

李保全, 申爱华, 周蔚, 等. 米糠毛油对肉猪生产性能、脂类代谢及相关基因表达的影响[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(3): 624-629.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2015.03.026

# 米糠毛油对肉猪生产性能、脂类代谢及相关基因表达的影响

李保全, 申爱华, 周蔚, 肖云峰, 王爱全

(江苏省农业科学院六合动物科学基地, 江苏 南京 211501)

**摘要:** 为探讨米糠毛油与大豆毛油 2 种植物油对肉猪生产性能、脂类代谢及相关基因表达的影响, 本试验选取 48 头胎次相近、平均体质量为  $(37.31 \pm 2.81)$  kg 80 日龄的肉猪, 随机分成 2 组, 即米糠毛油组和大豆毛油组, 测定了 2 组肉猪生产性能、血清生理生化指标、血清脂肪酶活性及肝脏脂肪酸合成酶和载脂蛋白质的 mRNA 表达量。结果显示: 在肉猪的生长期、育肥期及全期, 米糠毛油组肉猪的日增质量、日采食量均低于大豆毛油组, 料质量比与大豆毛油组, 差异均不显著。与大豆毛油相比, 米糠毛油对肉猪血清的总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇含量影响不显著; 米糠毛油组肉猪的血清甘油三酯比大豆毛油组显著下降 41.99%; 米糠毛油组肉猪血清脂蛋白脂酶、肝脂酶、总脂酶的活性均极显著高于大豆毛油组。米糠毛油组肉猪的脂肪酸合成酶和载脂蛋白质的 mRNA 表达量均极显著低于大豆毛油组。表明米糠毛油和大豆毛油 2 种植物油对肉猪的生产性能影响差异不显著; 米糠毛油在肉猪体内更易于消化吸收。

**关键词:** 肉猪; 米糠毛油; 大豆毛油; 生产性能; 脂类代谢; 基因表达

**中图分类号:** S828.9+1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2015)03-0624-06

## Effect of rice bran oil on pig production performance, lipid metabolism and related gene expression

LI Bao-quan, SHEN Ai-hua, ZHOU Wei, XIAO Yun-feng, WANG Ai-quan

(Liuhe Animal Science Base, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 211501, China)

**Abstract:** Forty eight 80-day-old pigs with close parity and average body mass of  $(37.31 \pm 2.81)$  kg were randomly allocated into two groups, rice bran oil group and soybean oil group, to measure the production performance, serum physiological and biochemical indexes, serum lipase activity and the mRNA expression levels of fatty acid synthetase and apolipoprotein. During the whole growing period, daily body mass gain and daily feed intake of the pigs in rice bran oil group were a little lower than those in soybean oil group, while the feed gain ratio was slightly higher. The contents of total cholesterol, high density lipoprotein cholesterol as well as low density lipoprotein cholesterol were close in two groups. The serum triglyceride content in the pigs in rice bran oil group was 41.99 percent lower than that in soybean oil group, however, the activities of serum lipoprotein lipase, hepatic lipase, and total lipase were much higher. The mRNA expression levels of fatty acid synthetase and apolipoprotein apoB in rice bran oil group were significantly lower than those in soybean oil group.

收稿日期: 2014-10-14

基金项目: 江苏省农业科技自主创新基金项目[ CX(14)2086 ]

作者简介: 李保全(1966-), 男, 江苏泰兴人, 本科, 副研究员, 主要从事循环农业与动物营养调控研究。(Tel) 025-57686750;  
(E-mail) LBaoquan@163.net

通讯作者: 申爱华, (E-mail) sah19690@126.com

The results indicated that the two kinds of oil treatments did not exert differential effect on pig production performance, and rice bran oil was easier to be digested and absorbed.

**Key words:** pig; rice bran oil; soybean oil; production performance; lipid metabolism; gene expression

油脂具有高能量、易吸收等特点,可为动物提供必需脂肪酸,改善饲料适口性<sup>[1]</sup>。为了满足肉猪快速生长对能量的需要,饲料中常需添加油脂。一般在猪饲料中添加的油脂是豆油,但中国的豆油大多以进口为主,稻谷是中国第一大粮食作物。中国水稻总产量约  $2\times 10^{11}$  kg,米糠的产量占 7%,米糠的出油率约 18%<sup>[2]</sup>,按此计算,如完全利用可产  $20\times 10^9$  kg 米糠油,相当于  $1.2\times 10^{10}$  kg 大豆的含油量。米糠毛油是浸提米糠后未经精炼的一种植物油,米糠毛油的脂肪酸中饱和脂肪酸占 20%,不饱和脂肪酸占 80%,不饱和酸中的油酸占 38%,亚油酸占 40%,是典型的油酸-亚油酸型油脂,亚油酸能降低胆固醇的沉积,同时,米糠毛油中富含维生素 E、角鲨烯、活性脂肪酸酶、谷维素、植物甾醇等几十种天然活性成分<sup>[3]</sup>,是一种极具潜力的油料资源,合理利用米糠制油,可以有效缓解中国能量原料的紧缺状况<sup>[4]</sup>。

饲料中添加含大量不饱和脂肪酸(UFA)的豆油能够降低肉鸡胆固醇合成及肝脏 *apoB* mRNA 表达量<sup>[5]</sup>,但是有关饲料中添加米糠毛油对肉猪的研究尚未见报道。本研究通过在肉猪饲料中分别添加米糠毛油和大豆毛油,探究不同油脂对肉猪生产性能及脂类代谢的影响,为米糠毛油在肉猪中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物及分组

试验于 2014 年 3 月至 2014 年 5 月,在江苏省农业科学院六合动物科学基地进行。试验选用胎次相近、平均体质量为  $(37.31\pm 2.81)$  kg 的肉猪品种苏钟猪(以太湖猪和外来良种猪为亲本育成的瘦肉型猪)48 头,随机分成 2 组,即米糠毛油组和大豆毛油组,在基础饲料中分别添加相同比例的米糠毛油和大豆毛油,试验日粮分为肉猪生长期日粮和肉猪育肥期日粮,30~60 kg 试验猪饲喂生长期日粮,60~90 kg 试验猪饲喂育肥期日粮,试验期共为 70 d,每组 3 个重复,每个重复 8 头猪。

1.2 试验日粮

试验肉猪各阶段基础日粮为玉米-豆粕型颗粒料,其配制参照 DB32/T684-2004 苏钟猪饲养标准。试验所用饲料级米糠毛油、大豆毛油均购于江苏市场,2 种油脂外观正常、新鲜、过氧化值低于 0.5%。饲料组成和营养水平以及 2 种油脂的脂肪酸组成见表 1、表 2、表 3。

表 1 饲料组成

Table 1 Composition of the feed

| 原 料                         | 生长期   |       | 育肥期   |       |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                             | 米糠毛油组 | 大豆毛油组 | 米糠毛油组 | 大豆毛油组 |
| 玉米 (%)                      | 60    | 60    | 60    | 60    |
| 喷浆玉米皮 (%)                   | 8     | 8     | 8     | 8     |
| 次粉 (%)                      | 5     | 5     | 9     | 9     |
| 麸皮 (%)                      | 8     | 8     | 6     | 6     |
| 豆粕 (%)                      | 12    | 12    | 7     | 7     |
| 棉粕 (%)                      | 2     | 2     | 5     | 5     |
| 米糠毛油 (%)                    | 1     | 0     | 1     | 0     |
| 豆油 (%)                      | 0     | 1     | 0     | 1     |
| 4% 生长猪预混料 <sup>1)</sup> (%) | 4     | 4     | 0     | 0     |
| 4% 育肥猪预混料 <sup>2)</sup> (%) | 0     | 0     | 4     | 4     |

<sup>1)</sup> 预混料为 1 kg 饲料提供:铁 66.00 mg,铜 16.00 mg,锌 66.00 mg,锰 16.00 mg,碘 0.80 mg,硒 0.24 mg,维生素 A 4 800 IU,维生素 D<sub>3</sub> 1 920 IU,维生素 E 24 IU,烟酰胺 9.60 mg,维生素 K<sub>3</sub> 0.96 mg,维生素 B<sub>1</sub> 1.44 mg,维生素 B<sub>2</sub> 3.60 mg,维生素 B<sub>6</sub> 1.92 mg,维生素 B<sub>12</sub> 0.01 mg,泛酸钙 8.00 mg,生物素 0.03 mg,叶酸 0.60 mg,氯化胆碱 600.00 mg,黄霉素 4.00 mg,钙 6.72 g,有效磷 1.08 g,食盐 3.20 g,赖氨酸 1.60 g。<sup>2)</sup> 预混料为 1 kg 饲料提供:铁 88.00 mg,铜 8.80 mg,锌 110.00 mg,锰 26.40 mg,碘 0.80 mg,硒 0.24 mg,维生素 A 3 000 IU,维生素 D<sub>3</sub> 1 600 IU,维生素 E 18 IU,烟酰胺 8.00 mg,维生素 K<sub>3</sub> 0.80 mg,维生素 B<sub>1</sub> 1.20 mg,维生素 B<sub>2</sub> 3.00 mg,维生素 B<sub>6</sub> 1.60 mg,维生素 B<sub>12</sub> 0.01 mg,泛酸钙 8.00 mg,生物素 0.03 mg,叶酸 0.24 mg,氯化胆碱 600.00 mg,黄霉素 4.00 mg,钙 6.52 g,有效磷 0.96 g,食盐 3.20 g,赖氨酸 1.20 g。

表 2 饲料营养水平

Table 2 Nutrient levels of the feed

| 营养水平        | 生长期   |       | 育肥期   |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
|             | 米糠毛油组 | 大豆毛油组 | 米糠毛油组 | 大豆毛油组 |
| 消化能 (MJ/kg) | 13.09 | 13.09 | 13.09 | 13.09 |
| 粗蛋白质 (%)    | 16.20 | 16.20 | 15.00 | 15.00 |
| 赖氨酸 (%)     | 0.72  | 0.72  | 0.68  | 0.68  |
| 蛋氨酸+胱氨酸 (%) | 0.40  | 0.40  | 0.44  | 0.44  |
| 钙 (%)       | 0.70  | 0.70  | 0.70  | 0.70  |
| 磷 (%)       | 0.50  | 0.50  | 0.50  | 0.50  |

1.3 饲养管理

试验猪于同一环境下进行常规饲养管理,每天 8:00 进行人工投喂各组所需试验用料,自由采食和饮水,每天定时清理猪粪,每周猪舍内外消毒 1 次。

表 3 2 种植物油的脂肪酸组成

Table 3 Fatty acid composition of two kinds of vegetable oils

| 脂肪酸                | 米糠毛油 (%) | 大豆毛油 (%) |
|--------------------|----------|----------|
| 月桂酸 C12 : 0        | 0        | 0.09     |
| 肉豆蔻酸 C14 : 0       | 0.27     | 0.61     |
| 棕榈酸 C16 : 0        | 18.99    | 24.08    |
| 棕榈油酸 C16 : 1       | 0.24     | 0.41     |
| 硬脂酸 C18 : 0        | 1.37     | 2.39     |
| 油酸 C18 : 1         | 40.08    | 25.40    |
| 亚油酸 C18 : 2        | 36.74    | 46.14    |
| 亚麻酸 C18 : 3        | 1.46     | 0.55     |
| 花生酸 C20 : 0        | 0.49     | 0.21     |
| 二十碳烯酸 C20 : 2      | 0.36     | 0.12     |
| 饱和脂肪酸 SFA          | 20.87    | 27.58    |
| 不饱和脂肪酸 UFA         | 79.13    | 72.42    |
| 单不饱和脂肪酸 PUFA       | 40.93    | 25.73    |
| 多不饱和脂肪酸 MUFA       | 38.20    | 46.69    |
| 不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸 U : S | 3.79     | 2.63     |

#### 1.4 样品的采集

全期试验结束后,每个重复随即选取 2 头空腹 12 h 的肉猪(即每组 6 头)称质量后进行颈静脉采血,收集于 10 ml 离心管中,采集的血样于 4 ℃ 静置,待血清析出后 3 000 r/min 离心 15 min, -20 ℃ 保存备用。猪屠宰后迅速取出肝脏,在相同位置迅速取 2 g 左右的样品,放入液氮中保存备用。

#### 1.5 指标测定

1.5.1 生产性能 以圈(每个重复的猪饲养在一个猪圈中)为单位每天记录试验肉猪的采食量,并于各阶段(生长期、育肥期)开始和结束时将肉猪供水禁食 12 h 后进行称质量,计算日增质量和料质量比。

1.5.2 血清生理生化指标 用 HTCA-3060 全自动生化分析仪分析样品血清中总胆固醇(TC)、甘油三脂(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)。

1.5.3 脂蛋白质代谢酶活性 用比色法测定血清中脂蛋白质脂酶(LPL)、肝脂酶(HL)、和总脂酶(TL)的活性。

1.5.4 肝脏脂肪酸合成酶(FAS)及载脂蛋白质 B(apoB)的 mRNA 表达量

1.5.4.1 肝脏总 RNA 的提取 将液氮冻存的新鲜肝脏组织剪碎后,按照 RNAprep Pure Tissue Kit 动物组织总 RNA 提取试剂盒(天根生化科技有限公司产品,DP341)说明书操作。所提取的总 RNA,采用紫外分光光度计(Nanodrop-1000)测定纯度和浓度,所有样品的  $OD_{260/280}$  为 1.8 ~ 2.0。将总 RNA 溶液稀释为 1.0  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ ,用于反转录。

1.5.4.2 反转录 按照 PrimeScript RT reagent kit (TaKaRa)说明书对所提取的总 RNA 进行反转录,获得 cDNA。将 cDNA 浓度稀释至 50 ~ 100 ng/ $\mu\text{l}$  后,冻存 -20 ℃ 备用。

1.5.4.3 引物设计 按照 GenBank 中所收录的猪 FAS、ApoB 和 beta-Actin 设计 3 对引物,引物信息见表 4。

1.5.4.4 实时荧光定量 PCR 反应 PCR 反应按照 SYBR Premix Ex Taq TM (TaKaRa)说明书进行,采用 ABI7500 (ABI)对 cDNA 进行定量。以 beta-Actin 为内参。引物浓度为 0.2  $\mu\text{mol/L}$ 。PCR 反应参数为:95 ℃ 预变性 5 min,95 ℃ 变性 30 s,60 ℃ 退火 30 s,72 ℃ 延伸 40 s,共 40 个循环。结果用  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  法计算,每个样品重复 3 次,同时以 DEPC 水作为阴性对照,检测是否有污染。

表 4 引物序列及参数

Table 4 Sequences of primers

| 基因         | 序列号       | 引物序列(5'→3')   | 产物长度 (bp) |
|------------|-----------|---|-----------|
| FAS        | 153792599 | F:GTCCTGCTGAAGCCTAACTC<br>R:TCCTTGAACCGTCTGTG             | 206       |
| ApoB       | 545892242 | F:CAAGGGTTCCATCCTTTACGGGT<br>R:CAGATATCATCAACTTTGGAAGCCCC | 126       |
| beta-Actin | 211236    | F:TGCGTGACATCAAGGAGAAG<br>R:TGCCAGGGTACATTGTGCTA          | 300       |

1.6 数据处理与分析

试验数据用 SPSS16.0 软件进行统计分析,采用单因子方差分析进行差异显著性检验。

2 结果

2.1 2种植物油对肉猪生产性能的影响

由表 5 可知,在肉猪的生长期、育肥期和试验全期,2种植物油对肉猪的日增质量、日采食量和料质量比均无显著差异。

表 5 2种植物油对肉猪生产性能的影响

Table 5 Effects of two kinds of vegetable oils on the production performance of pigs

| 指 标 |           | 米糠毛油组      | 大豆毛油组      |
|-----|-----------|------------|------------|
| 生长期 | 初质量 (kg)  | 37.63±3.10 | 37.00±2.25 |
|     | 末质量 (kg)  | 57.93±3.82 | 59.40±2.87 |
|     | 日增质量 (kg) | 0.58±0.05  | 0.64±0.02  |
|     | 日采食量 (kg) | 1.91±0.11  | 2.08±0.08  |
|     | 料质量比      | 3.29±0.15  | 3.25±0.11  |
| 育肥期 | 初质量 (kg)  | 57.93±3.82 | 59.40±2.87 |
|     | 末质量 (kg)  | 81.38±5.81 | 84.60±5.06 |
|     | 日增质量 (kg) | 0.67±0.12  | 0.72±0.23  |
|     | 日采食量 (kg) | 2.31±0.12  | 2.35±0.13  |
|     | 料质量比      | 3.44±0.14  | 3.26±0.22  |
| 全期  | 初质量 (kg)  | 37.63±3.10 | 37.00±2.25 |
|     | 末质量 (kg)  | 81.38±5.81 | 84.60±5.06 |
|     | 日增质量 (kg) | 0.63±0.04  | 0.68±0.05  |
|     | 日采食量 (kg) | 2.11±0.14  | 2.22±0.18  |
|     | 料质量比      | 3.35±0.24  | 3.26±0.21  |

2.2 2种植物油对肉猪血清生理生化指标的影响

由表 6 可知,与大豆毛油组相比,米糠毛油组肉猪血清的甘油三酯含量降低了 41.99%,差异极显著,2种植物油的肉猪血清的总胆固醇、低密度脂蛋白质胆固醇和高密度脂蛋白质胆固醇含量间差异不显著。

2.3 2种植物油对肉猪血清脂肪酶活性的影响

由表 7 可知,2种植物油对肉猪血清脂蛋白质脂酶、肝脂酶、总脂酶活性具有极显著影响,米糠毛油组肉猪血清血清脂蛋白质脂酶、肝脂酶、总脂酶活性比大豆毛油组提高了 51.16% ( $P<0.01$ )、101.43% ( $P<0.01$ ) 和 77.24% ( $P<0.01$ )。

表 6 2种植物油对肉猪血清生理生化指标的影响

Table 6 Effects of two kinds of vegetable oils on physiological and biochemical indexes in the serum of pigs

| 指 标                 | 米糠毛油组     | 大豆毛油组     |
|---------------------|-----------|-----------|
| 甘油三酯 (mmol/L)       | 0.53±0.04 | 0.91±0.30 |
| 总胆固醇 (mmol/L)       | 2.50±0.32 | 2.55±0.07 |
| 高密度脂蛋白质胆固醇 (mmol/L) | 1.19±0.17 | 1.17±0.09 |
| 低密度脂蛋白质胆固醇 (mmol/L) | 1.21±0.13 | 1.29±0.09 |

表 7 2种植物油对肉猪血清脂肪酶活性的影响

Table 7 Effects of two kinds of vegetable oils on the activity of serum lipase in pigs

| 指 标           | 米糠毛油组     | 大豆毛油组     |
|---------------|-----------|-----------|
| 脂蛋白质脂酶 (U/ml) | 1.95±0.11 | 1.29±0.28 |
| 肝脂酶 (U/ml)    | 2.80±0.28 | 1.39±0.15 |
| 总脂酶 (U/ml)    | 4.75±0.39 | 2.68±0.13 |

2.4 2种植物油对肉猪肝脏脂肪酸合成酶和载脂蛋白质 mRNA 表达量的影响

由表 8 可见,2种植物油对肉猪肝脏组织脂肪酸合成酶和载脂蛋白质的 mRNA 表达量有极显著影响,米糠毛油组肉猪脂肪酸合成酶和载脂蛋白质的 mRNA 表达量极显著低于大豆毛油组,分别降低了 65.35% 和 58.79%。

表 8 2种植物油对肉猪肝脏脂肪酸合成酶和载脂蛋白质 mRNA 表达量的影响

Table 8 Effects of two kinds of vegetable oils on mRNA expression levels of fatty acid synthetase and apolipoprotein in pigs

| 指 标    | 米糠毛油组     | 大豆毛油组     |
|--------|-----------|-----------|
| 脂肪酸合成酶 | 1.23±0.13 | 3.55±0.27 |
| 载脂蛋白质  | 0.89±0.02 | 2.16±0.13 |

3 讨论

3.1 2种植物油对肉猪生产性能的影响

油脂是畜禽机体的重要组成部分,为动物的生长发育提供能量、必需脂肪酸<sup>[6]</sup>,改善饲料适口性。大量研究结果表明,油脂可以提高仔猪的初生质量、成活产仔数、成活断奶头数<sup>[7]</sup>,在断奶仔猪饲料中添加油脂可以提高仔猪的采食量,促进养分的消化与吸收<sup>[8]</sup>。米糠毛油中含有较多的不皂化物和糠



屑等杂质<sup>[9]</sup>,导致饲料的适口性差,降低采食量。阮剑均等<sup>[10]</sup>研究结果表明,米糠毛油组肉鸡平均日增质量、平均日采食量低于大豆毛油组。本试验结果显示,在试验的不同时期(生长期、育肥期),2种油脂对肉猪平均日增质量、平均日采食量、料质量比间均无显著影响。

### 3.2 2种植物油对肉猪血脂水平的影响

血脂中的甘油三酯是由3分子长链脂肪酸和甘油形成的脂肪分子,甘油三酯是被储藏起来的热量源。皮下脂肪就是甘油三酯所蓄积而成的。胆固醇又称胆固醇,一种环戊烷多氢菲的衍生物,肝脏是合成和贮存胆固醇的主要器官。血脂中甘油三酯或胆固醇等指标过高,就会对健康不利,如甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)以及低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C);而与此相反,有的指标高,对健康却很有利,如高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)。

目前有关饲料中添加不同油脂对畜禽血脂水平影响的报道不尽统一。倪红玉等<sup>[5]</sup>研究结果表明,饲料中添加2.6%的豆油和猪油对21日龄肉鸡血清TG、TC、LDL-C、HDL-C和HDL-C/LDL-C指标无显著影响;万文菊等<sup>[11]</sup>研究结果表明,多不饱和脂肪酸降低血浆甘油三酯的机理可以解释为增强脂蛋白颗粒的转移或清除脂蛋白, *n*-3 不饱和脂肪酸降低极低密度脂蛋白在肝脏中形成并降低甘油三酯形成与分泌;GRUNDY等<sup>[12]</sup>和NORUM<sup>[13]</sup>研究认为饲料脂肪类型和含量影响血脂水平,添加富含多不饱和脂肪酸的油脂可降低血液胆固醇水平。本试验饲料中添加米糠毛油和大豆毛油,结果表明,米糠毛油组TG极显著低于大豆毛油组。

### 3.3 2种植物油对肉猪血清脂肪酶活性的影响

脂蛋白脂肪酶(LPL)是脂肪细胞、心肌细胞、骨骼肌细胞以及巨噬细胞等实质细胞合成和分泌的一种糖蛋白质,主要催化乳糜微粒和极低密度脂蛋白(VLDL)中的携带的甘油三酯(TG),使得细胞可以摄入反应释放出的脂肪酸。

肝脂酶(HL)属于与血液循环中内源性甘油三酯(TG)代谢有关的酶之一,与脂蛋白脂肪酶(LPL)在功能上有相似之处,然而却是2种不同性质的酶。肝脂酶(HL)主要作用于VLDL、 $\beta$ -VLDL及VLDL残粒中的甘油三酯(TG),并生成低密度脂蛋白(LDL)。

LPL和HL的活性降低可导致血浆乳糜微粒和

脂蛋白质的降解障碍,引起高脂血症和动脉粥样硬化的发生<sup>[14]</sup>。沃兴德等<sup>[15]</sup>试验发现,饱和脂肪酸会抑制HL活性。本试验发现,LPL和HL的活性与不饱和脂肪酸含量呈正相关性,随着不饱和脂肪酸含量的增加,血清LPL和HL的活性增强,不饱和脂肪酸含量较高的米糠毛油组的肉猪血清LPL和HL的活性均显著高于大豆毛油组。

### 3.4 2种植物油对肉猪肝脏脂肪酸合成酶和载脂蛋白质的mRNA表达量的影响

不饱和脂肪酸饲料对肝脏脂肪酸合成酶(FAS)活性及其基因表达具有抑制作用<sup>[16]</sup>。Clarke<sup>[17]</sup>研究结果表明,多不饱和脂肪酸比饱和脂肪酸对大鼠肝脏FAS的抑制作用更强,饱和脂肪酸无明显抑制。Kavouridou等<sup>[18]</sup>研究发现,肉鸡采食多不饱和脂肪酸饲料会抑制脂肪沉积。本试验结果与上述报道结果相似,米糠毛油组肉猪肝脏中FAS的mRNA表达量比大豆油组显著降低,这可能是米糠毛油组富含不饱和脂肪酸,对肉猪肝脏FAS基因表达具有抑制作用。

载脂蛋白(apoB)由肝脏合成,是低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)的主要结构蛋白质,约占LDL-C总蛋白质含量的97%,apoB的测定可直接反映LDL-C的水平。apoB存在于低密度脂蛋白质的表面,细胞识别和摄取LDL主要通过识别apoB实现。

Sato等<sup>[19]</sup>研究结果表明,与动物性油脂相比,植物性油脂能降低肉鸡载脂蛋白(apoB)mRNA表达。本试验也得到了类似结果,与大豆毛油比,米糠毛油含有更低的饱和脂肪酸,米糠毛油组apoB mRNA表达量极显著低于豆油组,从而使运输到肝脏中的胆固醇含量减少,血清中胆固醇和LDL-C含量则相应降低。

### 参考文献:

- [1] 赵见军,马玉娟. 响应面法优化核桃粕油脂提取工艺[J]. 江苏农业科学,2014,42(7):274-276.
- [2] CHOU T W, MA C Y, CHEN H H, et al. A rice bran oil diet improves lipid abnormalities and suppress hyperinsulinemic responses in rats with streptozocin/nicotinamide-induced type 2 diabetes[J]. Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 2009, 45(1):29-36.
- [3] 章 杏,郑金贵,王乌齐,等. 不同色稻米糠毛油及谷维素含量研究[J]. 福建农业学报,2005,20(1):53-57.
- [4] 欧阳建勋. 米糠油藏资源开发应用探讨[J]. 粮食科技与经济, 2011(3):24-26.

- [5] 倪红玉,鲁 菲,周岩民,等. 饲粮不同油脂来源对肉鸡脂类代谢及相关基因表达的影响[J]. 动物营养学报,2011,23(10):1677-1683.
- [6] 孙 岩,刘中华. 脂肪营养剂在饲料中的应用[J]. 饲料工业,2005,26(14):48-51.
- [7] 宋仁德,李国梅,园田立信. 给繁殖母猪添加动物性油脂对仔猪初生重及发育的影响[J]. 青海畜牧兽医杂志,2003,33(4):17-18.
- [8] 陈才勇,王 恬. 油脂在断奶仔猪生产中应用的最新研究进展[J]. 饲料世界,2003,105(3):7-9.
- [9] 张根旺. 米糠制油及精炼进展[J]. 粮食科技与经济,2007,32(4):41-42,46.
- [10] 阮剑均,宦海琳,闫俊书,等. 米糠毛油对肉鸡肌肉品质、脂肪酸组成及抗氧化功能的影响[J]. 动物营养学报,2013,25(9):1976-1988.
- [11] 万文菊,侯水生,王纪亭. 脂肪沉积的神经与营养调节[J]. 中国畜牧兽医,2004,31(2):6-8.
- [12] GRUNDY S M, DENKE M A. Dietary influence on serum lipids and lipoproteins[J]. Journal of Lipid Research, 1990, 31: 1149-1172.
- [13] NORUM K R. Dietary fat and blood lipids[J]. Nutrition of Review, 1992, 50: 30-37.
- [14] HENDERSON H E, KASTELEIN J J, ZWINDERMAN A H, et al. Lipoprotein lipase activity is decreased in a large cohort of patients with coronary artery disease and is associated with changes in lipids and lipoproteins[J]. Journal of Lipid Research, 1999, 40(4): 735-743.
- [15] 沃兴德,崔小强,唐利华. 姜黄素对食饵性高脂血症大鼠血浆脂蛋白代谢相关酶活性的影响[J]. 中国动脉硬化杂志,2003,11(3):223-226.
- [16] 范京辉,钱利纯,孙建义,等. 植物源乳化剂对肉鸡生产性能及脂肪代谢的影响[J]. 中国兽医学报,2010,10(30):1390-1393.
- [17] CLARKE S D. Regulation of fatty acid synthase gene expression: an approach for reducing fat accumulation[J]. Journal of Animal Science, 1993, 71: 1957-1965.
- [18] KAVOURIDOU K, BARROETA A C, VILLAYERDE C, et al. Fatty acid, protein and energy gain of broilers fed different dietary vegetable oils[J]. Spanish Journal of Agricultural Research, 2008, 6(2): 210-218.
- [19] SATO K, CHO Y, TACHIBANA S, et al. Impairment of VLDL secretion by medium-chain fatty acids in chicken primary hepatocytes is affected by the chain length[J]. The Journal of Nutrition, 2005, 135(7): 1636-1641.

(责任编辑:袁 伟)