

魏付梁, 卢逸华, 潘木水, 等. 饲料添加牛至油对天露黄鸡腹脂沉积的影响 [J]. 华南农业大学学报, 2020, 41(5): 1-8.
WEI Fuliang, LU Yihua, PAN Mushui, et al. Effect of oregano oil addition in the diet on abdominal fat deposition in Tianlu yellow-feathered chicken[J].
Journal of South China Agricultural University, 2020, 41(5): 1-8.

饲料添加牛至油对天露黄鸡腹脂沉积的影响

魏付梁^{1†}, 卢逸华^{1†}, 潘木水², 程武磊¹, 高萍¹,
王建兵³, 江青艳¹, 朱晓彤¹

(1 华南农业大学 动物科学学院, 广东 广州 510642; 2 广东省农业科学院 蚕业与农产品加工研究所, 广东 广州 510640;
3 广东温氏食品集团股份有限公司, 广东 云浮 527300)

摘要:【目的】探讨饲料中添加牛至油对天露黄鸡腹脂沉积及脂肪代谢的影响, 并通过模拟生产试验对牛至油降低肉鸡腹脂率效果进行验证。【方法】实验室试验: 选取 24 只 65 日龄雌性天露黄鸡, 逐只称质量编号后, 根据体质量相近的原则, 随机分为 3 组, 每组 8 只, 单笼饲养; 对照组饲喂基础饲料 (不含牛至油), 处理组分别饲喂含 100 和 200 mg/kg 牛至油的饲料; 试验开始前预饲喂 3 d, 正式试验时间为 30 d, 自由采食及饮水。模拟生产试验: 选取 270 只 65 日龄雌性天露黄鸡, 逐只称质量编号后, 按照体质量相近的原则, 随机分为 3 组, 每组 6 次重复, 每次重复 15 只, 试验处理和饲养管理方法与实验室试验相同。实验室试验结束后称体质量计算生产性能指标, 并屠宰, 采集血液、肝脏、腹脂、胸肌、腿肌等样品, 测定屠宰性能、血清生化指标和脂肪代谢相关基因的 mRNA 表达量。模拟生产试验结束后称体质量, 并取样测定生产性能和屠宰性能, 验证实验室试验结果。【结果】实验室试验中, 与对照组相比, 饲料添加 200 mg/kg 牛至油可显著提高天露黄鸡的平均日增体质量和胸肌率, 显著降低天露黄鸡的耗料增重化和脂肪沉积, 腹脂减少率达到 23.51%; 显著降低天露黄鸡肝脏中与脂肪合成相关基因的 mRNA 表达量, 对肝脏中脂肪分解相关基因无明显影响。模拟生产试验结果与实验室试验相符, 验证了牛至油具有降低天露黄鸡腹脂沉积的作用, 与对照组相比, 200 mg/kg 牛至油添加组的腹脂减少率达到 20.00%。【结论】饲料中添加 200 mg/kg 牛至油可显著降低天露黄鸡的腹脂沉积, 其作用可能与降低肝脏脂肪酸的合成有关。

关键词: 天露黄鸡; 牛至油; 生产性能; 屠宰性能; 脂肪代谢; 腹脂沉积

中图分类号: S 831.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2020)05-0001-08

Effect of oregano oil addition in the diet on abdominal fat deposition in Tianlu yellow-feathered chicken

WEI Fuliang^{1†}, LU Yihua^{1†}, PAN Mushui², CHENG Wulei¹, GAO Ping¹,
WANG Jianbing³, JIANG Qingyan¹, ZHU Xiaotong¹

(1 College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Sericulture & Agri-Food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China;

3 Guangdong Wens Foodstuff Group Co., Ltd., Yunfu 527300, China)

Abstract: 【Objective】To investigate the effects of oregano oil addition in the diet on abdominal fat deposition and fat metabolism of Tianlu yellow-feathered chicken, and verify the effect of oregano oil reducing abdominal

收稿日期: 2020-01-10 网络首发时间: 2020-07-10 10:54:23

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20200709.1637.010.html>

作者简介: 魏付梁 (1989—), 男, 硕士, E-mail: 2390833213@qq.com; 卢逸华 (1998—), 男, 硕士研究生, E-mail: 1358549177@qq.com; †表示对本文贡献相同; 通信作者: 朱晓彤 (1967—), 女, 副教授, 硕士, E-mail: xtzhu@scau.edu.cn

基金项目: 温氏集团横向课题 (4300/H16194)

fat rate of broiler through production simulation experiment. 【Method】 In laboratory experiment, twenty-four 65-day-old female Tianlu yellow-feathered chickens were selected. Each chicken was weighed and numbered, then randomly divided into three groups with eight chickens of each group according to the principle of weight similarity. Each chicken was fed in single cage. The control group was fed with basal diets (without oregano oil), while the other two groups were fed with diets containing 100 and 200 mg/kg oregano oil respectively for 30 days after 3 days' pre-feeding. The chickens were fed by free eating and free drinking. In production simulation experiment, total 270 65-day-old female Tianlu yellow-feathered chickens were randomly divided into three groups according to the principle of weight similarity after weighing and numbering, with six replicates in each group and 15 chickens per replicate. All experiment protocols were the same as laboratory experiment. The chickens were weighed after the laboratory experiment to calculate production performance. Then the chickens were slaughtered to collect blood, liver, abdominal fat, breast muscle and leg muscle samples and determine slaughter performance, serum biochemical indicators and mRNA expression levels of fat metabolism related genes. After the production simulation experiment, the chickens were weighed and sampled to determine production and slaughter performances, and verify the results of the laboratory experiment. 【Result】 In laboratory experiment, compared with the control, 200 mg/kg oregano oil addition significantly increased Tianlu yellow-feathered chicken average daily weight gain and breast muscle rate, significantly reduced feed to gain ratio and abdominal fat deposition, with abdominal fat reduction rate of 23.51%. Adding 200 mg/kg oregano oil to the diets significantly reduced mRNA expression levels of fat synthesis related genes in liver of Tianlu yellow-feathered chicken, but had no obvious effect on fat decomposition related genes. The results of production simulation experiment conformed to those of laboratory experiment, and validated the effect of oregano oil reducing abdominal fat deposition. Compared with the control group, the abdominal fat reduction rate reached 20% in 200 mg/kg oregano oil addition group. 【Conclusion】 The 200 mg/kg oregano oil addition can significantly reduce abdominal fat deposition of Tianlu yellow-feathered chicken by reducing the synthesis of fatty acids in liver.

Key words: Tianlu yellow-feathered chicken; oregano oil; production performance; slaughter performance; fat metabolism; abdominal fat deposition

随着肉鸡育种技术和饲料配合技术研究的日臻完善,肉鸡生产效益大幅度提高,高能量日粮的使用提高了肉鸡生产效益,同时也导致腹脂过度沉积。肉鸡胴体上市逐渐取代了活禽售卖,使腹脂成为屠宰废弃物^[1]。天露黄鸡是广东温氏集团家禽育种公司和华南农业大学共同培育的天露黄鸡配套系中的品种之一,并顺利通过国家畜禽遗传资源委员会审定成为国家畜禽新品种配套系。天露黄鸡具有三黄鸡的典型外观,外观特征好,生产性能均匀一致,种鸡繁殖性能高。天露黄鸡的商品代肉鸡料重比低、抗逆性强,是温氏养鸡公司饲养的主要肉鸡品种之一;但是天露黄鸡在后期生长过程中也存在腹脂过度沉积降低胴体品质等问题。在养殖生产实践中,为了降低肉鸡腹脂沉积率、改善胴体品质,使用过许多添加剂如甜菜碱、L-肉碱和乳化剂等,但是效果均不稳定^[2-3]。

牛至油是一种从牛至 *Origanum vulgare* L.中提

取的植物精油,主要成分是百里酚和香芹酚,具有促进动物生长、抗菌抗氧化和提高动物机体免疫力等生物学特性,主要应用于食品生产。研究发现牛至油能够提高动物生产性能、改善畜产品品质^[4-5],提高动物机体免疫力^[6],调节畜禽肠道菌群分布^[7]等,因此牛至油也作为一种新型的替抗产品应用于畜禽生产中。华南农业大学动物科学学院生理实验室前期研究发现,培养基中添加 25、50 $\mu\text{mol/L}$ 牛至油可显著抑制 3T3-L1 细胞的分化聚酯^[8]。因此,本试验旨在研究饲料中添加牛至油对天露黄鸡腹脂沉积的影响,为其作为新型添加剂发挥调控肉鸡腹脂沉积、改善胴体品质和提高经济效益等功能以及在生产中推广应用提供新的理论依据和参考。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

65 日龄天露黄鸡购自广东温氏食品集团车岗

分公司;牛至油由广州云花实业有限公司馈赠,其中10%(w)的牛至香酚预混剂中香芹酚与百里酚的质量比为9:1。

1.2 试验设计

实验室试验:24只65日龄天露黄鸡逐只称体质量、编号后,按照体质量相近的原则随机分为3组,每组8只,单笼饲养,试验起始各组平均体质量差异不明显。第1组为对照组,饲喂基础饲料(不含牛至油),第2组和第3组为处理组,分别饲喂含100和200 mg/kg牛至油的饲料。试验开始前预饲喂3 d,正式试验时间为30 d,试验期间自由采食及饮水。每天饲喂时间为08:00和18:00,次日上午08:00称余料质量并计算前一天的采食量。

模拟生产试验:270只65日龄天露黄鸡逐只称体质量、编号后,按照体质量相近的原则随机分为3组,每组6次重复,每次重复15只,试验起始各组平均体质量差异不明显。对照组饲喂基础饲料(不含牛至油),处理组分别饲喂含100和200 mg/kg牛至油的饲料。饲养管理方法与实验室试验相同。

1.3 试验基础饲料

试验基础饲料为玉米-豆粕,各组饲喂的基础饲料营养水平相同,均能满足鸡的营养需求。基础饲料原料组成及质量分数为玉米64.0%、防霉剂0.1%、豆粕17.3%、去皮豆粕11.8%、豆油2.8%、中鸡预混料4.0%。营养物质代谢能为12.64 MJ/kg,各营养成分质量分数为粗蛋白18.00%、粗脂肪5.60%、钙0.60%、赖氨酸0.88%、蛋氨酸0.33%、苏氨酸0.60%、色氨酸0.18%。

1.4 样品的采集与制备

实验室试验结束后称体质量计算生产性能相关指标,并进行屠宰,采集血液、肝脏、腹脂、胸肌、腿肌测定屠宰性能、血清生化指标和脂肪代谢相关基因的mRNA表达量。模拟生产试验结束后,称体质量,并取样测定生产性能和屠宰性能,验证实验室实验结果。

1.4.1 血清样品 饲养试验结束后断料12 h,后翅静脉采血,室温放置30 min,待血液凝固后3 000 r/min离心15 min制备血清,分装备用。

1.4.2 组织样品 屠宰后取肝脏,在肝脏的固定位置采集2~3管分子样品装进2 mL离心管中,液氮速冻,-80℃保存备用;腹脂的采集方法与肝脏样品相同;分离右侧的腿肌和胸肌装入样品袋中,-20℃保存备用。

1.5 指标测定及方法

1.5.1 生产性能 试验开始前称量体质量分组,试验期间第15天和第30天分别称体质量并记录,每

天统计各组鸡的采食量,用于计算平均日增体质量、日均采食量和耗料增重比。

平均日增体质量=(末体质量-初始体质量)/试验天数,

日均采食量=每只鸡总采食量/试验天数,

耗料增重比=日均采食量/平均日增体质量。

1.5.2 屠宰性能 试验至第30天时,将各组鸡屠宰,采取血样及组织样品做屠宰测定试验。相关指标如下:

上架质量=全净膛质量-头脚质量,

全净膛率=全净膛质量/屠体质量×100%,

胸肌率=胸肌质量/全净膛质量×100%,

腿肌率=腿肌质量/全净膛质量×100%,

腹脂率=腹脂质量/全净膛质量×100%,

肝脏指数=肝脏质量/全净膛质量×100%。

1.5.3 血清生化指标 血清中胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白和游离脂肪酸含量测定的试剂盒均购于南京建成生物工程研究所,操作按说明书进行。

1.5.4 组织样品RNA抽提及引物设计 采用Trizol法抽提组织样品中总RNA,消化后反转录成cDNA,根据GenBank所提交的序列,采用Primer 5.0软件设计内参及各目的基因定量PCR引物。引物由上海生工生物工程科技有限公司合成,利用荧光定量PCR技术测定相关基因mRNA的相对表达量。目的基因的PCR引物见表1。

1.6 数据处理及分析

试验数据采用SPSS 18.0统计软件进行单因素方差分析及LSD多重比较,分析结果以平均值±标准误表示, $P<0.05$ 表示差异显著, $P>0.05$ 表示差异不显著。

2 结果与分析

2.1 实验室试验中牛至油对天露黄鸡生产性能和屠宰性能的影响

由表2可知,与对照组相比,饲料中添加200 mg/kg牛至油可显著增加天露黄鸡的平均日增体质量($P<0.05$),显著降低鸡群的耗料增重比($P<0.05$),对日均采食量无显著影响;饲料中添加100 mg/kg牛至油虽能提高鸡群的平均日增体质量,降低耗料增重比,但差异不显著。与对照组相比,饲料中添加200 mg/kg牛至油显著提高天露黄鸡的胸肌率和显著降低鸡群的腹脂率($P<0.05$);提高了天露黄鸡的上架质量,但差异不显著。饲料中添加100 mg/kg牛至油对肉鸡屠宰性能的各项指标都有改进,但没有显著效果。

结果表明,饲料中添加200 mg/kg牛至油能够

表 1 目的基因 PCR 引物
Table 1 Target gene PCR primers

基因 Gene	序列号 Serial number	引物序列/(5'→3') Primer sequence	退火温度/°C Annealing temperature	片段大小/bp Product length
<i>LPL</i>	XM_015280414.1	F: TTGGTGACCTGCTTATGCTA R: TGCTGCCTCTTCTCCTTTAC	57.2	185
<i>FAS</i>	NM_205155	F: TGCTATGCTTGCCAACAGGA R: ACTGTCCGTGACGAATTGCT	58.0	137
<i>APOB</i>	NM_001044633.1	F: GCCGTTTGACTGGGAGTACA R: TCTTCCCATTTCCTGGTGCC	58.2	126
<i>ACC</i>	NM_205505	F: GCTGG GTTGA GCGAC TAATG A R: GAAACTGGCAAAGGACTGACG	57.3	171
<i>FAT/CD36</i>	NM_001030731.1	F: TGCAAAGCAGGAGGGTGAAA R: GGTGCAAAGGCCACAAAGAG	60.6	94
<i>MTP</i>	NM_001109784.2	F: GTTCTGAAGGACATGCGTGC R: CCAGCAAAGGAGTCCAGGTT	60.6	287
<i>A-FABP</i>	NM_204290.1	F: GCCTGACAAAATGTGCGACC R: TTCCTGGTAGCAAACCCAC	59.7	105
<i>SREBP-1</i>	NM_204126	F: TACCG CTCAT CCATC AACGAC R: TTCCTCAGGATCGCCGACTT	58.1	92
<i>CPT-1</i>	NM_001012898.1	F: GGAGAACCCAAGTGAAAGTAATGAA R: GAAACGACATAAAGGCAGAACAGA	58.9	135
<i>ATGL</i>	NM_001113291.1	F: CCTTTGACTCCGCTTGAA R: GGACCCAGGAACCTCTTTTCG	58.9	242

表 2 实验室试验中牛至油对天露黄鸡生产性能和屠宰性能的影响¹⁾

Table 2 Effects of oregano oil on production and slaughter performances of Tianlu yellow-feathered chickens in laboratory experiment

w(牛至油)/(mg·kg ⁻¹) Oregano oil content	初始体质量/g Initial weight	末体质量/g Final weight	ADWG/g	ADFI/g	耗料增重比/% Feed to gain ratio	屠体质量/g Dressed weight
0	990.00±19.40a	1 379.29±29.37a	12.97±0.92a	84.31±2.71a	6.64±0.35a	1 225.00±26.79a
100	968.33±48.25a	1 438.33±57.66a	15.67±0.76ab	96.63±8.53a	6.13±0.33ab	1 279.17±62.09a
200	959.17±36.24a	1 510.83±58.01a	18.39±2.51b	92.87±5.82a	5.28±0.35b	1 335.83±55.12a

w(牛至油)/(mg·kg ⁻¹) Oregano oil content	全净膛质量/g Eviscerated weight	上架质量/g Shelf weight	肝脏指数/% Liver index	胸肌率/% Breast muscle rate	腿肌率/% Leg muscle rate	腹脂率/% Abdominal fat rate
0	840.86±27.60a	949.35±26.31a	3.39±0.46a	12.62±0.41b	18.04±0.41a	10.55±0.56a
100	883.97±40.90a	999.47±42.62a	3.04±0.12a	13.18±0.50b	18.67±0.55a	9.84±1.01ab
200	932.30±36.99a	1 041.57±37.50a	3.31±0.25a	14.73±0.48a	18.85±0.35a	8.07±0.64b

1)ADWG表示平均日增体质量,ADFI表示日均采食量;同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$, 单因素方差分析)

1) ADWG indicates average daily weight gain, ADFI indicates average daily feed intake; Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different treatments ($P < 0.05$, One way ANOVA)

提高天露黄鸡的生产性能、提高胸肌产量、降低腹脂率和提高肉鸡胴体品质。

2.2 牛至油对天露黄鸡胸肌和腿肌中水分、粗蛋白和粗脂肪含量的影响

饲料中添加 200 mg/kg 牛至油显著提高天露黄

鸡腿肌粗蛋白含量 ($P < 0.05$), 对腿肌粗脂肪、胸肌粗蛋白和胸肌粗脂肪含量没有显著影响。饲料中添加量 100 mg/kg 牛至油对上述指标均无显著影响 (表 3)。

表 3 牛至油对天露黄鸡胸肌和腿肌中水分、粗蛋白和粗脂肪含量的影响¹⁾
Table 3 Effects of oregano oil on water, crude protein and ether extract contents in breast and leg muscles of Tianlu yellow-feathered chickens

组织 Tissue	w(牛至油)/(mg·kg ⁻¹) Oregano oil content	水分 Water	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Ether extract
胸肌 Breast muscle	0	71.94±0.32a	25.30±0.24a	0.96±0.07a
	100	71.85±0.21a	25.35±0.20a	0.93±0.13a
	200	73.17±1.44a	24.53±1.31a	0.71±0.04a
腿肌 Leg muscle	0	73.28±0.27a	22.07±0.10b	3.23±0.19ab
	100	73.04±0.28a	22.04±0.21b	3.50±0.17a
	200	72.81±0.67a	23.07±0.47a	2.50±0.42b

1) 相同组织同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$, 单因素方差分析)

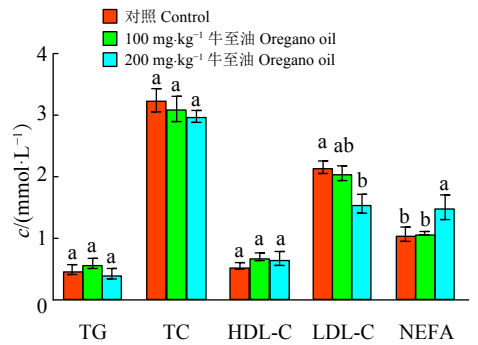
1) Different lowercase letters in the same tissue and column indicate significant differences among different treatments ($P < 0.05$, One way ANOVA)

2.3 牛至油对天露黄鸡血清生化指标的影响

由图 1 可知, 饲料中添加 200 mg/kg 牛至油可显著降低天露黄鸡血清中低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 含量 ($P < 0.05$), 显著增加血清中游离脂肪酸 (NEFA) 含量 ($P < 0.05$), 对甘油三酯 (TG)、总胆固醇 (TC) 和高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C) 含量无显著影响。饲料中添加 100 mg/kg 牛至油对上述指标均无显著影响。

2.4 牛至油对天露黄鸡脂肪代谢相关基因 mRNA 表达量的影响

2.4.1 牛至油对天露黄鸡肝脏中脂肪代谢相关基因 mRNA 表达量的影响 由图 2 可知, 饲料中添加 200 mg/kg 牛至油可显著降低肝脏脂肪合成相关基因如固醇调节元件结合蛋白基因 (*SREBP-1C*)、脂肪酸合成酶基因 (*FAS*) 和乙酰辅酶 A 羧化酶基因 (*ACC*), 脂肪转运基因如微粒体甘油三酯转移蛋

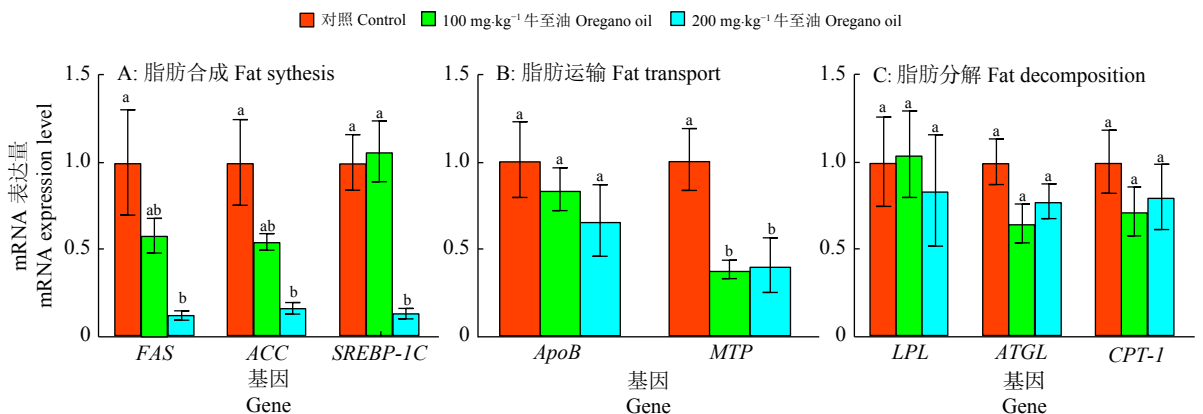


TG: 甘油三酯, TC: 总胆固醇, HDL-C: 高密度脂蛋白胆固醇, LDL-C: 低密度脂蛋白胆固醇, NEFA: 游离脂肪酸; 相同指标柱子上不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$, 单因素方差分析)

TG: Triglyceride, TC: Total cholesterol, HDL-C: High density lipoprotein cholesterol, LDL-C: Low density lipoprotein cholesterol, NEFA: Non-esterified fatty acid; Different lowercase letters on the same index columns indicate significant differences among different treatments ($P < 0.05$, One way ANOVA)

图 1 牛至油对天露黄鸡血清生化指标的影响

Fig. 1 Effects of oregano oil on serum biochemical parameters of Tianlu yellow-feathered chickens



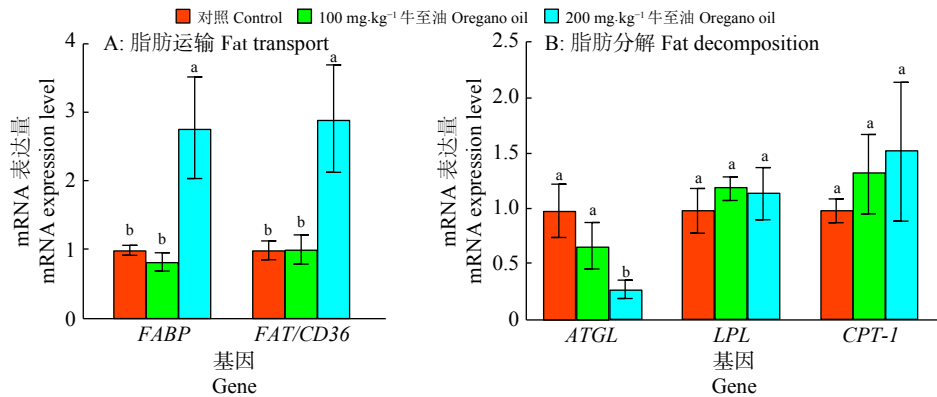
FAS: 脂肪酸合成酶基因, *ACC*: 乙酰辅酶 A 羧化酶基因, *SREBP-1C*: 固醇调节元件结合蛋白基因, *ApoB*: 载脂蛋白 B 基因, *MTP*: 微粒体甘油三酯转移蛋白基因, *LPL*: 脂蛋白酯酶基因, *ATGL*: 脂肪甘油三酯脂肪酶基因, *CPT-1*: 肉碱棕榈酰转移酶-1 基因; 各小图相同基因柱子上不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$, 单因素方差分析)

FAS: Fatty acid synthase gene, *ACC*: Acetyl CoA carboxylase gene, *SREBP-1C*: Sterol-regulatory element binding protein gene, *ApoB*: Apolipoprotein B gene, *MTP*: Microsomal triglyceride transfer protein gene, *LPL*: Lipoprotein lipase gene, *ATGL*: Adipose triacyl glyceride lipase gene, *CPT-1*: Carnitine palmitoyl transferase gene; Different lowercase letters on the same gene columns in each figure indicate significant differences among different treatments ($P < 0.05$, One way ANOVA)

图 2 牛至油对天露黄鸡肝脏脂肪代谢相关基因 mRNA 表达量的影响

Fig. 2 Effects of oregano oil on mRNA expression levels of liver lipid metabolism genes in Tianlu yellow-feathered chickens

白基因 (*MTP*) 的 mRNA 表达量 ($P < 0.05$), 对脂肪分解相关基因如脂肪甘油三酯脂肪酶基因 (*ATGL*)、肉碱棕榈酰转移酶-1 基因 (*CPT-1*) 和脂蛋白酯酶基因 (*LPL*) 及脂肪转运基因如载脂蛋白 B 基因 (*ApoB*) 的 mRNA 表达量无显著影响。饲料中添加 100 mg/kg 牛至油对肝脏中脂代谢相关基因的 mRNA 表达量均无显著影响。结果表明, 饲料中添加 200 mg/kg 牛至油可以通过抑制脂肪合成相关基因的 mRNA 表达, 抑制脂肪合成, 减少腹脂沉积。



FABP: 脂肪酸结合蛋白基因, *FAT/CD36*: 脂肪酸转位酶基因, *ATGL*: 脂肪甘油三酯脂肪酶基因, *LPL*: 脂蛋白酯酶基因, *CPT-1*: 肉碱棕榈酰转移酶-1 基因; 各小图相同基因柱子上不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$, 单因素方差分析)

FABP: Fatty acid-binding protein gene, *FAT/CD36*: Fatty acid translocase gene, *ATGL*: Adipose triacyl glyceride lipase gene, *LPL*: Lipoprotein lipase gene, *CPT-1*: Carnitine palmitoyl transferase gene; Different lowercase letters on the same gene columns in each figure indicate significant differences among different treatments ($P < 0.05$, One way ANOVA)

图 3 牛至油对天露黄鸡腹脂脂肪代谢基因 mRNA 表达量的影响

Fig. 3 Effects of oregano oil on mRNA expression levels of abdominal fat lipid metabolism genes in Tianlu yellow-feathered chickens

2.5 模拟生产试验中牛至油对天露黄鸡生产性能和屠宰性能的影响

由表 4 可知, 模拟生产试验中饲料中添加 100、

2.4.2 牛至油对天露黄鸡腹脂中脂肪代谢相关基因 mRNA 表达的影响 由图 3 可知, 饲料中添加 200 mg/kg 牛至油可显著提高腹部脂肪细胞的脂肪酸转运蛋白基因如脂肪酸结合蛋白基因 (*FABP*) 和脂肪酸转位酶基因 (*FAT/CD36*) 的 mRNA 表达量, 显著降低脂肪分解酶基因 *ATGL* 的 mRNA 表达量 ($P < 0.05$)。牛至油添加量降低至 100 mg/kg 时无上述作用。

200 mg/kg 牛至油对天露黄鸡末体质量、平均日增体质量和日均采食量均无显著影响。饲料中添加 200 mg/kg 牛至油显著降低天露黄鸡的腹脂率, 降

表 4 模拟生产试验中牛至油对天露黄鸡生产性能和屠宰性能的影响

Table 4 Effects of oregano oil on production and slaughter performances of Tianlu yellow-feathered chickens in production simulation experiment

w(牛至油)/(mg·kg ⁻¹) Oregano oil content	初始体质量/g Initial weight	末体质量/g Final weight	ADWG/g	ADFI/g	宰前活体质量/g	
					Live weight before slaughtering	屠体质量/g Dressed weight
0	1 037.95±2.13a	1 635.96±6.55a	19.93±0.21a	94.80±0.64a	1 655.00±6.03a	1 513.18±5.36a
100	1 036.25±0.42a	1 614.16±5.61a	19.26±0.19a	93.75±0.92a	1 630.00±8.27b	1 496.43±9.30ab
200	1 043.16±11.44a	1 626.75±12.32a	19.45±0.31a	95.36±1.35a	1 618.50±8.75b	1 478.00±7.68b
w(牛至油)/(mg·kg ⁻¹) Oregano oil content	全净膛质量/g Eviscerated weight	上架质量/g Shelf weight	肝脏指数/% Liver index	胸肌率/% Breast muscle rate	腿肌率/% Leg muscle rate	腹脂率/% Abdominal fat rate
0	1 073.64±7.54a	1 169.09±7.09a	3.13±0.07a	16.00±0.52ab	19.04±0.44a	9.01±0.29a
100	1 046.78±12.11a	1 142.14±11.01a	3.24±0.12a	16.92±0.39a	18.98±0.32a	8.09±0.37ab
200	1 065.50±13.24a	1 163.50±15.36a	3.10±0.13a	15.49±0.54b	18.73±0.42a	7.21±0.48b

1)ADWG表示平均日增体质量, ADFI表示日均采食量; 同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$, 单因素方差分析)

1) ADWG indicates average daily weight gain, ADFI indicates average daily feed intake; Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different treatments ($P < 0.05$, One way ANOVA)

低率可达 20.00% ($P < 0.05$); 显著降低天露黄鸡的屠体质量、宰前活体质量 ($P < 0.05$); 对全净膛质量及上架质量无显著影响。添加 100 mg/kg 牛至油显著降低宰前活体质量, 对其他指标没有显著影响; 可在一定程度上降低腹脂率, 降低率达 10.21%。

结果表明, 饲料中添加牛至油对天露黄鸡生产性能没有显著影响, 但可减少天露黄鸡腹脂率。

3 讨论与结论

肝脏是动物脂肪代谢的重要器官。与哺乳动物不同, 鸡脂肪组织中合成甘油三酯所需脂肪酸的 90% 来源于肝脏合成和肠道吸收^[9-10]。肝脏中与脂肪代谢相关的蛋白主要包括合成脂肪酸的相关蛋白 (FAS、ACC)、脂肪酸转运相关蛋白 (ApoB、MTP) 以及脂肪酸分解相关蛋白 (LPL、ATGL、CPT-1)。脂肪在细胞膜上的转运蛋白 (FAT/CD36) 将脂肪酸转运到细胞内参与脂肪的合成代谢和分解代谢。LPL 是脂肪代谢的限速酶, 主要作用是水解血浆乳糜微粒和极低密度脂蛋白 (VLDL) 运输的甘油三酯, 使甘油三酯的 1 位和 3 位键断裂, 形成甘油一酯和脂肪酸^[11]。ATGL 是禽类最主要的脂肪分解酶, 在腹脂中高度表达, 能将甘油三酯水解为甘油二酯和脂肪酸^[12]。CPT-1 位于线粒体外膜上, 主要作用是催化转运脂肪酸至线粒体基质进行 β 氧化, 是脂肪酸氧化过程中的一种限速酶^[13]。细胞内外脂肪酸转运在一系列转录调控因子和多个转运蛋白家族相互协作下完成^[14-15]。脂肪酸转位酶 (FAT/CD36) 是脂肪酸跨膜转运的重要载体蛋白, 在鸡腹脂中高丰度表达, 能够促进脂肪细胞聚脂以及血浆中乳糜微粒的清除^[16-17]。A-FABP 又名 aP2, 是 FABPs 家族的一员。在脂肪组织中, A-FABP 先以高亲和力与脂肪酸结合, 然后将脂肪酸转运到细胞的不同部位进行氧化、酯化、合成脂肪等^[18-19]。A-FABP 基因主要在腹脂与肝脏中表达, 在腹脂中高度表达, 是脂肪细胞的上调基因。

目前国内外的研究报道中, 饲料中添加牛至油对机体生长性能、屠宰性能以及机体免疫等方面影响的研究^[20-21] 较多, 但牛至油对肉鸡腹脂沉积以及脂肪代谢影响方面的研究较少。本研究发现, 饲料中添加 200 mg/kg 牛至油可显著增加鸡群的平均日增体质量, 显著降低耗料增重化, 对日均采食量无显著影响, 该研究结果与 Mathlouthi 等^[22]、Ghazi 等^[23] 研究结果相似; 同时发现饲料中添加 200 mg/kg 牛至油显著降低天露黄鸡肝脏中脂肪合成相关基因 *FAS*、*ACC* 和 *SREBP-1C* 的 mRNA 表达量

($P < 0.05$), 显著提高腹脂细胞脂肪酸转运酶基因 *FABP* 和 *FAT/CD36* 的 mRNA 表达量 ($P < 0.05$), 对肝脏中脂肪分解相关基因 *LPL* 和 *CPT-1* 无显著影响。上述结果提示牛至油可能不是通过促进脂肪分解, 而是通过降低肝脏对脂肪酸的合成导致腹脂沉积量的减少。Botsoglou 等^[24] 研究表明饲料中添加牛至油可以促进脂肪的氧化分解, 降低肉鸡的腹脂沉积。两者研究结果的差异可能与试验中所采用的牛至油的组成差异有关。

脂肪组织中脂肪酸转运酶基因 *FABP* 和 *FAT/CD36* 的 mRNA 表达量提高, 可能是脂肪酸合成量降低后的反馈调节所致。本研究在实验室试验中发现 100 mg/kg 牛至油添加量对肉鸡生产性能各项指标均无显著影响, 对天露黄鸡的腹脂率也无显著影响, 腹脂减少率仅 6.73%。陈立华等^[25] 研究发现, 饲料中添加 100 和 125 mg/kg 牛至油均能显著降低肉仔鸡的腹脂率。本研究中添加 100 mg/kg 牛至油没有产生显著效应, 也可能是牛至油中百里酚和香芹酚的比例不同所致。

模拟生产试验验证结果显示: 饲料中添加 200 mg/kg 牛至油可显著降低天露黄鸡的腹脂率 ($P < 0.05$), 腹脂减少率达到 20.00%, 与实验室小样本试验结果相符, 验证了牛至油具有降低天露黄鸡腹脂沉积的作用效果, 该研究结果为牛至油在肉鸡生产中的推广应用提供了依据。

饲料中添加 200 mg/kg 牛至油可显著降低天露黄鸡的腹脂沉积, 降低幅度可达 20.00%, 其作用机制可能与降低肝脏脂肪酸的合成有关。

参考文献:

- [1] 李新. 中央屠宰: 禽流感的终极防线[J]. 中国家禽, 2004, 26(11): 41-44.
- [2] 陈志辉, 牟韶阳, 段晓雪, 等. 甜菜碱对肉仔鸡生产性能和免疫功能的影响[J]. 中国饲料, 2017(2): 25-28.
- [3] 柘丽. 乳化剂与 L-肉碱对肉鸡生产性能及饲料养分利用的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2012.
- [4] 蔡杰, 张文举. 新型饲料添加剂: 牛至油的研究进展[J]. 饲料博览, 2013(2): 38-42.
- [5] 张文娟, 王金虎. 新型植物抗生素: 牛至油的研究进展[J]. 现代畜牧科技, 2015(1): 128-130.
- [6] 胡晓飞, 林东康, 王丽娜, 等. 牛至油对肉鸡生产性能和免疫功能的作用[J]. 中国畜牧兽医, 2004, 31(9): 15-16.
- [7] 除会良, 应小强, 杨刚. 牛至油对肉鸡肠道微生物菌群的影响[J]. 中兽医学杂志, 2005(3): 8-10.
- [8] 魏付梁. 牛至油对天露黄鸡生产性能、腹脂沉积及肠道健康的影响[D]. 广州: 华南农业大学, 2018.
- [9] GRIFFIN H D, GUO K, WINDSOR D, et al. Adipose tissue lipogenesis and fat deposition in leaner broiler chickens[J]. J Nutr, 1992, 122(2): 363-368.

- [10] MOSSAB A, LESSIRE M, GUILLAUMIN S, et al. Effect of dietary fats on hepatic lipid metabolism in the growing turkey[J]. *Comp Biochem Phys B*, 2002, 132(2): 473-483.
- [11] WANG H, ECKEL R H. Lipoprotein lipase: From gene to obesity[J]. *Am J Physiol-Endoc M*, 2009, 297(2): E271-E288.
- [12] ZIMMERMANN R, STRAUSS J G, HAEMMERLE G, et al. Fat mobilization in adipose tissue is promoted by adipose triglyceride lipase[J]. *Science*, 2004, 306(5700): 1383-1386.
- [13] DOH K O, KIM Y W, PARK S Y, et al. Interrelation between long-chain fatty acid oxidation rate and carnitine palmitoyltransferase 1 activity with different isoforms in rat tissues[J]. *Life Sci*, 2004, 77(4): 435-443.
- [14] EHEHALT R, SPARLA R, KULAKSIZ H, et al. Uptake of long chain fatty acids is regulated by dynamic interaction of FAT/CD36 with cholesterol/sphingolipid enriched microdomains (lipid rafts)[J]. *BMC Cell Biol*, 2008, 9: 45. doi: 10.1186/1471-2121-9-45.
- [15] GOLDBERG I J, ECKEL R H, ABUMRAD N A. Regulation of fatty acid uptake into tissues: Lipoprotein lipase and CD36-mediated pathways[J]. *J Lipid Res*, 2009, 50(S): S86-S90.
- [16] DROVER V A, AJMAL M, NASSIR F, et al. CD36 deficiency impairs intestinal lipid secretion and clearance of chylomicrons from the blood[J]. *J Clin Invest*, 2005, 115(5): 1290-1297.
- [17] POHL J, RING A, KORKMAZ U, et al. FAT/CD36-mediated long-chain fatty acid uptake in adipocytes requires plasma membrane rafts[J]. *Mol Biol Cell*, 2005, 16(1): 24-31.
- [18] GORBENKO O, FILONENKO V, GOUT I. Generation and characterization of monoclonal antibodies against FABP4[J]. *Hybridoma*, 2006, 25(2): 86-90.
- [19] 刘腾, 王宝维, 李桢. 脂肪型脂肪酸结合蛋白 *A-FABP* 基因的研究进展[J]. *家禽科学*, 2012(2): 45-49.
- [20] 周明, 吴东, 王孟春, 等. 牛至油替代肉仔鸡日粮中抗生素效果的研究[J]. *江西农业学报*, 2019, 31(6): 89-94.
- [21] 彭青云, 李菊娣, 罗正, 等. 牛至油对肉仔鸡生长性能、屠宰性能及免疫器官指数的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2016, 52(13): 73-76.
- [22] MATHLOUTHI N, BOUZAIENNE T, OUESLATI I, et al. Use of rosemary, oregano, and a commercial blend of essential oils in broiler chickens: In vitro antimicrobial activities and effects on growth performance[J]. *J Anim Sci*, 2012, 90(3): 813-823.
- [23] GHAZI S, AMJADIAN T, NOROUZI S. Single and combined effects of vitamin C and oregano essential oil in diet, on growth performance, and blood parameters of broiler chicks reared under heat stress condition[J]. *Int J Biometeorol*, 2015, 59(8): 1019-1024.
- [24] BOTSOGLOU N A, FLOROU-PANERI P, CHRISTAKI E, et al. Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues[J]. *Brit Poultry Sci*, 2002, 43(2): 223-230.
- [25] 陈立华, 袁纓, 冷义福, 等. 牛至油对肉仔鸡生长性能和胴体品质的影响[J]. *中国家禽*, 2007, 29(5): 9-11.

【责任编辑 李庆玲】