80	62.00
豆粕 Soybean meal	26.00	20.00
鱼粉 Fish meal	4.20	
小麦麸 Wheat bran	4.00	14.00
蛋氨酸 Met	0.13	0.15
石粉 Limestone	1.22	1.50
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.95	1.07
食盐 NaCl	0.20	0.28
预混料 Premix ¹⁾	1.50	1.50
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
代谢能 ME/(MJ/kg)	2.80	2.68
粗蛋白质 CP	20.00	15.50
粗纤维 CF	2.80	3.12
钙 Ca	1.25	1.74
总磷 TP	0.70	0.65
蛋氨酸 Met	0.45	0.40
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.80	0.68
赖氨酸 Lys	1.05	0.75

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 8 000 IU, VD₃ 3 000 IU, VE 20 IU, VK₃ 2 mg, VB₁ 4 mg, VB₂ 3.6 mg, VB₅ 40 mg, VB₆ 4 mg, VB₁₂ 0.02 mg, 生物素 biotin 0.15 mg, 叶酸 folic acid 1.0 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 11 mg, 烟酸 nicotinic acid 10 mg, 抗氧化剂 antioxidant 100 mg, Cu (as copper sulfate) 10 mg, Fe (as ferrous sulfate) 80 mg, Mn (as manganese sulfate) 80 mg, Zn (as zinc sulfate) 75 mg, I (as potassium iodide) 0.40 mg, Se (as sodium selenite) 0.30 mg。

2) 代谢能为计算值,其余为实测值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 发酵脐橙粕的制备及其常规营养成分测定

在已干燥的脐橙粕中加水搅拌,水分控制在30%~40%,随后加入2‰复合菌剂(比例为1:1的低糖高活性干酵母粉和乳酸菌)混匀,装入呼吸袋,封口,30℃下发酵72 h。

脐橙粕在密封发酵72 h后,随机从3个呼吸袋采样,采样方式选择5点采样法,测定发酵前后的脐橙粕的粗蛋白质(GB/T 6432—1994)、粗脂肪(GB/T 6433—2006)、粗纤维(GB/T 6434—2006)、水分(GB/T 6435—2006)、钙(GB/T 6436—2002)、磷(GB/T 6437—2002)、粗灰分(GB/T 6438—2007)含量。

1.4 检测指标

1.4.1 生长性能

分别于番鸭小鸭、中鸭、大鸭阶段(21、42、70日龄)对试验番鸭进行体重测定,并按照Liu等^[8]的方法进行生长性能测定,供试番鸭生长性能指标包括:平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)、料重比(F/G)、存活率、增重成本(指每增重1 kg所耗饲料的成本)。

1.4.2 屠宰性能及器官指数

于70日龄早晨(提前空腹6 h),从每个组中随机选取6只番鸭(每个重复各随机取1只),称活重后颈静脉放血致死,按照《家禽生产性能名词术语和度量统计方法》(NY/T 823—2004)进行屠宰测定,在活重的基础上计算屠宰率、半净膛率、全净膛率、腹脂率、胸肌率、腿肌率,并测定内脏器官发育指数、免疫器官发育指数,计算公式如下:

$$\text{器官发育指数(g/kg)} = \frac{\text{器官重量(g)}}{\text{活体重(kg)}}$$

1.4.3 肌肉氨基酸含量

从每个组中随机选取6只番鸭(每个重复各随机取1只),剖杀后各取番鸭左胸胸肌100 g,做好标记,参考GB 5009.124—2016的方法测定肌肉中氨基酸的含量。

1.4.4 血清生化指标

分离的血清用日立7600全自动生化分析仪检测,每个组随机选取6只番鸭(每个重复各随机取1只)。测定的指标包括:总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、尿素(UREA)、肌酐(CRE)、尿酸(UA)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量和丙氨酸

氨基转移酶(ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)活性及白球比(A/G)、AST/ALT。

1.4.5 番鸭粪便成分

从每个组随机选取6只番鸭(每个重复各随机取1只)。于16、42及70日龄取新鲜鸭粪60.0 g左右,自然风干,混合均匀,做好标记,进行番鸭粪便成分含量的检测。参考GB/T 8576—2010的方法测定复混肥料中游离水含量,参考NY 525—2012的方法测定有机质含量。

1.5 统计分析

采用SPSS 17.0软件对数据进行分析处理,LSD多重比较法比较组间差异,结果以平均值±标准差(SD)表示。 $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 脐橙粕发酵前后常规营养成分的变化

如表2所示,与发酵前橙粕营养成分相比,发酵后的橙粕粗脂肪、粗纤维和粗灰分含量极显著降低($P < 0.01$),分别下降29.73%、37.80%、57.27%;发酵后的粗蛋白质含量极显著升高32.69%($P < 0.01$)。

2.2 发酵脐橙粕对番鸭生长性能的影响

如表3所示,与对照组相比,10%发酵脐橙粕不会影响番鸭体重,但15%、20%发酵脐橙粕则显著降低番鸭42、70日龄体重($P < 0.05$)。这表明过量的发酵脐橙粕会降低番鸭体重,且发酵脐橙粕比例越高,对番鸭体重的降低作用越明显。

如表4所示,对照组与试验组采食量基本无差别,I组的ADG和F/G显著高于对照组与II、III组($P < 0.05$)。II、III组的ADG显著低于对照组($P < 0.05$);I、II、III组的存活率均高于对照组。

如表4所示,从经济效益角度分析,按通过对饲料配方改变后的各组饲喂成本进行核算,试验期间对照组基础饲料平均成本为4.15元/kg,发酵橙粕成本按1.2元/kg计,包括橙粕成本(1250元/t)+菌剂、辅料成本+发酵环节人工成本。I组的饲料成本为3.855元/kg,II组的饲料成本为3.708元/kg,III组的饲料成本为3.560元/kg。3个试验组的增重成本均发生变化,相比对照组,I、II、III组的增重成本分别下降17.51%、9.58%、10.77%。

表2 发酵脐橙粕营养成分分析

Table 2 Nutritional analysis of fermented navel orange pomace

%

项目 Items	发酵前 Before fermentation	发酵后 After fermentation
粗蛋白质 CP	5.20±0.31 ^B	6.90±0.20 ^A
粗脂肪 EE	3.70±0.22 ^A	2.60±0.11 ^B
粗纤维 CF	12.70±0.13 ^A	7.90±0.07 ^B
粗灰分 Ash	6.60±0.04 ^A	2.82±0.02 ^B
钙 Ca	1.84±0.01	1.42±0.15
磷 P	0.12±0.01	0.11±0.01
水分 Moisture	10.00±1.01	11.10±0.99

同行数据肩标无字母或相同小写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 ($P<0.01$)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same small letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P<0.01$). The same as below.

表3 发酵脐橙粕对不同阶段番鸭体重的影响

Table 3 Effects of fermented navel orange pomace on weight of Muscovy ducks at different stages

kg

项目 Items	对照组 Control group	I组 Group I	II组 Group II	III组 Group III
16日龄 16 days of age	0.27±0.02	0.28±0.01	0.27±0.01	0.28±0.01
21日龄 21 days of age	0.49±0.04	0.47±0.04	0.45±0.03	0.45±0.03
42日龄 42 days of age	1.62±0.05 ^a	1.54±0.05 ^a	1.39±0.07 ^b	1.28±0.06 ^b
70日龄 70 days of age	3.29±0.12 ^a	3.43±0.17 ^a	2.97±0.09 ^b	2.94±0.10 ^b

表4 发酵脐橙粕对番鸭生长性能及经济效益的影响

Table 4 Effects of fermented navel orange pomace on growth performance and economic benefits of Muscovy ducks

项目 Items	对照组 Control group	I组 Group I	II组 Group II	III组 Group III
平均日增重 ADG/[g/(d·只)]	50.24±2.42 ^b	56.62±3.37 ^a	48.78±1.99 ^b	48.58±2.40 ^b
平均日采食量 ADFI/[g/(d·只)]	164.48±5.02	164.62±7.15	161.62±3.78	165.45±5.78
料重比 F/G	3.29±0.16 ^a	2.92±0.76 ^b	3.32±0.13 ^a	3.41±0.17 ^a
存活率 Survival rate/%	90.00	97.80	98.90	96.70
日饲喂成本 Daily feeding cost/[元/(d·只)]	0.68	0.63	0.60	0.59
增重成本 Weight gain cost/(元/kg)	13.59	11.21	12.29	12.12

2.3 发酵脐橙粕对番鸭屠宰性能及器官指数的影响

如表5所示,与对照组相比,各试验组番鸭的屠宰率、胸肌率、腿肌率、心脏指数、肾脏指数、法氏囊指数、肌胃指数和腺胃指数差异均不显著 ($P>0.05$); I组的肺脏指数、II组的肝脏指数、腹脂率、脾脏指数和肺脏指数、III组的半净膛率、全净

膛率、脾脏指数和肺脏指数与对照组均存在显著性差异 ($P<0.05$)。

2.4 发酵脐橙粕对番鸭肌肉氨基酸含量的影响

如表6所示, I组肌肉氨基酸的营养成分中, 组氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、色氨酸含量及必需氨基酸总量与对照组差异不显著 ($P>0.05$); I组肌肉天门冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸、精氨酸、甘氨酸、

苏氨酸、脯氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、胱氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸含量、鲜味氨基酸总量及 18 种氨基酸的总量与对照组存在显著性差异 ($P<0.05$)。

表 5 发酵脐橙粕对番鸭屠宰性能及器官指数的影响

Table 5 Effects of fermented navel orange pomace on slaughter performance and organ indexes of Muscovy ducks

项目 Items	对照组 Control group	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III
屠宰率 Slaughter rate/%	82.94±1.51	82.48±1.29	81.01±2.04	80.99±1.19
半净膛率 Half only chamber rate/%	77.30±1.12 ^a	77.06±1.35 ^a	75.40±1.94 ^{ab}	74.32±0.80 ^b
全净膛率 Total only chamber rate/%	70.03±1.42 ^a	69.60±1.32 ^a	68.51±1.79 ^{ab}	66.84±0.66 ^b
腹脂率 Fat ratio/%	1.33±0.68 ^a	1.76±0.67 ^a	0.57±0.25 ^b	1.57±0.65 ^a
胸肌率 Breast muscle rate/%	12.33±1.60	12.39±0.79	10.18±1.20	10.65±0.72
腿肌率 Leg muscle rate/%	13.27±1.40	13.40±0.75	14.76±1.36	12.70±0.49
心脏指数 Heart index/(g/kg)	6.62±0.47	5.76±0.50	6.24±1.34	6.40±1.13
肝脏指数 Liver index/(g/kg)	18.89±1.52 ^b	18.38±1.19 ^b	21.05±2.21 ^a	20.29±0.82 ^{ab}
脾脏指数 Spleen index/(g/kg)	0.84±0.15 ^a	0.66±0.17 ^{ab}	0.55±0.10 ^b	0.55±0.09 ^b
肺脏指数 Lung index(g/kg)	13.13±2.41 ^a	10.87±1.78 ^b	8.50±0.88 ^c	9.35±1.35 ^{bc}
肾脏指数 Kidney index(g/kg)	7.29±0.39	6.97±1.12	7.73±1.30	7.26±0.76
法氏囊指数 Bursa of Fabricius index/(g/kg)	1.12±0.27	0.93±0.18	1.00±0.20	1.00±0.40
肌胃指数 Gizzard index/(g/kg)	15.93±1.93	16.30±1.75	17.19±2.10	16.15±1.66
腺胃指数 Proventriculus index/(g/kg)	2.91±0.25	2.63±0.47	2.87±0.50	3.27±0.63

表 6 发酵脐橙粕对番鸭肌肉氨基酸含量的影响

Table 6 Effects of fermented navel orange pomace on amino acid contents of muscle of Muscovy ducks %

项目 Items	对照组 Control group	I 组 Group I
天门冬氨酸 Asp [#]	1.84±0.05 ^b	1.93±0.02 ^a
谷氨酸 Glu [#]	3.00±0.07 ^b	3.16±0.04 ^a
丝氨酸 Ser [#]	0.81±0.02 ^b	0.86±0.01 ^a
组氨酸 His	0.32±0.08	0.36±0.03
精氨酸 Arg	1.31±0.04 ^b	1.38±0.01 ^a
甘氨酸 Gly [#]	0.98±0.03 ^b	1.06±0.02 ^a
苏氨酸 Thr ^{#*}	0.89±0.02 ^b	0.94±0.01 ^a
脯氨酸 Pro [#]	0.74±0.02 ^b	0.78±0.01 ^a
丙氨酸 Ala [#]	1.12±0.03 ^b	1.18±0.01 ^a
缬氨酸 Val [*]	1.07±0.03 ^b	1.14±0.01 ^a
蛋氨酸 Met [*]	0.52±0.01 ^b	0.55±0.01 ^a
胱氨酸 Cys-Cys	0.13±0.01 ^b	0.15±0.01 ^a
异亮氨酸 Ile [*]	0.94±0.02 ^b	1.01±0.01 ^a
亮氨酸 Leu [*]	1.6±0.04 ^b	1.71±0.02 ^a
苯丙氨酸 Phe [*]	0.74±0.03	0.79±0.01
赖氨酸 Lys [*]	1.66±0.04 ^b	1.80±0.08 ^a
酪氨酸 Tyr	0.62±0.02	0.69±0.06
色氨酸 Trp [*]	0.19±0.01	0.21±0.01
鲜味氨基酸总量 Total amount of flavor amino acids	9.55±0.11 ^b	10.27±0.09 ^a
必需氨基酸总量 Total amount of essential amino acids	7.56±0.10	8.20±0.23
18 种氨基酸总量 Total amount of 18 amino acids	18.50±0.46 ^b	19.70±0.25 ^a

#为鲜味氨基酸; * 为必需氨基酸。

represented flavor amino acids; * represented essential amino acids.

2.5 发酵脐橙粕对番鸭血清生化指标的影响

如表 7 所示,与对照组相比,各试验组血清 TP、ALB、GLB、CRE、UA、LDL-C 含量和 AST 活

性及 A/G、AST/ALT 差异均不显著 ($P>0.05$); II 组血清 ALT 活性及 UREA、HDL-C 含量与对照组均存在显著性差异 ($P<0.05$)。

表 7 发酵脐橙粕对番鸭血清生化指标的影响

Table 7 Effects of fermented navel orange pomace on serum biochemical indexes of Muscovy ducks

项目 Items	对照组 Control group	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III
总蛋白 TP/(g/L)	34.83±1.91 ^a	32.00±1.26 ^a	33.83±2.86 ^a	33.60±2.53 ^a
白蛋白 ALB/(g/L)	14.53±0.81 ^a	13.77±0.39 ^a	14.18±0.38 ^a	14.33±0.92 ^a
球蛋白 GLB/(g/L)	20.30±1.18 ^a	18.23±1.14 ^a	19.65±2.64 ^a	19.27±1.67 ^a
白球比 A/G	0.72±0.04 ^a	0.77±0.05 ^a	0.75±0.08 ^a	0.75±0.05 ^a
丙氨酸氨基转移酶 ALT/(U/L)	8.78±1.13 ^b	11.50±4.86 ^{ab}	12.82±2.40 ^a	10.55±3.65 ^{ab}
天门冬氨酸氨基转移酶 AST/(U/L)	34.32±5.77 ^a	33.30±18.42 ^a	47.78±13.98 ^a	35.18±17.36 ^a
天门冬氨酸氨基转移酶/ 丙氨酸氨基转移酶 AST/ALT	3.88±0.30 ^a	3.47±1.29 ^a	3.72±0.72 ^a	3.25±0.76 ^a
尿素 UREA/(mmol/L)	0.52±0.12 ^b	0.68±0.09 ^{ab}	0.85±0.45 ^a	0.51±0.10 ^b
肌酐 CRE/(μmol/L)	8.65±5.79 ^a	14.85±8.42 ^a	18.02±7.38 ^a	16.20±4.42 ^a
尿酸 UA(μmol/L)	170.17±46.09 ^a	153.12±32.80 ^a	198.37±45.55 ^a	166.18±34.03 ^a
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C/(mmol/L)	2.48±0.35 ^b	2.56±0.30 ^{ab}	2.84±0.25 ^a	2.70±0.25 ^{ab}
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C/(mmol/L)	1.15±0.25 ^a	1.03±0.22 ^a	1.39±0.24 ^a	1.35±0.22 ^a

2.6 发酵脐橙粕对番鸭粪便成分的影响

如表 8 所示,与对照组相比, I、II、III 组鸭粪中的总氮、磷、钾及水分含量均显著或极显著下降

($P<0.05$ 或 $P<0.01$); 各组间有机质含量及 pH 差异均不显著 ($P>0.05$)。

表 8 发酵脐橙粕对番鸭粪便成分的影响

Table 8 Effects of fermented navel orange pomace on feces composition of Muscovy ducks

项目 Items	对照组 Control group	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III
总氮 Total N/%	4.74±0.03 ^a	3.81±0.14 ^b	3.71±0.17 ^b	4.24±0.10 ^b
磷(以 P ₂ O ₅ 计) P (calculated as P ₂ O ₅)/%	3.85±0.12 ^a	3.17±0.03 ^b	2.44±0.34 ^b	2.68±0.02 ^b
钾(以 K ₂ O 计) K (calculated as K ₂ O)/%	1.57±0.01 ^{Aa}	1.41±0.01 ^{ABb}	1.22±0.05 ^{Ab}	1.18±0.03 ^{Bb}
水分 Moisture/%	8.14±0.12 ^{Aa}	5.54±0.23 ^{Bb}	4.23±0.66 ^{BCbc}	2.53±0.08 ^{Cc}
有机质 Organic matter/%	86.90±2.10	88.00±1.95	85.50±1.99	84.70±1.45
pH	6.27±0.02	6.18±0.36	5.75±0.25	5.71±0.23

3 讨论

3.1 发酵脐橙粕营养成分的变化

脐橙粕经乳酸菌和酵母菌发酵以后,菌体利用橙粕内的氮源合成自身菌体蛋白,并附着于脐橙粕上,致使其粗蛋白质含量显著增加 32.69%^[9]。

乳酸菌活菌内和其代谢产物中含有较高的超氧化物歧化酶(SOD),能够分解常温下不易分解的木质素和纤维素,降低脐橙粕内一部分的粗纤维,因此发酵橙粕的粗纤维含量显著降低 37.80%^[10]。微生物发酵使脐橙粕中的蛋白质和脂肪降解,原来与蛋白质、脂肪及淀粉所形成结合物中包埋的

矿物质被释放,所以脐橙粕中粗灰分的含量也有所降低^[11-12]。综上所述,粗蛋白质含量的升高以及粗纤维含量的下降使脐橙粕的营养价值得到进一步的提升。

3.2 发酵脐橙粕对番鸭生长性能及经济效益的影响

生长性能是反映动物营养状态最直接和最有价值的指标^[13]。本试验中,发酵后脐橙粕的粗蛋白质含量低于基础饲料,而其粗纤维含量高于基础饲料。因此,当选择用发酵脐橙粕替代部分基础饲料时,会降低粗蛋白质的摄入及能值的水平和提高饲料的粗纤维水平。然而,选择发酵脐橙粕替代 10% 基础饲料与饲喂基础饲料相比,番鸭 ADG 显著提高, F/G 显著下降, 该组番鸭的生长性能显著提高。替代后摄入的粗蛋白质含量和能值降低,粗纤维含量高,而番鸭的生长性能并未显著降低,甚至显著增加,有以下 2 方面原因:一方面,发酵脐橙粕中的乳酸菌和酵母菌能够利用饲料合成各种氨基酸,弥补因替代导致的蛋白质摄入减少引起的氨基酸缺乏,同时菌体可以产生消化酶以分解不易分解的粗纤维素,从而加快能量转化,提高番鸭的消化功能和营养吸收水平,保证了番鸭的生长性能^[14];另一方面,发酵脐橙粕中存在的抗氧化物质和菌体可抑制基础饲料中的敏感物质氧化,进入体内可减少机体自由基的含量,具有增加机体免疫力和提高动物健康水平的作用,从而保障番鸭的生长性能^[15]。发酵脐橙粕替代 15% 和 20% 基础饲料时,ADG 有下降趋势,这是由于过多的微生物活菌进入动物肠道需要额外消耗部分营养物质,进而影响宿主动物本身的营养物质吸收利用和生长发育^[16]。该试验中关于发酵脐橙粕替代部分基础饲料而番鸭生长性能不显著降低的机制仍需进一步深入研究。此外,各试验组的番鸭增重成本均减少,经济效益提高,达到节粮养殖的目的。

3.3 发酵脐橙粕对番鸭屠宰性能及器官指数的影响

屠宰性能是反映胴体品质的一个重要指标,其中屠宰率和全净膛率是屠宰性状中的 2 个重要指标,也是衡量畜禽产肉性能的重要指标^[17]。一般认为屠宰率在 80% 以上、全净膛率在 60% 以上,肉用性能良好^[18]。本试验中,发酵脐橙粕替代部分基础饲料可使番鸭屠宰率保持在 80% 以上、全

净膛率保持在 60% 以上,说明发酵脐橙粕对番鸭的产肉性能无不良影响。此外,Ⅱ组的肝脏指数有所上升,且观察时没有病变,说明发酵脐橙粕替代部分基础饲料可以增强机体的代谢能力^[19]。

3.4 发酵脐橙粕对番鸭肌肉氨基酸含量的影响

氨基酸既是肉质营养的重要物质,也是肉质鲜味的重要成分^[20]。对人类来说,食品中必需氨基酸的含量越多,食品的营养价值也高,因此我们将肌肉中必需氨基酸含量作为衡量蛋白质营养价值的一个指标列出^[21]。根据番鸭生长性能和屠宰性能结果,本试验选择Ⅰ组进行肌肉氨基酸检测。结果表明,Ⅰ组 7 种鲜味氨基酸和 6 种必需氨基酸含量及鲜味氨基酸总量和氨基酸总量均显著高于对照组。该结果表明,10% 发酵脐橙粕替代部分饲料可使番鸭其鲜味和营养价值能得到极大的提高。

3.5 发酵脐橙粕对番鸭血清生化指标的影响

动物血清生化指标可反映动物的生理代谢和健康情况^[22]。血清 TP、ALB、GLB 含量和 A/G 可作为评价动物机体免疫能力的指标^[23],试验结果显示,与对照组相比,各试验组的 TP、ALB、GLB 含量及 A/G 差异不显著,这表明发酵脐橙粕不影响番鸭的免疫功能。

ALT 和 AST 以及 AST/ALT 为血液中表示肝脏健康状态的重要指标^[24],本试验中,Ⅱ组的血清 ALT 活性显著升高 46.01%,该组的肝脏可能受损。由于该组的血清 AST 活性和 AST/ALT 显示为正常,剖检时肝脏无病变,表明Ⅱ组血清 ALT 活性升高在番鸭机体允许范围内,番鸭肝功无损伤,Ⅱ组血清 ALT 活性的升高可能与肝功能代谢加强有关。

血清中 UREA、UA 及 CRE 含量是评价肾功能主要指标^[25]。UREA 是机体蛋白质和氨基酸等组分的代谢产物,其含量可相对准确地反映出动物体内蛋白质代谢和氨基酸代谢的平衡^[26]。本试验中,Ⅱ组番鸭血清中 UREA 含量显著高于对照组,说明饲喂发酵饲料促进机体蛋白质的分解代谢。血清中 UA 含量可代表肾功能的损伤程度,而 CRE 在体内蓄积时会成为对番鸭机体有害的毒素。试验结果显示,试验组的血清 UA 与 CRE 含量与对照组差异不显著,这表明饲喂发酵脐橙粕替代部分基础饲料的番鸭肾脏功能正常,并能使机体蛋白质加快分解。

HDL-C 主要由蛋白质、胆固醇及磷脂组成^[27]。HDL-C 主要在肝脏和小肠合成,具有逆向胆固醇的作用,既可以使组织内(主要是动脉壁内)多余的胆固醇在 HDL-C 受体的介导下经胆固醇转运蛋白的作用,将其转运到肝脏或将胆固醇脂转移给低密度脂蛋白,形成 LDL-C,进入肝脏,然后经肝脏脂蛋白受体吸收转变为胆汁酸排出体外,使胆固醇得到调节^[28]。试验结果显示,Ⅱ组的血清 HDL-C 含量显著提高 14.52%,而 LDL-C 含量差异不显著,这表明选择发酵脐橙粕替代部分基础饲料有助于提高番鸭胆固醇的代谢能力,且不会形成对机体有害的 LDL-C。

综上所述,发酵脐橙粕对番鸭机体免疫功能、肝脏功能及肾脏功能无不良影响,且能够提高机体对蛋白质及胆固醇的降解能力。

3.6 发酵脐橙粕对番鸭粪便成分的影响

番鸭粪便中总氮、磷、钾及水分的含量的高低可以作为粪污是否对环境构成污染的重要参考指标,对选择粪污的处理方式有重要参考价值^[29]。本研究表明,发酵脐橙粕可以降低粪中总氮、磷、钾及水分的含量,一定程度上可以减少对环境污染的压力。此外,资源化利用是畜禽粪污处理的最佳途径。包括粪污收集、输送、储存、处理、利用等多个环节,是一项系统性工程。然而过高的总氮、磷、钾及水分含量将加大鸭粪处理的难度与成本,不利于资源化利用。因此,发酵脐橙粕替代部分基础饲料可降低粪污中总氮、磷、钾及水分含量,这将有利于降低鸭粪处理难度,提高鸭粪的利用率,节约成本,同时减少对环境的污染^[30]。

4 结论

① 利用乳酸菌和酵母菌混合制剂发酵脐橙粕,能显著提高发酵脐橙粕的粗蛋白质含量和降低其粗脂肪、粗纤维及粗灰分含量。

② 利用 10% 发酵脐橙粕替代部分基础饲料能显著提高番鸭生长性能,降低 F/G。

③ 发酵脐橙粕替代部分基础饲料能有效减少鸭粪中的污染物的排放。

参考文献:

[1] ZHENG Y Q, YANG Q, JIA X M, et al. Ca(NO₃)₂ canopy spraying during physiological fruit drop period has a better influence on the tree character and fruit

quality of Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck) [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16 (7): 1513-1519.

- [2] GUO Q Y, LIU K, DENG W H, et al. Chemical composition and antimicrobial activity of Gannan navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck cv. Newhall) peel essential oils [J]. Food Science & Nutrition, 2018, 6 (6): 1431-1437.
- [3] WANG Q, ZHENG Y F, YU Y B, et al. Effects of cross-pollination by 'Murcott' tangor on the physico-chemical properties, bioactive compounds and antioxidant capacities of 'Qicheng 52' navel orange [J]. Food Chemistry, 2019, 270: 476-480.
- [4] XU B C, ZHU L Y, FU J, et al. Overall assessment of fermented feed for pigs: a series of meta-analyses [J]. Journal of Animal Science, 2019, 97 (12): 4810-4821.
- [5] SUGIHARTO S, YUDIARTI T, ISROLI I, et al. Growth performance, haematological responses, intestinal microbiology and carcass traits of broiler chickens fed finisher diets containing two-stage fermented banana peel meal [J]. Tropical Animal Health and Production, 2020, 52 (3): 1425-1433.
- [6] MISSOTTEN J A M, MICHIELS J, DEGROOTE J, et al. Fermented liquid feed for pigs: an ancient technique for the future [J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2015, 6 (1): 4.
- [7] YIN H C, HUANG J. Effects of soybean meal replacement with fermented alfalfa meal on the growth performance, serum antioxidant functions, digestive enzyme activities, and cecal microflora of geese [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2016, 15 (9): 2077-2086.
- [8] LIU J B, YAN H L, ZHANG Y, et al. Effects of dietary energy and protein content and lipid source on growth performance and carcass traits in Pekin ducks [J]. Poultry Science, 2019, 98 (10): 4829-4837.
- [9] YE H R H, HSIEH C W, CHEN K L. Screening lactic acid bacteria to manufacture two-stage fermented feed and pelleting to investigate the feeding effect on broilers [J]. Poultry Science, 2018, 97 (1): 236-246.
- [10] LIN B S, LUO J, LI Y M, et al. Optimization on production key factors of microbial fermented feed and analysis on composition variation during fermentation [J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2017, 9 (3): 179-183.
- [11] SUGIHARTO S, RANJITKAR S. Recent advances in

- fermented feeds towards improved broiler chicken performance, gastrointestinal tract microecology and immune responses; a review [J]. *Animal Nutrition*, 2019, 5(1): 1–10.
- [12] NARDOIA M, ROMERO C, BRENES A, et al. Addition of fermented and unfermented grape skin in broilers' diets; effect on digestion, growth performance, intestinal microbiota and oxidative stability of meat [J]. *Animal*, 2020, 14(7): 1371–1381.
- [13] YAN H L, CAO S C, HU Y D, et al. Effects of methylsulfonylmethane on growth performance, immunity, antioxidant capacity, and meat quality in Pekin ducks [J]. *Poultry Science*, 2020, 99(2): 1069–1074.
- [14] KHAN S A, ZHANG M W, LIU L, et al. Co-culture submerged fermentation by lactobacillus and yeast more effectively improved the profiles and bioaccessibility of phenolics in extruded brown rice than single-culture fermentation [J]. *Food Chemistry*, 2020, 326: 126985.
- [15] SHAH A A, LIU Z W, QIAN C, et al. Potential effect of the microbial fermented feed utilization on physicochemical traits, antioxidant enzyme and trace mineral analysis in rabbit meat [J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2020, 104(3): 767–775.
- [16] CHENG Y X, WU T, TANG S X, et al. Fermented blueberry pomace ameliorates intestinal barrier function through the NF- κ B-MLCK signaling pathway in high-fat diet mice [J]. *Food & Function*, 2020, 11(4): 3167–3179.
- [17] MA L, YANG L M, SHEN Z Q, et al. Effects of *Shuanghuanglian* propolis oral liquid on growth performance, slaughter performance and meat quality of broilers [J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2016, 8(4): 215–216, 218.
- [18] GE K, YE P F, YANG L, et al. Comparison of slaughter performance, meat traits, serum lipid parameters and fat tissue between *Chaohu* ducks with high- and low-intramuscular fat content [J]. *Animal Biotechnology*, 2020, 31(3): 245–255.
- [19] LIU Q W, WEI L M, WANG F, et al. Effects of crude fiber levels on production performance, organ index and serum biochemical parameters of dingan geese aged from 1 to 28 days [J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2019, 11(Z1): 98–102.
- [20] LI X, CHEN S, ZHAO Z T, et al. Effects of polysaccharides from *Yingshan Yunwu* tea on meat quality, immune status and intestinal microflora in chickens [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 155: 61–70.
- [21] NEWSOME S D, FEESER K L, BRADLEY C J, et al. Isotopic and genetic methods reveal the role of the gut microbiome in mammalian host essential amino acid metabolism [J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2020, 287(1922): 20192995.
- [22] LIU Q, WANG F, WEI L, et al. Effects of dietary crude fiber levels on growth performance and serum biochemical index of *Dingan* geese aged from 35 to 70 days [J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2019, 11(1): 12–15.
- [23] MAEDA S, TAKEYA Y, OGURO R, et al. Serum albumin/globulin ratio is associated with cognitive function in community-dwelling older people: the septuagenarians, octogenarians, nonagenarians investigation with centenarians study [J]. *Geriatrics & Gerontology International*, 2019, 19(10): 967–971.
- [24] ABHILASH K, ARAVIND G N. High Ast/Alt is the index of advanced alcoholic liver disease rather than heavy alcohol drinking; a study in tertiary care hospital [J]. *The Journal of the Association of Physicians of India*, 2020, 68(1): 98.
- [25] BAI M M, LI H N, XU K, et al. Compensation effects of coated cysteamine on meat quality, amino acid composition, fatty acid composition, mineral content in dorsal muscle and serum biochemical indices in finishing pigs offered reduced trace minerals diet [J]. *Science China Life Sciences*, 2019, 62(11): 1550–1553.
- [26] LIU Q, WEI L, WANG F, et al. Effect of pelleted total mixed ration of different particle sizes on production performance and serum biochemical index of fattening *Hainan* black goats [J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2019, 11(1): 23–27.
- [27] DING Y, BU X C, ZHANG N N, et al. Effects of metabolizable energy and crude protein levels on laying performance, egg quality and serum biochemical indices of *Fengda-1* layers [J]. *Animal Nutrition*, 2016, 2(2): 93–98.
- [28] CHEN Q M, ZHAO H X, HUANG Y H, et al. Effects of dietary arginine levels on growth performance, body composition, serum biochemical indices and resistance ability against ammonia-nitrogen stress in juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) [J]. *Animal Nutrition*, 2016, 2(3): 204–210.
- [29] NA S H, MOON D C, CHOI M J, et al. Detection of oxazolidinone and phenicol resistant enterococcal iso-

lates from duck feces and carcasses[J]. International Journal of Food Microbiology, 2019, 293: 53-59.

- [30] SCHREUDER J, VELKERS F C, BOUWSTRA R J, et al. Limited changes in the fecal microbiome compo-

sition of laying hens after oral inoculation with wild duck feces[J]. Poultry Science, 2019, 98(12): 6542-6551.

Effects of Fermented Navel Orange Pomace on Growth Performance, Slaughter Performance, Muscle Amino Acid Contents and Serum Biochemical Indexes of Muscovy Ducks

LEI Xiaowen¹ LIU Zhenni¹ KONG Zhiwei¹ SU Zhou¹ TAN Donghai¹ CHEN Rongqiang¹
XIE Hualiang¹ WU Yijian² ZHONG Yunping^{1*}

(1. Ganzhou Animal Husbandry Research Institute, Gannan Academy of Sciences, Ganzhou 341401, China; 2. College of Animal Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The purpose of this study was to explore the effects of fermented navel orange pomace on growth performance, slaughter performance, muscle amino acid contents and serum biochemical indexes of Muscovy ducks. Navel orange pomace was fermented with the compound bacteria and its nutritional composition was analyzed. Three hundred and sixty 15-day-old male Muscovy ducks were divided into 4 groups (6 replicates per group, 15 ducks per replicate). Fermentation of navel orange pomace and basic diet are mixed to feed Muscovy ducks. The control group was fed the basic diet; group I was fed 90% basic diet+10% fermented navel orange; group II was fed 85% basic diet+15% fermented navel orange; group III was fed 80% basic diet+20% fermented navel orange. The pre-feeding period was 7 days and the formal test period was 48 days. Results showed as follows: 1) the content of crude protein extremely boosted in fermented navel orange pomace ($P < 0.01$), while the contents of crude fat, crude fiber and crude ash significantly decreased ($P < 0.05$). The nutritional value of fermented navel orange pomace was improved. 2) The average daily gain and feed/gain of group I were significantly higher than those of control group, groups II and III ($P < 0.05$). 3) Compared with the control group, the contents of Asp, Glu, Ser, Arg, Gly, Thr, Pro, Ala, Val, Met, Cys, Ile, Leu, Lys, flavor amino acid and total amino acid in group I were clearly elevated ($P < 0.05$). 4) The contents of alanine aminotransferase activity, urea and high density lipoprotein cholesterol contents in group II were significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$). 5) The contents of nitrogen, phosphorus, potassium and moisture in duck feces of groups I, II and III were significantly lower than those of control group. It can be seen that 10% fermented navel orange pomace can significantly improve the growth performance of Muscovy duck, improving the contents of essential amino acids and fresh amino acids in Muscovy duck muscle, enhancing the metabolism, and reducing the emission of nitrogen, phosphorus, potassium and other pollutants in duck feces, which shows that it is feasible to replace 10% basic diet with fermented navel orange pomace for Muscovy ducks. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(11): 5175-5184]

Key words: navel orange pomace; Muscovy ducks; growth performance; slaughter performance; muscle amino acids; serum biochemical index