

网络出版时间:2015-06-30 13:47

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2015.08.019

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20150630.1347.019.html>

# 日粮粗纤维水平对圩猪生长性能、肉品质及血液生化指标的影响

唐倩<sup>1</sup>, 杨小婷<sup>1</sup>, 李吕木<sup>1,2</sup>, 丁维民<sup>3</sup>, 许发芝<sup>1</sup>, 丁小玲<sup>1</sup>

(1 安徽农业大学 动物科技学院, 安徽 合肥 230036; 2 安徽省畜牧生物工程技术研究中心, 安徽 合肥 230031; 3 安徽安泰农业集团, 安徽 广德 242200)

**【摘要】**【目的】研究不同粗纤维水平日粮对圩猪生长性能、肉品质以及血液生化指标的影响, 以确定圩猪日粮的适宜粗纤维水平。【方法】选取 24 头体质量为  $(36.48 \pm 3.80)$  kg/头健康圩猪, 随机分为 3 个处理组, 每组 8 个重复, 每重复 6 母 2。试验分为 2 个阶段: 生长期(35~60 kg)和肥育期(60~80 kg)。生长期粗蛋白质为 160.0 g/kg, 消化能为 12.77 MJ/kg, 试验 1、2 和 3 组粗纤维水平分别为 58.0、64.3 和 70.9 g/kg; 育肥期粗蛋白质为 140.0 g/kg, 消化能为 12.81 MJ/kg, 试验 1、2 和 3 组粗纤维水平分别为 53.7、60.5 和 67.2 g/kg。试猪采用种猪自动饲喂系统饲喂, 耗料和体质量实时自动记录。试验结束时, 每组选取 6 头体质量相近的猪屠宰(4 公 2 母), 测定其生长性能、屠宰性能和肉品质, 同时全部试验猪实行前腔静脉采血以进行血液生化指标的测定。【结果】生长期试验 2 组体质量增加成本显著比试验 1 组高 11% ( $P < 0.05$ ); 育肥期内, 试验 3 组平均日增质量和平均日采食量分别显著高于试验 2 组和试验 1 组 ( $P < 0.05$ ), 其料肉比(3.64)和体质量增加成本分别比试验 2 组低 21.04% 和 18.83% ( $P < 0.05$ )。试验 3 组屠宰率极显著低于其他组 ( $P < 0.01$ ),  $A_1$  值和  $L_{24}$  值显著高于试验 1 组 ( $P < 0.05$ )。随着日粮粗纤维水平的增加, 屠宰后圩猪肉的  $pH_1$  和  $pH_{24}$  值均表现为先降低后升高。试验 3 组十八碳-顺-9-烯酸和单不饱和脂肪酸含量极显著高于试验 2 组 ( $P < 0.01$ ), 但 9,12-十八碳二烯酸、7,10,13-二十碳三烯酸、全顺-5,8,11,14-二十碳四烯酸和多不饱和脂肪酸含量均显著低于试验 2 组 ( $P < 0.05$ ), 除半胱氨酸、组氨酸和脯氨酸外, 试验 2 组其余氨基酸的含量均显著高于试验 1 组 ( $P < 0.05$ ), 但其血清谷草转氨酶活性和葡萄糖浓度显著低于试验 1 组 ( $P < 0.05$ )。【结论】综合考虑生长性能、经济效价、肉品质和血清生化指标认为, 对于生长期圩猪, 当日粮粗蛋白质水平为 160.0 g/kg、消化能水平为 12.77 MJ/kg 时, 适宜的粗纤维水平以 58.0 g/kg 为宜; 对于育肥期圩猪, 当日粮粗蛋白质水平为 140.0 g/kg、消化能水平为 12.81 MJ/kg 时, 粗纤维水平以 67.2 g/kg 为宜。

**【关键词】** 粗纤维; 圩猪; 生长性能; 肉品质; 血液生化指标

**【中图分类号】** S828.8<sup>+</sup>95

**【文献标志码】** A

**【文章编号】** 1671-9387(2015)08-0010-09

## Effect of dietary crude fiber level on growth performance, meat quality and serum biochemical indexes of Wei pigs

TANG Qian<sup>1</sup>, YANG Xiao-ting<sup>1</sup>, LI Lü-mu<sup>1,2</sup>, DING Wei-min<sup>3</sup>,  
XU Fa-zhi<sup>1</sup>, DING Xiao-ling<sup>1</sup>

(1 College of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China;

2 Research Center of Animal Biological Engineering Technology, Hefei, Anhui 230031, China;

3 Anhui Antai Agricultural Group CO., LTD, Guangde, Anhui 242200, China)

**Abstract:** 【Objective】This study investigated the effects of dietary crude fiber level on growth per-

**【收稿日期】** 2014-11-24

**【基金项目】** 国家星火计划重点项目(2014GA710002); 安徽省生猪产业技术体系项目(2014)

**【作者简介】** 唐倩(1991-), 女, 江苏泰州人, 在读硕士, 主要从事动物营养与饲料科学研究。

**【通信作者】** 李吕木(1956-), 男, 安徽和县人, 研究员, 博士, 博士生导师, 主要从事动物营养与饲料科学研究。

E-mail: llm56@ahau.edu.cn

formance, meat quality and serum biochemical indexes of Wei pigs to determine optimal fiber level. 【Method】 24 health Wei pigs, weighing  $(36.48 \pm 3.80)$  kg, were randomly allotted to 3 treatments. Each treatment had 8 replicates and each replicate included 6 boars and 2 sows. The experiment was divided into two stages (growing period: 35—60 kg and finishing period: 60—80 kg). During growing period, the crude protein level was 160.0 g/kg, the digestible energy was 12.77 MJ/kg, and the dietary crude fiber levels of treatment 1, treatment 2 and treatment 3 were 58.0, 64.3 and 70.9 g/kg, respectively. During finishing period, the crude protein level was 140.0 g/kg, the digestible energy was 12.81 MJ/kg, and the dietary crude fiber levels of treatment 1, treatment 2 and treatment 3 were 53.7, 60.5 and 67.2 g/kg, respectively. The pigs were fed by the automatic feeding system, and the consumptions and weights were recorded immediately. At the end of experiment, 6 pigs (4 boars and 2 sows) with similar weight were selected to measure the growth performance, slaughter performance and meat quality. Blood samples of all pigs were collected to determine the serum biochemical indexes. 【Result】 During growing period, the cost of weight gain of treatment 2 was significantly higher than that of treatment 1 by 11% ( $P < 0.05$ ). During finishing period, ADG and ADFI of treatment 3 were significantly higher than that of treatment 1 and 2 ( $P < 0.05$ ), while the F/G (3.64) and the cost of weight gain were lower than treatment 1 by 21.04% and 18.83%, separately ( $P < 0.05$ ). Dressing percentage of treatment 3 was significantly lower than that of others ( $P < 0.01$ ), while values of  $A_1$  and  $L_{24}$  were significantly higher than that of treatment 1. After slaughtering,  $pH_1$  and  $pH_{24}$  values of every group decreased at first and then increased. The contents of tetradecanoic acid and MUFA of treatment 3 were significantly higher than that of treatment 2, while the contents of 9,12-Octadecadienoic Acid, 7,10,13-Eicosatrienoic acid, 5,8,11,14-Arachidonic acid and PUFA were significantly lower than that of treatment 2 ( $P < 0.01$ ). Expect for Cys, His and Pro, the contents of other amino acids of treatment 2 were significantly higher than that of treatment 1 ( $P < 0.05$ ), but the enzyme activity of AST and the content of GLU were significantly lower than that of treatment 1 ( $P < 0.05$ ). 【Conclusion】 Considering growth performance, cost, meat quality and serum biochemical indexes, the optimal crude fiber level for Wei pigs was 58.0 g/kg when crude protein level was 160.0 g/kg and digestible energy was 12.77 MJ/kg during growing period. During finishing period, the optimal crude fiber level was 67.2 g/kg when crude protein level was 140.0 g/kg and digestible energy was 12.81 MJ/kg.

**Key words:** crude fiber; Wei pigs; growth performance; meat quality; growth performance; serum biochemical indexes

圩猪是安徽省重要的地方猪品种之一,具有耐粗饲、抗逆性强和肉味鲜美等显著优势<sup>[1]</sup>。近年来,有学者对其遗传特性<sup>[2-3]</sup>及日粮蛋白质水平对其生产性能和肉质的影响<sup>[4]</sup>进行了研究,表明圩猪心脏脂肪酸结合蛋白基因的多态性影响其肌肉脂肪含量,这可能是圩猪具有丰富肌间脂肪的原因之一。研究认为,圩猪在日粮消化能(Digestible energy, DE)水平为 12.77 MJ/kg 时,其生长肥育期适宜的日粮粗蛋白质(Crude protein, CP)水平是 140 g/kg<sup>[4]</sup>。但有关圩猪耐粗饲的特性尚没有科学依据,饲喂较三元杂交猪更高水平的粗纤维(Crude fiber, CF)日粮对其生产性能和肉质影响究竟如何不得而知。因此,探索不同粗纤维水平日粮对圩猪生产性能和肉质等的影响,揭示该品种猪耐粗饲性能

和确定其合适的日粮粗纤维水平,对促进该地方品种的开发利用均具有重要的现实意义。为此,本试验研究不同粗纤维水平日粮对生长期、肥育期圩猪生长性能、血液生化指标和肉品质的影响,旨在为确定生长期、肥育期圩猪日粮的适宜粗纤维水平提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

选取 24 头体质量为  $(36.48 \pm 3.80)$  kg/头的健康圩猪,随机分为 3 组,每组 8 个重复,每个重复公 6 母 2,各组初始体质量差异不显著( $P > 0.05$ )。试验分为生长期(35~60 kg)和育肥期(60~80 kg)2 个阶段。生长期试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组的

日粮粗蛋白质和消化能水平相同,分别为 160.0 g/kg和 12.77 MJ/kg,粗纤维水平分别为 58.0, 64.3和 70.9 g/kg;育肥期 3 组的日粮粗蛋白质和消化能水平也相同,分别为 140.0 g/kg 和 12.81 MJ/kg,粗纤维水平分别为 53.7、60.5 和 67.2 g/kg。试验周期共 107 d,其中生长期 54 d,育肥期

53 d。  
1.2 试验日粮  
参照《中国饲料成分及营养价值表》(2013)、NRC(1998)和《中国猪饲养标准》(2004),配制 3 种不同粗纤维水平的玉米-豆粕型日粮,其配方和营养水平见表 1。

表 1 日粮配方及其营养水平

Table 1 Ingredients and nutrient compositions of experimental diets

| 项目<br>Item                                          | 生长期 Growing period |               |               | 肥育期 Finishing period |               |               |
|-----------------------------------------------------|--------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|
|                                                     | 1 组<br>Group1      | 2 组<br>Group2 | 3 组<br>Group3 | 1 组<br>Group1        | 2 组<br>Group2 | 3 组<br>Group3 |
| 原料 Ingredients                                      |                    |               |               |                      |               |               |
| 玉米/(g·kg <sup>-1</sup> )Corn                        | 535.5              | 499.8         | 462.4         | 583.0                | 555.0         | 535.0         |
| 麦麸/(g·kg <sup>-1</sup> )Wheat bran                  | 110.1              | 113.4         | 116.6         | 128.5                | 119.1         | 101.1         |
| 豆粕/(g·kg <sup>-1</sup> )Soybean meal                | 181.5              | 175.4         | 169.1         | 126.8                | 121.6         | 117.2         |
| 进口苜蓿草/(g·kg <sup>-1</sup> )Alfalfa meal             | 126.0              | 154.5         | 184.0         | 113.9                | 146.8         | 181.0         |
| 豆油/(g·kg <sup>-1</sup> )Soybean oil                 | 21.6               | 31.6          | 42.7          | 22.5                 | 32.2          | 40.4          |
| L-赖氨酸/(g·kg <sup>-1</sup> )L-LysoHCl                | 0.3                | 0.3           | 0.2           | 0.3                  | 0.3           | 0.3           |
| 预混料/(g·kg <sup>-1</sup> )Premix                     | 25.0               | 25.0          | 25.0          | 25.0                 | 25.0          | 25.0          |
| 合计/g Total                                          | 1 000.00           | 1 000.00      | 1 000.00      | 1 000.00             | 1 000.00      | 1 000.00      |
| 成本/(元·kg <sup>-1</sup> ) Cost                       | 3.37               | 3.46          | 3.55          | 3.25                 | 3.35          | 3.46          |
| 营养水平 Nutrient levels                                |                    |               |               |                      |               |               |
| 消化能/(MJ·kg <sup>-1</sup> )DE                        | 12.77              | 12.77         | 12.77         | 12.81                | 12.81         | 12.81         |
| 粗蛋白质/(g·kg <sup>-1</sup> ) CP                       | 160.0              | 160.0         | 160.0         | 140.0                | 140.0         | 140.0         |
| 粗纤维/(g·kg <sup>-1</sup> )CF<br>(实测值 Measured value) | 58.0               | 64.3          | 70.9          | 53.7                 | 60.5          | 67.2          |
| 钙/(g·kg <sup>-1</sup> )Ca                           | 4.2                | 4.4           | 4.7           | 3.7                  | 4.1           | 4.5           |
| 总磷/(g·kg <sup>-1</sup> )Total P                     | 4.4                | 4.3           | 4.3           | 4.3                  | 4.2           | 4.0           |
| 非植酸磷/(g·kg <sup>-1</sup> )Nonphytate P              | 2.0                | 2.0           | 2.0           | 2.0                  | 2.0           | 2.0           |
| 赖氨酸/(g·kg <sup>-1</sup> )Lys                        | 8.3                | 8.3           | 8.2           | 7.0                  | 7.0           | 7.0           |
| 蛋氨酸/(g·kg <sup>-1</sup> )Met                        | 2.3                | 2.2           | 2.2           | 2.0                  | 2.0           | 2.0           |
| (蛋氨酸+胱氨酸)/(g·kg <sup>-1</sup> )Met+Cys              | 4.7                | 4.6           | 4.6           | 4.2                  | 4.1           | 4.1           |
| 苏氨酸/(g·kg <sup>-1</sup> ) Thr                       | 6.0                | 6.0           | 6.0           | 5.1                  | 5.2           | 5.2           |
| 色氨酸/(g·kg <sup>-1</sup> ) Trp                       | 2.0                | 2.1           | 2.1           | 1.7                  | 1.8           | 1.8           |

注:生长期每 kg 预混料所含营养成分为:VA 169 000 IU,VD<sub>3</sub> 75 000 IU,VE 330 mg,VK<sub>3</sub> 133 mg,VB<sub>1</sub> 31 mg,VB<sub>2</sub> 88 mg,VB<sub>6</sub> 55 mg,VB<sub>12</sub> 0.32 mg,生物素 5.5 mg,泛酸 165 mg,烟酸 275 mg,叶酸 8.8 mg,赖氨酸 150 g,Cu 3 360 mg,Fe 3 200 mg,Zn 2 600 mg,Mn 750 mg,I 16.5 mg,Se 8 mg,钙 130 g,总磷 22 g,食盐 102 g。肥育期每 kg 预混料所含营养成分为:VA 134 000 IU,VD<sub>3</sub> 65 000 IU,VE 275 mg,VK<sub>3</sub> 133 mg,VB<sub>1</sub> 8.8 mg,VB<sub>2</sub> 33 mg,VB<sub>6</sub> 11 mg,VB<sub>12</sub> 0.2 mg,生物素 1.4 mg,泛酸 135 mg,烟酸 220 mg,叶酸 6.6 mg,赖氨酸 120 g,Cu 550 mg,Fe 2 200 mg,Zn 2 600 mg,Mn 650 mg,I 16.5 mg,Se 6 mg,钙 130 g,总磷 20 g,食盐 95 g。

Note:The nutrients in per kg of the premix for growing period:VA 169 000 IU,VD<sub>3</sub> 75 000 IU,VE 330 mg,VK<sub>3</sub> 133 mg,VB<sub>1</sub> 31 mg,VB<sub>2</sub> 88 mg,VB<sub>6</sub> 55 mg,VB<sub>12</sub> 0.32 mg,biotin 5.5 mg,D-pantothenic acid 165 mg,nicotinic acid 275 mg,folic acid 8.8 mg,Lys 150 g,Cu 3 360 mg,Fe 3 200 mg,Zn 2 600 mg,Mn 750 mg,I 16.5 mg,Se 8 mg,Ca 130 g,total P 22 g,and NaCl 102 g. The nutrients in per kg of the premix for finishing period:VA 134 000 IU, VD<sub>3</sub> 65 000 IU,VE 275 mg,VK<sub>3</sub> 133 mg,VB<sub>1</sub> 8.8 mg,VB<sub>2</sub> 33 mg,VB<sub>6</sub> 11 mg,VB<sub>12</sub> 0.2 mg,biotin 1.4 mg,D-pantothenic acid 135 mg,nicotinic acid 220 mg,folic acid 6.6 mg,Lys 120 g,Cu 550 mg,Fe 2 200 mg,Zn 2 600 mg,Mn 650 mg,I 16.5 mg,Se 6 mg,Ca 130 g,total P 20 g,and NaCl 95 g.

1.3 饲养管理

试验在安徽省畜牧生物工程技術研究中心试验基地进行,参试猪群饲养于同一栋猪舍,采用美国奥斯本种猪自动饲喂系统饲喂,实时自动记录每头猪的体质量和采食量,每组饲喂于同一圈猪舍。免疫、清洁和消毒工作按猪场常规程序进行,保持圈舍通风、卫生、干燥,试验猪自由采食和饮水,各组饲养管

理条件一致,试验开始和结束称体质量时均提前空腹 12 h。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生长性能、屠宰性能和肉品质 试验结束时,从每组中选取猪(4 公 2 母)屠宰,测其生长性能、屠宰性能及肉品质。生长性能(平均日增质量(ADG)、平均日采食量(ADFI)、料肉比(F/G)、体质

量增加成本),屠宰性能(屠宰率),肉品质指标(背膘厚、剪切力、皮厚、pH 值、肉色、肌苷酸、脂肪酸和氨基酸)的测定均参照杨小婷等<sup>[4]</sup>的方法进行。

1.4.2 血清生化指标 饲养试验结束前 1 d 空腹 12 h,至次日 08:00,全部试验猪用真空采血管于前腔静脉采血约 10 mL,室温下倾斜放置 30 min,3 500 r/min 离心 15 min,分离血清于-20 ℃保存备用。血清葡萄糖(GLU)浓度采用氧化酶法测定,总蛋白(TP)质量浓度采用双缩脲法测定,总甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、极低密度脂蛋白(VLDL)、高密度脂蛋白

胆固醇(HDL-C)浓度以及谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)和碱性磷酸酶(SALP)活性均采用上海北海生物技术工程有限公司生产的试剂盒测定。

1.5 数据分析  
试验数据均使用“平均值±标准差”表示,并经 SAS 程序进行单因素方差分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 日粮粗纤维水平对圩猪生长性能的影响  
日粮粗纤维水平对圩猪生长性能的影响见表 2。

表 2 日粮粗纤维水平对圩猪生长性能的影响  
Table 2 Effect of dietary CF level on growth performance of Wei pigs

| 生长阶段<br>Stage           | 组别<br>Group | 平均日增质量/g<br>ADG | 平均日采食量/g<br>ADFI | 料肉比<br>F/G   | 体质量增加成本/<br>(元·kg <sup>-1</sup> )<br>Feed cost per kg of gain |
|-------------------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|---------------------------------------------------------------|
| 生长期<br>Growing period   | 1           | 465±67          | 2 005±30         | 4.32±0.35    | 14.54±1.19 b                                                  |
|                         | 2           | 491±73          | 2 277±22         | 4.64±0.33    | 16.14±1.14 a                                                  |
|                         | 3           | 507±58          | 2 169±10         | 4.28±0.35    | 15.31±1.26 ab                                                 |
| 育肥期<br>Finishing period | 1           | 441±11 aB       | 1 811±18 B       | 4.11±0.74 ab | 13.78±2.40 ab                                                 |
|                         | 2           | 419±50 aA       | 1 930±86 AB      | 4.61±0.57 a  | 15.61±1.91 a                                                  |
|                         | 3           | 559±54 bB       | 2 035±39 A       | 3.64±0.31 b  | 12.67±1.08 b                                                  |

注:同列数据后标不同小写字母表示同一生长阶段组间差异显著( $P<0.05$ ),标不同大写字母表示同一生长阶段组间差异极显著( $P<0.01$ )。表 3 和 6 同。  
Note: Different lowercase letters in each column indicate significant difference ( $P<0.05$ ) at same growth stage, while different uppercase letters indicate highly significant difference ( $P<0.01$ ). The same for Table 3 and Table 6.

由表 2 可见,生长期日粮粗纤维水平对圩猪的 ADG、ADFI 和 F/G 均无显著影响( $P>0.05$ ),试验 2 组的体质量增加成本比试验 1 组高 11% ( $P<0.05$ ),但与试验 3 组差异不显著( $P>0.05$ )。肥育期试验 3 组的 ADFI 极显著高于试验 1 组 ( $P<0.01$ ),ADG 极显著高于试验 2 组 ( $P<0.01$ ),显著高于试验 1 组 ( $P<0.05$ ),试验 3 组的 F/G 比试验

2 组低 21.04% ( $P<0.05$ ),体质量增加成本比试验 2 组低 18.83% ( $P<0.05$ )。

2.2 日粮粗纤维水平对圩猪屠宰性能和肉品质的影响  
日粮粗纤维水平对屠宰性能和肉品质的影响结果见表 3。

表 3 日粮粗纤维水平对圩猪屠宰性能和肉品质的影响

Table 3 Effect of dietary CF level on carcass characteristics and meat quality of Wei pigs

| 组别<br>Group | 屠宰率/%<br>Dressing percentage | 背膘厚/mm<br>Backfat thickness | 剪切力/N<br>Shear force | 皮厚/mm<br>Skin depth | pH <sub>1</sub> | pH <sub>24</sub> |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|------------------|
| 1           | 74.51±1.21 A                 | 31.48±6.04                  | 23.89±7.49           | 4.54±0.82           | 5.87±0.39 ab    | 5.55±0.28 a      |
| 2           | 75.48±1.79 A                 | 36.37±6.70                  | 23.53±4.34           | 4.21±1.07           | 5.76±0.10 b     | 5.28±0.11 b      |
| 3           | 70.09±1.72 B                 | 38.10±7.47                  | 20.79±5.55           | 4.34±0.84           | 6.14±0.22 a     | 5.41±0.09 ab     |
| 组别<br>Group | L <sub>1</sub>               | A <sub>1</sub>              | B <sub>1</sub>       | L <sub>24</sub>     | A <sub>24</sub> | B <sub>24</sub>  |
| 1           | 34.26±2.11                   | 9.57±1.37 b                 | 5.19±0.95            | 38.18±5.48 b        | 13.44±3.96      | 7.45±2.58        |
| 2           | 36.10±2.71                   | 11.58±2.02 ab               | 5.86±1.57            | 40.79±5.10 ab       | 11.20±1.75      | 8.68±2.96        |
| 3           | 35.92±3.05                   | 12.22±2.55 a                | 6.38±1.38            | 45.04±4.14 a        | 13.38±2.57      | 9.69±1.76        |

注:L、A、B 表示肉色值,L 表示亮度,A 表示红度,B 表示黄度;所有指标的下标 1 和 24 分别表示屠宰后 1 和 24 h 的测定值。  
Note: L, A and B represent brightness, redness and yellowness, 1 and 24 represent the measured values of postmortem at 1 and 24 h.

由表 3 可以看出,试验 3 组圩猪屠宰率极显著低于试验 2 组和试验 1 组 ( $P<0.01$ )。各组间圩猪肉的背膘厚、剪切力、皮厚、L<sub>1</sub>、A<sub>24</sub>、B<sub>1</sub> 和 B<sub>24</sub> 差异均

不显著( $P>0.05$ )。随着日粮粗纤维水平的增加,屠宰后各组猪肉的 pH<sub>1</sub> 和 pH<sub>24</sub> 值均表现为先降低后升高,其中试验 3 组的 pH<sub>1</sub> 显著高于试验 2 组

( $P<0.05$ ), 试验 3 组  $\text{pH}_{24}$  与其他各组差异不显著 ( $P>0.05$ ), 试验 2 组的  $\text{pH}_{24}$  显著低于试验 1 组 ( $P<0.05$ )。试验 3 组  $A_1$  值和  $L_{24}$  均显著高于试验 1 组 ( $P<0.05$ ), 试验 2 组  $A_1$  值和  $L_{24}$  与其他组差异不显著 ( $P>0.05$ )。

2.3 日粮粗纤维水平对圩猪肉脂肪酸含量的影响

由表 4 可见, 试验 1 组圩猪肉中十七烷酸的含量显著高于试验 3 组 ( $P<0.05$ ), 9,12-十八碳二烯酸的含量显著低于试验 2 组 ( $P<0.05$ ), 十八碳-顺-

9-烯酸的含量显著高于试验 2 组 ( $P<0.05$ )。试验 2 组中 7,10,13-二十碳三烯酸和全顺-5,8,11,14-二十碳四烯酸的含量显著高于试验 3 组 ( $P<0.05$ ), 十八碳-顺-9-烯酸的含量极显著低于试验 3 组 ( $P<0.01$ ), 9,12-十八碳二烯酸的含量极显著高于试验 3 组 ( $P<0.01$ )。3 个试验组间的其他各脂肪酸含量均无显著差异 ( $P>0.05$ )。试验 3 组单不饱和脂肪酸含量极显著高于试验 2 组 ( $P<0.01$ ), 多不饱和脂肪酸含量极显著低于试验 2 组 ( $P<0.01$ )。

表 4 日粮粗纤维水平对圩猪肉脂肪酸含量的影响

| Table 4 Effect of dietary CF level on fatty acids in meat of Wei pigs |               |               |               | % |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---|
| 项目 Item                                                               | 1 组 Group1    | 2 组 Group2    | 3 组 Group3    |   |
| 十四烷酸 Tetradecanoic acid                                               | 1.15±0.19     | 1.11±0.13     | 1.14±0.14     |   |
| 十六碳-顺-9-烯酸 Palmitoleic acid                                           | 2.20±0.95     | 2.69±0.46     | 2.18±1.64     |   |
| 十六烷酸 Hexadecanoic acid                                                | 24.61±0.98    | 24.70±0.77    | 25.10±0.95    |   |
| 十七烷酸 Heptadecanoic acid                                               | 0.25±0.04 a   | 0.21±0.04 ab  | 0.19±0.03 b   |   |
| 9,12-十八碳二烯酸 9,12-Octadecadienoic acid                                 | 3.41±1.02 aB  | 6.34±3.45 bB  | 2.20±1.58 aA  |   |
| 十八碳-顺-9-烯酸 Oleic acid                                                 | 48.83±2.48 aB | 45.73±2.99 bB | 50.75±1.31 aA |   |
| 十八烷酸 Octadecanoic acid                                                | 16.93±1.73    | 16.38±1.41    | 16.03±0.44    |   |
| 全顺-5,8,11,14-二十碳四烯酸 Arachidonic Acid                                  | 0.88±0.30 ab  | 1.13±0.39 a   | 0.65±0.16 b   |   |
| 7,10,13-二十碳三烯酸 7,10,13-Eicosatrienoic acid                            | 0.16±0.03 ab  | 0.19±0.05 a   | 0.13±0.03 b   |   |
| 10,13-二十碳二烯酸 10,13-Eicosadienoic acid                                 | 0.36±0.06     | 0.34±0.06     | 0.33±0.03     |   |
| 11-二十碳烯酸 11-Eicosenoic acid                                           | 0.97±0.11     | 0.91±0.10     | 1.04±0.17     |   |
| 二十烷酸 Eicosanoic acid                                                  | 0.26±0.04     | 0.28±0.06     | 0.25±0.03     |   |
| 饱和脂肪酸 SFA                                                             | 43.19±2.86    | 42.67±2.15    | 42.71±1.05    |   |
| 不饱和脂肪酸 UFA                                                            | 56.81±2.86    | 57.33±2.15    | 57.29±1.05    |   |
| 单不饱和脂肪酸 MUFA                                                          | 52.00±1.95 AB | 49.33±3.29 B  | 53.97±1.78 A  |   |
| 多不饱和脂肪酸 PUFA                                                          | 4.81±1.23 aA  | 8.00±3.72 bB  | 3.32±1.62 aA  |   |

注: 表中结果以各脂肪酸甲酯对应的峰面积占总离子流色谱图中总脂肪酸甲酯峰面积的百分比表示, 即单一脂肪酸含量为该种脂肪酸占所测总脂肪酸含量的百分比。同行数据后标不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ), 标不同大写字母表示差异极显著 ( $P<0.01$ )。表 5 同。

Note: The values are ratios of corresponding peak area of the fatty acid methyl ester in the total fatty acid methyl ester peak area of total ion current chromatogram. Namely, the content of single fatty acid is the ratio of this fatty acid to the content of total fatty acids. Different lowercase letters in each row indicate significant difference ( $P<0.05$ ), while different uppercase letters indicate highly significant difference ( $P<0.01$ ). The same for Table 5.

2.4 日粮粗纤维水平对圩猪肉肌苷酸和氨基酸含量的影响

表 5 显示, 各组间肌苷酸含量差异不显著 ( $P>0.05$ )。试验 2 组和试验 3 组的圩猪肉中缬氨酸含量均显著高于试验 1 组 ( $P<0.05$ )。除了半胱氨酸, 试验 2 组和试验 3 组肌肉中其他氨基酸含量均

高于试验 1 组。除半胱氨酸、组氨酸和脯氨酸之外, 试验 2 组其他氨基酸含量均显著高于试验 1 组 ( $P<0.05$ )。试验 2 组和试验 3 组的总必需氨基酸和总非必需氨基酸含量均高于试验 1 组, 且试验 2 组显著高于试验 1 组 ( $P<0.05$ )。

表 5 日粮粗纤维水平对圩猪肉肌苷酸和氨基酸含量的影响

| Table 5 Effect of dietary CF level on IMP and amino acids in meat of Wei pigs |             |             |              |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 项目 Item                                                                       | 1 组 Group 1 | 2 组 Group 2 | 3 组 Group 3  |
| 肌苷酸/(mg · g <sup>-1</sup> ) IMP                                               | 2.557±0.308 | 2.517±0.167 | 2.448±0.206  |
| 天冬氨酸/% Asp                                                                    | 1.38±0.21 b | 1.64±0.14 a | 1.55±0.16 ab |
| 苏氨酸/% Thr                                                                     | 0.69±0.10 b | 0.81±0.07 a | 0.77±0.08 ab |
| 丝氨酸/% Ser                                                                     | 0.59±0.09 b | 0.69±0.06 a | 0.66±0.07 ab |
| 谷氨酸/% Glu                                                                     | 2.15±0.34 b | 2.67±0.27 a | 2.49±0.27 ab |

| 续表 5 Continued table 5 |             |             |              |
|------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 项目 Item                | 1 组 Group 1 | 2 组 Group 2 | 3 组 Group 3  |
| 甘氨酸/% Gly              | 0.62±0.09 b | 0.73±0.05 a | 0.70±0.08 ab |
| 丙氨酸/% Ala              | 0.88±0.13 b | 1.03±0.08 a | 0.98±0.10 ab |
| 半胱氨酸/% Cys             | 0.13±0.01   | 0.13±0.01   | 0.14±0.01    |
| 缬氨酸/% Val              | 0.70±0.09 b | 0.82±0.05 a | 0.80±0.07 a  |
| 蛋氨酸/% Met              | 0.43±0.06 b | 0.50±0.03 a | 0.48±0.04 ab |
| 异亮氨酸/% Ile             | 0.71±0.10 b | 0.84±0.06 a | 0.81±0.07 ab |
| 亮氨酸/% Leu              | 1.31±0.20 b | 1.56±0.13 a | 1.48±0.14 ab |
| 酪氨酸/% Tyr              | 0.49±0.07 b | 0.58±0.04 a | 0.55±0.05 ab |
| 苯丙氨酸/% Phe             | 0.63±0.08 b | 0.73±0.05 a | 0.71±0.05 ab |
| 赖氨酸/% Lys              | 1.36±0.20 b | 1.61±0.13 a | 1.53±0.15 ab |
| 组氨酸/% His              | 0.68±0.12   | 0.80±0.07   | 0.76±0.07    |
| 精氨酸/% Arg              | 0.88±0.14 b | 1.05±0.08 a | 1.00±0.10 ab |
| 脯氨酸/% Pro              | 0.56±0.07   | 0.62±0.05   | 0.62±0.08    |
| 总必需氨基酸/% EAA           | 5.83±0.84 b | 6.87±0.52 a | 6.59±0.59 ab |
| 总非必需氨基酸/% NEAA         | 8.47±1.27 b | 9.95±0.83 a | 9.45±0.95 ab |

2.5 日粮粗纤维水平对圩猪血清生化指标的影响

日粮粗纤维水平对血清生化指标的影响见表 6。由表 6 可见,各组圩猪血清中谷丙转氨酶(ALT)和碱性磷酸酶(SALP)活性以及总甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)和极低密度脂蛋

白(VLDL)浓度均无显著差异( $P>0.05$ ),试验 1 组血清谷草转氨酶(AST)活性和葡萄糖(GLU)浓度显著高于试验 2 组( $P<0.05$ )。试验 1 组和试验 2 组血清总蛋白(TP)质量浓度显著高于试验 3 组( $P<0.05$ )。

表 6 日粮粗纤维水平对圩猪血清生化指标的影响  
Table 6 Effect of dietary CF level on serum biochemical indexes of Wei pigs

| 组别<br>Group | 谷丙转氨酶/<br>(U·L <sup>-1</sup> )<br>ALT | 谷草转氨酶/<br>(U·L <sup>-1</sup> )<br>AST | 碱性磷酸酶/<br>(U·L <sup>-1</sup> )<br>SALP | 总蛋白/<br>(g·L <sup>-1</sup> )<br>TP | 葡萄糖/<br>(mmol·L <sup>-1</sup> )<br>GLU |
|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|
| 1           | 47.67±11.17                           | 65.50±24.77 a                         | 113.00±17.27                           | 90.33±5.76 a                       | 6.40±2.88 a                            |
| 2           | 52.00±8.99                            | 42.17±10.98 b                         | 105.17±23.12                           | 90.80±3.77 a                       | 3.64±0.81 b                            |
| 3           | 46.17±10.55                           | 49.83±12.21 ab                        | 92.83±21.42                            | 83.07±3.83 b                       | 4.90±0.68 ab                           |

| 组别<br>Group | 总甘油三酯/<br>(mmol·L <sup>-1</sup> )<br>TG | 总胆固醇/<br>(mmol·L <sup>-1</sup> )<br>TC | 高密度脂蛋白胆固醇/<br>(mmol·L <sup>-1</sup> )<br>HDL-C | 低密度脂蛋白胆固醇/<br>(mmol·L <sup>-1</sup> )<br>LDL-C | 极低密度脂蛋白/<br>(mmol·L <sup>-1</sup> )<br>VLDL |
|-------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1           | 0.35±0.13                               | 2.37±0.28                              | 0.92±0.14                                      | 1.11±0.19                                      | 0.34±0.04                                   |
| 2           | 0.36±0.04                               | 2.50±0.08                              | 0.90±0.12                                      | 1.27±0.15                                      | 0.37±0.04                                   |
| 3           | 0.39±0.14                               | 2.36±0.28                              | 0.81±0.08                                      | 1.20±0.16                                      | 0.33±0.05                                   |

3 讨 论

3.1 日粮粗纤维水平对圩猪生长性能的影响

猪在日粮能量得到满足的条件下能够耐受较高水平的粗纤维<sup>[5-6]</sup>。猪大肠中的微生物区系含有活性较高的纤维素和半纤维素分解菌,猪对纤维素的利用主要是通过这些微生物发酵、分解,形成挥发性脂肪酸(VFA),部分 VFA 被肠壁吸收,可为生长期猪提供 5%~30% 的能量<sup>[7]</sup>。据研究,随着苜蓿添加量的增加,日粮纤维会刺激大肠中的 VFA 增多,导致 pH 值下降,大肠杆菌数量减少,酪胺、色胺、酪氨酸和色氨酸的衍生物减少,进而对下丘脑饱中枢的刺激减弱,使采食量上升<sup>[8]</sup>。因此,本研究中肥育期圩猪平均日采食量随着日粮粗纤维含量的提高而

增加。

通常生长期的料肉比低于肥育期,但本试验结果却相反,这可能与生长期圩猪日粮的粗纤维水平高于肥育期有关。因为日粮粗纤维含量的增加,提高了日粮的难消化组分比例。高粗纤维引起的采食量增加也加重了消化道的负担,导致能量摄入不足;粗纤维的增加还会刺激肠道副交感神经兴奋性,刺激肠道蠕动加速,引起饲粮通过消化道速度加快,以致影响大肠对粗纤维的消化、吸收和利用<sup>[9]</sup>。

在本试验设定的日粮粗纤维水平条件下,从体质量增加成本看,生长期粗纤维的适宜水平是本研究设定的最低水平 58.0 g/kg,而育肥期则为本研究设定的最高水平 67.2 g/kg,因此生长期和肥育期是否存在更适宜的粗纤维水平,值得进一步研究。

### 3.2 日粮粗纤维水平对圩猪胴体性状和肉品质的影响

本试验中,随着日粮粗纤维水平的提高,猪的屠宰率总体下降。Quiniou 等<sup>[10]</sup>用 35% 苜蓿草粉配制的高粗纤维日粮饲喂肥育期的长白猪,其屠宰率也是随日粮纤维素水平的提高而显著降低。戎靖等<sup>[11]</sup>用花生藤粉配制高纤维日粮饲喂淮猪,其屠宰率也呈现出随日粮纤维素水平的提高而降低的趋势。这可能是由于长期饲喂粗饲料,刺激了猪消化道的发育,使其消化道容积增大,从而导致体质量增加<sup>[12]</sup>。

肉色是猪肉的重要的商品指标,消费者喜爱肉色较深且鲜艳的肉。A 值可指示肌肉从红色到绿色的变化,其值越大代表肉质越好。本研究中,饲喂高纤维素日粮(生长期 70.9 g/kg,肥育期 67.2 g/kg)的试验 3 组圩猪 A<sub>1</sub> 值最大,明显高于中纤维组和低纤维组,表明本研究设定的高纤维素水平日粮可明显改善圩猪肉的色泽,这与张秋华等<sup>[12]</sup>和 Pond 等<sup>[13]</sup>的研究结果完全一致。肉色主要受肌肉中的血红蛋白和肌红蛋白含量影响,决定肉色的关键是肌红蛋白的化学特性。而肌红蛋白受多种因素的制约,使肉色呈现由灰白到暗红色的差异,至于纤维素如何影响肌红蛋白的化学特性,还有待进一步深入研究。

肌肉 pH<sub>1</sub> 表示宰后 1 h 所测得的 pH 值,其正常值在 6.3 左右,主要反映肌肉中乳酸的水平,是宰后肌肉中底物糖原糖酵解产生乳酸所致。因此,屠宰时肌肉糖原含量越多,产生的乳酸就越多,最终 pH 值越低<sup>[14]</sup>。pH<sub>24</sub> 则表示宰后肉尸冷却 24 h 所测得的相对稳定的 pH 值,又叫终点 pH,其正常值为 5.8~6.2。动物种类、肌肉类型、遗传因子、糖原水平、各种酶活性和肌肉缓冲能力均能影响终点 pH<sup>[15]</sup>。本研究中的高粗纤维水平日粮尽管明显提高了圩猪肉的 pH<sub>1</sub> 和 pH<sub>24</sub>,但均未超出其正常值范围,说明其并未对肉质带来实质性的不良影响。这与 Pond 等<sup>[13]</sup>的试验结果一致。

### 3.3 日粮粗纤维水平对圩猪肉脂肪酸含量的影响

脂肪酸组成是构成肉类特有风味的基础,研究表明,肌肉中多不饱和脂肪酸含量过高,会产生软脂现象,导致猪肉感官性能变差、易氧化产生异味,肉品质下降;肌肉中饱和脂肪酸与单不饱和脂肪含量高,则其嫩度、多汁性、香味评分值也较高<sup>[16]</sup>。猪肉脂肪酸的组成受日粮中脂肪酸种类的影响较大,一定程度上日粮中不饱和脂肪酸含量高,则肌肉中不

饱和脂肪酸的含量也高<sup>[17]</sup>。由于本试验主要通过添加豆油来调整各组日粮的能量水平使其一致,这可能会使饲喂高纤维日粮组圩猪肌肉中不饱和脂肪酸含量(特别是十八碳-顺-9-烯酸的含量)较高,进而导致高纤维日粮组中单不饱和脂肪酸含量高于低纤维和中纤维日粮组。Nilzen 等<sup>[18]</sup>研究表明,饲喂精饲料加青草与仅喂精饲料的猪比较,其肌肉中 n-3 脂肪酸的含量更高,苜蓿干草是否也有提高肌肉中不饱和脂肪酸含量的作用,还有待进一步研究。

### 3.4 日粮粗纤维水平对圩猪肉肌苷酸和氨基酸含量的影响

肌苷酸是一种能增强肉风味的化合物,遗传性、日粮组成以及屠宰和保存的温度都会影响肌肉中的肌苷酸含量<sup>[19]</sup>,肌苷酸含量增加可以提升猪肉的风味。本试验中各组肌肉中的肌苷酸含量没有显著差异,表明在本试验设定的日粮粗纤维水平内,不可能通过调控肌苷酸含量来影响肌肉的鲜味。除了肌苷酸之外,鲜味氨基酸也可影响肉的风味,是形成肉香味的必需前体物质,主要有甘氨酸、天冬氨酸和谷氨酸等,尤其谷氨酸是最主要的鲜味氨基酸,它可以缓冲咸与酸等味道,并形成特殊的肉鲜味<sup>[20]</sup>。本试验中,饲喂高、中纤维日粮组圩猪的肌肉中谷氨酸、甘氨酸和天冬氨酸含量均高于低纤维日粮组,且中纤维日粮组显著高于低纤维日粮组,表明适当增加日粮的粗纤维水平可以提高肌肉的风味氨基酸含量,增加肉的鲜味。本研究结果表明,除半胱氨酸之外,其他氨基酸含量均表现为高、中纤维日粮组高于低纤维日粮组,因而导致高、中纤维日粮组的总必需氨基酸和总非必需氨基酸含量均高于低纤维日粮组。这表明适当提高日粮粗纤维水平对动物氨基酸的代谢是有益的。造成这一结果的原因可能是优质的苜蓿和大豆油提高了日粮蛋白质的利用率,因为高纤维日粮组的血清总蛋白质量浓度显著降低,但确切的形成机制尚需进一步研究。

### 3.5 日粮粗纤维水平对圩猪血液生化指标的影响

Johansen<sup>[21]</sup>证明,纤维素也有降血糖的作用,但是效果较差。本试验中,随着日粮粗纤维水平的提高,圩猪的血清葡萄糖浓度呈先降低后升高的趋势。在正常情况下,动物血液中的葡萄糖浓度降低后可增加采食量<sup>[22]</sup>。本研究中,当粗纤维水平由 53.7 g/kg 提高到 60.5 g/kg 时,试验猪的平均日采食量增加,圩猪血清葡萄糖的浓度显著降低,造成这种结果的主要原因可能是粗纤维阻碍了消化道内葡萄糖的对流和扩散<sup>[23]</sup>,随着日粮粗纤维水平的升

高,纤维本身以及淀粉、葡萄糖的代谢都会受到影响,同时日粮粗纤维对消化液起稀释作用,使酶对底物的作用受到限制,从而降低了淀粉的消化率。

ALT 和 AST 主要参与体内转氨基作用,其活性是反映肝脏合成蛋白质功能的重要指标,总蛋白也是反映机体蛋白质代谢的重要指标。AST 可以催化谷氨酸与草酰乙酸之间的转氨作用,本试验当日粮粗纤维水平由 60.5 g/kg 降至 53.7 g/kg 时,AST 活性提高,这说明随日粮纤维水平的降低,转氨作用倾向于由草酰乙酸转化为谷氨酸。日粮粗纤维水平由 67.2 g/kg 降至 60.5 g/kg 时,血清总蛋白质量浓度显著升高,说明 60.5 g/kg 粗纤维促进了机体组织蛋白的沉积,其具体机制还有待于进一步研究。

## 4 结 论

综合考虑生长性能、经济效价、肉品质和血清生化指标认为,当生长期圩猪粗蛋白质水平为 160.0 g/kg、消化能为 12.77 MJ/kg 时,适宜粗纤维水平为 58.0 g/kg;当育肥期圩猪粗蛋白质水平为 140.0 g/kg、消化能为 12.81 MJ/kg 时,适宜粗纤维水平为 67.2 g/kg。

## [参考文献]

[1] 张伟力,殷宗俊,查伟.圩猪概述[J].养猪,2011(3):41-43.  
Zhang W L,Yin Z J,Zha W. The summarize of Wei pigs[J]. Raising Pigs,2011(3):41-43. (in Chinese)

[2] 张陈华,王阳,丁月云,等.圩猪 *H-FABP* 基因多态性分析及其与 IMF 含量的相关性[J].中国农业科学,2011,44(4):1063-1070.  
Zhang C H,Wang Y,Ding Y Y,et al. Polymorphism analysis of *H-FABP* gene and correlation with IMF content in Wei pig[J]. Scientia Agricultura Sinica,2011,44(4):1063-1070. (in Chinese)

[3] 严燕,张陈华,王阳,等.圩猪 *OB* 基因 SNPs 检测及其与产仔性能的关系[J].中国农业大学学报,2010,15(6):78-83.  
Yan Y,Zhang C H,Wang Y,et al. SNPs detection of *OB* gene and its association with reproduction in Wei pig[J]. Journal of China Agricultural University,2010,15(6):78-83. (in Chinese)

[4] 杨小婷,李吕木,许发芝,等.日粮蛋白水平对圩猪生长性能、肉质和血清生化指标的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2013,41(10):1-8.  
Yang X T,Li L M,Xu F Z,et al. Effect of dietary crude protein levels on growth performance,meat quality trait and serum biochemical parameters in Wei pigs[J]. Journal of Northwest A&F University:Nat Sci Ed,2013,41(10):1-8. (in Chinese)

[5] 杨玉芬,卢德勋,许梓荣,等.日粮纤维对肥育猪生产性能和胴体品质的影响[J].福建农林大学学报:自然科学版,2002,31(3):366-369.  
Yang Y F,Lu D X,Xu Z R,et al. The effect of dietary fiber on the performance and carcass quality in finishing pigs[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University:Natural Science Edition,2002,31(3):366-369. (in Chinese)

[6] Varel V H,Roman L,Hruska U. Activity of fiber-degrading microorganisms in the pig large intestine[J]. Journal of Animal Science,1987,65(2):488-496.

[7] Kass M L, Van Soest P J,Pond W G,et al. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine: II. Volatile fatty acid concentrations in and disappearance from the gastrointestinal tract[J]. Journal of Animal Science,1980,50(1):192-197.

[8] 王成章,李德锋,严学兵,等.肥育猪饲料中添加苜蓿草粉对其生产性能、消化率及血清指标的影响[J].草业学报,2008,17(6):71-77.  
Wang C Z,Li D F,Yan X B,et al. The influence of adding alfalfa meal on the growth performance,digestibility and serum index in finishing pigs[J]. Pratacultural Science,2008,17(6):71-77. (in Chinese)

[9] 李新建,常纪亮,吕刚,等.粗纤维和赖氨酸水平对生长期豫南黑猪的影响[J].家畜生态学报,2013,34(9):38-43.  
Li X J,Chang J L,Lü G,et al. Effects of crude fiber and lysine levels on growing yunan black pigs[J]. Journal of Domestic Animal Ecology,2013,34(9):38-43. (in Chinese)

[10] Quiniou N J,Dourmad Y, Henry Y,et al. Influence du potentiel de croissance et du taux protéique de régime sur les performances et les rejets azotés des porcs en croissance-finition, alimentés à volonté[J]. Journées de la Recherche Porcine en France,1994,26(6):91-94.

[11] 戎婧,季香,姜建兵,等.日粮粗纤维水平对淮猪生长与屠宰性能的影响[J].畜牧与兽医,2011,4(11):37-39.  
Rong J, Ji X, Jiang J B, et al. Effect of dietary crude fiber levels on growth and slaughter performance of Huai pig[J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine,2011,4(11):37-39. (in Chinese)

[12] 张秋华,杨在宾,杨维仁,等.饲料粗纤维水平对育肥猪生产性能和胴体性能及肉品质的影响[J].中国畜牧杂志,2014,50(9):36-40.  
Zhang Q H, Yang Z B, Yang W R, et al. Effects of dietary crude fiber levels on growth performance, carcass traits and meat quality of finishing pigs[J]. Chinese Journal of Animal Science,2014,50(9):36-40. (in Chinese)

[13] Pond W G, Yen J T. Effect of level of alfalfa meal in a corn-soybean meal diet on growing-finishing swine[J]. Nutrition Reports International,1984(29):1191-1201.

[14] 江新永.肌肉 pH 值的变化对肉品质的影响[J].肉类研究,1989(1):10-12.  
Jiang X Y. Effects of changes in the muscle of pH value on meat quality[J]. Meat Research,1989(1):10-12. (in Chinese)



[15]

周光宏,徐幸莲. 肉品学 [M]. 北京:中国农业科技出版社, 1999:195-210.  
Zhou G H,Xu X L. Meat science [M]. Beijing:China Agricultural Science and Technology Press, 1999:195-210. (in Chinese)

[16]

Ker B J,McKeith F K,Easter R A. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein amino acid-supplemented diets [J]. Journal of Animal Science,1995,73(2):433-438.

[17]

Wood J D,Enser M,Fisher A,et al. Fat deposition,fatty acid composition and meat quality: A review [J]. Meat Science, 2008,78(4):343-358.

[18]

Nilzen V,Babol J,Dutta P C,et al. Free-range rearing of pigs with access to pasture grazing-effect on fatty acid composition and lipid oxidation products [J]. Meat Science,2001,58:267-275.

[19]

张克英,陈代文,胡祖禹. 影响猪肉品质的主要因素 [J]. 四川农业大学学报,2002,20(1):67-74.  
Zhang K Y,Chen D W,Hu Z Y. Factors for influencing pork quality [J]. Journal of Sichuan Agricultural University,2002, 20(1):67-74. (in Chinese)

[20]

Fujimura S,Muramoto T,Katsukawa M. Chemical analysis and sensory evolution of free amino acids and 5'-inosinic acid in meat of Hinai-dori, Japanese native chicken comparison with broilers and layer pullets [J]. Animal Science and Technology,1994,65(7):610-618.

[21]

Johansen I T. Effects of reducing the starch content in oat-based diet with cellulose on jejunal flow and absorption of glucose over an isolated loop of jejunum in pigs [J]. British Journal of Nutrition,1994,72(1):717-729.

[22]

陈杰. 家畜生理学 [M]. 北京:中国农业出版社,2003.  
Chen J. Animal physiology [M]. Beijing: China Agriculture Press,2003. (in Chinese)

[23]

Edwards C A,Johnson I T,Read N W. Do viscous polysaccharides slow absorption by inhibiting diffusion or convection [J]. European Journal of Clinical Nutrition,1988,42(5):307-312.

(上接第 9 页)

[14]

Dreier B,Beerli R,Segal D,et al. Development of zinc finger domains for recognition of the 5'-ANN-3' family of DNA sequences and their use in the construction of artificial transcription factors [J]. Journal of Biological Chemistry, 2001, 276:29466-29478.

[15]

Mossine V V,Waters J K,Hannink M,et al. PiggyBac transposon plus insulators overcome epigenetic silencing to provide for stable signaling pathway reporter cell lines [J]. PLoS One,2013,8:e85494.

[16]

Cadiñanos J,Bradley A. Generation of an inducible and optimized PiggyBac transposon system [J]. Nucleic Acids Research,2007;35:e87.

[17]

Yusa K,Zhou L,Li M,et al. A hyperactive PiggyBac transposase for mammalian applications [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2011,108:1531-1536.

[18]

Gietz R,Woods R. Yeast transformation by the LiAc/SS carrier DNA/PEG method [J]. Methods in Molecular Biology, 2006;313:107-120.

[19]

Poon B P,Mekhail K. Effects of perinuclear chromosome tethers in the telomeric URA3/5FOA system reflect changes to gene silencing and not nucleotide metabolism [J]. Frontiers in Genetics,2012,3:144.

[20]

Yano T,Sanders C,Catalano J,et al. sacB-5-fluoroorotic acid-pyrE-based bidirectional selection for integration of unmarked alleles into the chromosome of rhodobacter capsulatus [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2005,71(6):3014-3024.