

# 反 10, 顺 12 共轭亚油酸对肉仔鸡肉品质和相关酶活的影响

张广民<sup>1,2</sup>, 文 杰<sup>1\*</sup>, 陈继兰<sup>1</sup>, 赵桂苹<sup>1</sup>, 郑麦青<sup>1</sup>

(1. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所动物营养学国家重点实验室, 北京 100094;

2. 中国农业科学院饲料研究所研发中心, 北京 100081)

**摘要:** 选择 1 d 健康 AA 肉仔鸡 288 只, 研究不同水平反 10, 顺 12 共轭亚油酸(*t*-10, *c*-12 CLA)对肉仔鸡生长性能、肉品质、相关激素和酶活性的影响。试验采用单因素随机设计, 将试验鸡随机分成 6 组, 每组 6 个重复, 每个重复 8 只鸡, 分别饲喂 0、0.20%、0.40%、0.60%、0.80% 和 1.00% *t*-10, *c*-12 CLA 的玉米-豆粕型饲料, 试验期 42 d。结果表明, 饲料 CLA 对肉鸡全期日增重、饲料转化率有显著影响( $P < 0.05$ ), 极显著降低了腹脂率( $P < 0.01$ ), 对采食量、胸肌率、腿肌率、胸肌和全净膛率均无显著影响( $P > 0.05$ ); 饲料 CLA 对肉鸡肉色  $b^*$  值、剪切力和胸肌的品尝评价有显著影响( $P < 0.05$ ), 对 pH、肉色  $L^*$ 、 $a^*$  值和腿肌品尝评价无显著影响( $P > 0.05$ ); 饲料 CLA 对肉鸡血清胰岛素、leptin( $P < 0.05$ )和组织中苹果酸脱氢酶( $P < 0.01$ )有显著影响。饲料 *t*-10, *c*-12 CLA 可提高肉仔鸡的饲料转化率和日增重, 对肉品质剪切力和品尝有改善作用; CLA 降低腹脂率, 增加了肌肉脂肪的含量, 可能与 leptin 浓度和苹果酸脱氢酶活性有关。

**关键词:** 共轭亚油酸; 生产性能; 胴体品质; 肉仔鸡; 苹果酸脱氢酶

中图分类号: S831.5

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2007)05-0464-07

## Effect of Supplemental *trans*-10, *cis*-12 Conjugated Linoleic Acid on Growth Performance, Meat Quality and Relative Enzyme Activities in Broiler Chicks

ZHANG Guang-min<sup>1,2</sup>, WEN Jie<sup>1\*</sup>, CHEN Ji-lan<sup>1</sup>, ZHAO Gui-ping<sup>1</sup>, ZHENG Mai-qing<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Animal Nutrition, Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China; 2. Research and Development Centre, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** An experiment was conducted using a total of 288 one day-old Arbor Acres male broilers to study the effect of supplemental *t*-10, *c*-12 CLA levels on growth performance, carcass traits, and abdominal fat of the broilers. Chicks were randomly allotted by body weight to one of six treatments in a completely randomized design. They were fed either a CLA-unsupplemented corn-soybean meal basal diet or fed basal diets supplemented with 0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80% or 1.00% *t*-10, *c*-12 CLA for duration of 42 days. The supplemental CLA had no effect ( $P > 0.05$ ) on the ADFI, percentage of breast and leg muscles, but affected significantly abdominal fat percentage ( $P < 0.01$ ), ADG and F/G ( $P < 0.05$ ). The addition of 0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80% or 1.00% CLA resulted in a significant decrease in abdominal fat percentage ( $P < 0.01$ ), and broilers fed on the 0.60% *t*-10, *c*-12 CLA had a higher ADG and F/G ( $P < 0.05$ ). The addition of 0.20%, 0.40%, 0.60% or 1.00% CLA decreased  $b^*$  value and shear force in the breast

收稿日期: 2006-02-24

基金项目: 国家“973”资助项目(2004CB117506); 国家高技术研究发展计划(2005AA001220)

作者简介: 张广民(1976-), 男, 黑龙江大庆人, 博士, 助研, 主要从事动物营养与肉品质研究, E-mail: gmcaas@163.com

\* 通讯作者: 文 杰, Tel: 010-62815856, E-mail: wenjoffice@263.net

muscle ( $P < 0.05$ ), but not in the thigh muscle. The addition of CLA increased significantly taste estimate in breast muscle. The addition of 0.20%, 0.40%, 0.60% or 1.00% CLA increased MDH activity in abdominal fat, but decreased significantly MDH activity and leptin ( $P < 0.05$ ). Results from this study indicated that the addition of *t*-10, *c*-12 CLA to broiler diets might increase growth performance and feed conversion, decrease the percentage of abdominal fat by decreasing MDH activity in abdominal fat and leptin in serum, increasing MDH activity in liver, breast and thigh muscle.

**Key words:** conjugated linoleic acid; growth performance; carcass traits; broiler chicks; MDH

共轭亚油酸(CLA)是一类含有共轭双键的亚油酸异构体混合物,其中具有活性的主要有顺 9,反 11 CLA 和反 10,顺 12 CLA。CLA 具有多种生物学作用,动物试验已表明 CLA 具有抗癌<sup>[1]</sup>、降低体脂肪沉积、抑制前脂肪细胞分化<sup>[2]</sup>以及抗动脉粥样硬化<sup>[3]</sup>等作用。饲料中添加 CLA 可影响猪等的生产性能、屠体和肌肉品质<sup>[4, 5]</sup>,并可调节免疫功能<sup>[6, 7]</sup>。

但对 *t*-10, *c*-12 CLA 的作用研究还仅限于人、鼠和细胞体外培养,*t*-10, *c*-12 CLA 在肉仔鸡上的研究结果不太一致<sup>[5, 8, 9]</sup>。本试验利用含量超过 55% *t*-10, *c*-12 CLA 的饲料,研究其对肉仔鸡生产性能、屠体品质、酶活、血清胰岛素和 leptin 的影响,旨在

为共轭亚油酸在饲料中的应用提供基础数据并阐明共轭亚油酸异构体调控脂肪代谢作用的机理。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物与饲养管理

288 只 1 日龄 AA 鸡公雏,体重 ( $42.0 \pm 2.0$ ) g,购自北京华都肉鸡公司,饲养于环境控制室,试验采用单因子 6 水平随机设计,将肉鸡分成 6 个处理,每个处理 6 个重复,每个重复 8 只鸡,以玉米豆粕型饲料为基础日粮,基础日粮参考 NRC(1994),饲料组成和营养水平见表 1,饲料低温保存直到饲养试验结束,常规饲养管理。

表 1 基础日粮组成及营养成分

Table 1 Compositions and nutrient levels of the basal diet

%

原料 Ingredients	含量 Contents		化学组成 Chemical compositions	营养水平 Nutrient levels	
	1~21 日龄 D1-21	22~42 日龄 D22-42		1~21 日龄 D1-21	22~42 日龄 D22-42
玉米 Corn	55.00	61.00	代谢能 ME <sup>c</sup> /(MJ/kg)	12.52	12.77
豆粕 Soybean meal	35.00	29.06	粗蛋白 Crude protein <sup>b</sup>	21.74	19.67
玉米蛋白粉(63%CP)Corn protein meal	3.00	3.00	赖氨酸 Lysine <sup>c</sup>	1.09	1.13
玉米油 Corn oil	3.00	3.00	蛋氨酸 Methionine <sup>c</sup>	0.36	0.44
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	1.80	1.80	蛋氨酸+胱氨酸 Methionine+Cystine <sup>c</sup>	0.74	0.70
石粉 Ground limestone	1.30	1.20	钙 Ca <sup>b</sup>	0.98	0.93
食盐 Salt	0.30	0.30	非植酸磷 Nonphytate phosphorus <sup>c</sup>	0.44	0.42
蛋氨酸 D,L- methionine	0.10	0.13			
维生素 Vitamine	0.30	0.11			
微量元素 Micronutrients	0.20	0.20			
赖氨酸 Lysine		0.20			
合计 Total	100	100			

\*. 每千克日粮中添加 Per kg diet; VA 1500 IU; VD<sub>3</sub> 2000 IU; VE 20 IU; VK<sub>3</sub> 2 mg; VB<sub>1</sub> 1.6 mg; VB<sub>3</sub> 3 mg; VB<sub>12</sub> 0.014 mg; Pantothenic acid 20 mg; Niacin 30 mg; Folic acid 0.8 mg; Biotin 0.12 mg; Choline 500 mg; Cu(CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O) 8 mg; Zn(ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O) 40 mg; Fe(FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O) 80 mg; I(KI) 0.35 mg; Se(Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) 0.15 mg; Mn(MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O) 120 mg

<sup>b</sup>. 实测成分 Analysed composition; <sup>c</sup>. 计算值 Calculated value

共轭亚油酸(Conjugated linoleic acid, CLA) > 90%, 反 10, 顺 12 共轭亚油酸 > 55.0% (脂肪酸的组成见表 2), 山东青岛奥海公司生产, 添加水平分别为 0、0.20%、0.40%、0.60%、0.80%、1.00%, 分别替代相应比例的玉米油。

表 2 反 10, 顺 12 共轭亚油酸的组成

脂肪酸 Fatty acid	含量 Contents
棕榈酸 Palmitic acid C16 : 0	ND
硬脂酸 Stearic acid C18 : 0	ND
油酸 Oleic acid C18 : 1 C9	5.9
亚油酸 Linoleic acid C18 : 2 C9, C12	2.4
共轭亚油酸 Conjugated linoleic acid	91.2
<i>c</i> -9, <i>t</i> -11 CLA CLA <i>cis</i> 9, <i>trans</i> 11 isomer	32.6
<i>t</i> -10, <i>c</i> -12 CLA <i>trans</i> 10, <i>cis</i> 12 CLA isomer	55.2

## 1.2 样品的采集、制备和分析

试验鸡每周称重, 计算耗料和增重, 在试验第 42 天时, 从每个重复中按平均体重选取 3 只鸡屠宰, 测定屠体重、全净膛重, 取胸肌(右侧)、腿肌(右侧)和腹脂分别测定胸肌率、腿肌率、腹脂率。

屠宰后立即用 PH-211 型 pH 计测定胸、腿肉的 pH 值; 屠宰后 12 h 内用 TC-P II G 型全自动测色色差计立即测定胸肉的 L\* 值、a\* 值和 b\* 值; 屠宰后 12 h 内用 C-LM 型嫩度仪测定胸、腿肉剪切力值; 屠宰后立即用索氏提取法测定肌内脂肪含量; 用 Rogdakis 的方法测定组织中苹果酸脱氢酶活性<sup>[9]</sup>; 血清胰岛素和 leptin 采用中国原子能科学研

究所放免试剂盒分析; 品尝: 经过培训品尝专家 8 人, 独立评分。分别从 0.00%、0.40%、1.00% CLA 组选取 15 只鸡, 取胸肌切成 2 cm<sup>3</sup> 左右的小块, 于沸水中(肉: 水 = 1 : 1)中煮 10 min, 取出品尝, 品尝项目包括多汁性、嫩度、风味和可接受性, 每个项目 1~10 分。

## 1.3 数据的统计分析

用 SAS8.0 软件中的 GLM 模型对试验数据进行统计; 对不同 *t*-10, *c*-12 CLA 梯度的日粮处理效应进行线性和二次曲线回归分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 饲料共轭亚油酸对肉仔鸡生产性能的影响

由表 3 可见, 在 1~21 日龄, *t*-10, *c*-12 CLA 对肉仔鸡的生产性能有较大影响, 随着 CLA 的添加水平的增加, 日增重( $P < 0.05$ )和饲料转化率( $P < 0.05$ )有呈二次曲线增加的趋势, 0.60% CLA 组的日增重在 21 日龄达到高峰, 之后略有下降; 饲料转化率也具有同样的趋势; 但对采食量没有显著影响( $P > 0.05$ ), 且采食量随着共轭亚油酸添加量的增加有下降的趋势。

由表 3 可见, 在 22~42 日龄 *t*-10, *c*-12 CLA 水平对生产性能也产生较大影响, 随着 CLA 添加水平的增加, 采食量先升高后下降( $P < 0.01$ ), 呈二次曲线增加的趋势, 日增重显著增加( $P < 0.01$ ), 且呈二次曲线增加的趋势。但 CLA 没有显著影响饲料转化率( $P > 0.05$ )。

表 3 饲料 *t*-10, *c*-12 CLA 对肉仔鸡生产性能的影响

Table 3 Effects of dietary *t*-10, *c*-12 CLA on growth performance of broiler chicks

	添加水平/% Added levels						SEM	P 值 P value
	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00		
1~21 日龄 D1-21								
日采食量 ADFI/g	45.69	44.84	44.41	45.20	44.90	44.84	0.18	0.40
日增重 ADG/g	30.85 <sup>c</sup>	31.138 <sup>bc</sup>	31.24 <sup>bc</sup>	32.86 <sup>a</sup>	31.61 <sup>bc</sup>	31.91 <sup>ab</sup>	0.29	<0.01
耗料增重比 F/G	1.44 <sup>a</sup>	1.40 <sup>b</sup>	1.39 <sup>b</sup>	1.35 <sup>c</sup>	1.41 <sup>ab</sup>	1.40 <sup>b</sup>	0.01	<0.01
22~42 日龄 D22-42								
日采食量 ADFI/g	137.02 <sup>bc</sup>	137.48 <sup>bc</sup>	135.89 <sup>bc</sup>	142.06 <sup>a</sup>	138.02 <sup>b</sup>	134.95 <sup>c</sup>	1.01	<0.01
日增重 ADG/g	57.50 <sup>c</sup>	61.74 <sup>ab</sup>	57.98 <sup>bc</sup>	63.46 <sup>a</sup>	63.31 <sup>a</sup>	61.44 <sup>ab</sup>	1.06	<0.01
耗料增重比 F/G	2.39 <sup>a</sup>	2.26 <sup>bc</sup>	2.34 <sup>bc</sup>	2.24 <sup>bc</sup>	2.24 <sup>bc</sup>	2.20 <sup>c</sup>	0.03	0.06
1~42 日龄 D1-42								
日采食量 ADFI/g	92.02	92.039	90.9	94.63	93.12	91.31	0.55	0.24
日增重 * ADG/g	44.18 <sup>bc</sup>	46.19 <sup>ab</sup>	43.94 <sup>c</sup>	48.07 <sup>a</sup>	47.21 <sup>a</sup>	46.52 <sup>a</sup>	0.67	<0.01
耗料增重比 F/G *	2.05 <sup>a</sup>	2.00 <sup>abc</sup>	2.03 <sup>ab</sup>	1.95 <sup>bc</sup>	1.98 <sup>abc</sup>	1.92 <sup>c</sup>	0.02	0.04

平均数(n=6), 同一行具有不同字母肩号者差异显著( $P < 0.05$ ); SEM. 平均值的标准误 \* . 二次曲线影响, 下表同

Means in the same row with different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ); SEM. Standard error of mean;

\*. Quadratic effect, the same as below

在试验全期日增重和饲料效率均随 CLA 的添加水平而呈二次曲线提高的趋势( $P < 0.05$ ), 饲料采食量则呈二次曲线变化( $P > 0.05$ )。另外, 从表 3 中还可以看出, 日粮中 CLA 的添加量超过 0.60% 时, 肉仔鸡的日增重和采食量均有降低的趋势。

关于 CLA 对动物生产性能影响的研究, 许多文献报道的结果不一致。Zhang 等<sup>[8]</sup>采用 0、2.5、5.0 和 10.0 g/kg CLA 混合物饲喂肉仔鸡 42 d, 研究结果表明 CLA 混合物对肉鸡生产性能没有显著影响。Badinga 等<sup>[5]</sup>采用 5%CLA 混合物和 5%玉米油饲喂肉仔鸡 21 d, 研究结果表明 CLA 使肉仔鸡日增重下降, 生长缓慢。Szymczyk 等<sup>[10]</sup>采用 0.0%、0.5%、1.0% 和 1.5% CLA 饲喂公母各半的肉仔鸡 21 d, 结果表明 CLA 显著降低采食量和日增重, 但对饲料转化率没有显著影响。然而, 在猪的试验中, Lai 等<sup>[11]</sup>发现 1%、2%、3% CLA 显著增加了饲料转化率和日增重, Sun 等<sup>[12]</sup>在猪的试验中也报道了 CLA 类似的作用。本研究表明 CLA 的异

构体 *t*-10, *c*-12 CLA 对肉仔鸡的生产性能具有显著影响, 显著增加了日增重和饲料转化率( $P < 0.05$ ), 这一结果与他在肉仔鸡上的报道不同, 但与 CLA 在猪的试验上报道一致<sup>[11, 12]</sup>, 这可能与饲料中添加的 CLA 异构体组成和含量不同有关。

## 2.2 饲料共轭亚油酸对肉仔鸡屠体品质的影响

由表 4 可见, 饲料 CLA 水平对屠宰率、全净膛率、胸肌率、腿肌率均无显著影响( $P > 0.05$ ), 但对腹脂率有显著的影响( $P < 0.01$ )。与对照组相比, 饲料 CLA 各组对胸肌率没有显著影响( $P = 0.29$ ), 但胸肌率随 CLA 的增加呈线性增加; 饲料 CLA 水平对腿肌率具有类似的影响; CLA 对全净膛率没有显著影响( $P > 0.05$ ), 但全净膛率有随 CLA 水平的添加呈线性增加的趋势( $P = 0.065$ ); 饲料 CLA 水平对腹脂率有显著的影响( $P < 0.01$ ), 且呈线性下降; CLA 对胸肌和腿肌肌肉脂肪的影响与对照组相比显著增加( $P < 0.05$ )。

表 4 饲料 *t*-10, *c*-12 CLA 对 42 日龄肉仔鸡屠体品质的影响

Table 4 Effects of dietary *t*-10, *c*-12 CLA on broiler carcass

	添加水平/% Added levels						SEM	P 值 P value
	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00		
胸肌率 Percentage of breast muscle	9.93	10.1	10.1	10.31	10.22	10.21	0.05	0.29
腿肌率 Percentage of thigh muscle	8.89	9.01	9.05	9.23	9.22	9.27	0.06	0.35
净膛率 Percentage of eviscerated yield	77.10 <sup>b</sup>	77.50 <sup>ab</sup>	78.07 <sup>ab</sup>	78.49 <sup>a</sup>	78.20 <sup>a</sup>	78.27 <sup>a</sup>	0.22	0.07
腹脂率 Percentage of abdominal fat*	1.72 <sup>a</sup>	1.70 <sup>ab</sup>	1.57 <sup>ab</sup>	1.58 <sup>ab</sup>	1.55 <sup>bc</sup>	1.40 <sup>c</sup>	0.05	<0.01
屠宰率 Dressing percentage	91.30	90.73	91.98	92.21	91.30	91.70	0.22	0.28
胸肌脂肪 IMF of breast muscle	3.49 <sup>bc</sup>	3.36 <sup>c</sup>	3.52 <sup>bc</sup>	3.70 <sup>ab</sup>	3.56 <sup>bc</sup>	3.92 <sup>a</sup>	0.08	0.03
腿肌脂肪 IMF of thigh muscle	19.88 <sup>bc</sup>	19.34 <sup>c</sup>	21.03 <sup>a</sup>	20.66 <sup>ab</sup>	20.26 <sup>abc</sup>	20.00 <sup>abc</sup>	0.24	0.06

Sun 等<sup>[12]</sup>采用 0%、2%、4%CLA 饲喂猪 42 d, 结果表明 CLA 增加了眼肌面积和肌内脂肪, 但第 10 肋骨和最后肋骨的脂肪厚度显著降低。Szymczyk 等<sup>[10]</sup>在肉仔鸡的试验中发现 CLA 对屠宰率没有显著影响, 但腹脂率显著下降。本试验结果与以上结果基本一致, 说明 *t*-10, *c*-12 CLA 能有效降低腹部脂肪, 从而提高胴体品质。*t*-10, *c*-12 CLA 降低腹脂的沉积, 增加胸肌和腿肌肌肉脂肪含量, 可能与脂肪细胞在不同组织的成熟存在差异有关。腹脂是相对成熟的, 肌肉脂肪含有大量的前脂肪细胞, 它可能被 CLA 激活成熟, 而使肌肉脂肪增加<sup>[13]</sup>。关于 CLA 降低腹脂的机制, 有人认为可能是 CLA 诱导了脂肪组织的凋亡和 CLA 影响脂肪细胞的数量和

体积<sup>[14]</sup>。

## 2.3 饲料共轭亚油酸对肉仔鸡苹果酸脱氢酶 (MDH) 的影响

由表 5 可见, 饲料 CLA 水平对腿肌、肝脏中的 MDH 均有显著影响( $P < 0.05$ ), 且对胸肌和腹脂的影响极显著( $P < 0.01$ )。饲料 CLA 对腿肌 MDH 的影响( $P = 0.02$ ), 先升高后降低, 即呈二次曲线变化; 饲料 CLA 对肝脏 MDH 的影响差异显著( $P = 0.03$ ); 饲料 CLA 对胸肌 MDH 的影响差异显著( $P < 0.01$ ), 且变化趋势呈二次曲线先升高后降低; 饲料 CLA 对腹脂中的 MDH 有显著影响( $P < 0.01$ ), 随 CLA 添加量呈渐近线变化。

表 5 饲料 *t*-10,*c*-12 CLA 对 42 日龄肉仔鸡组织中苹果酸脱氢酶 (MDH) 活性、胰岛素和 leptin 的影响Table 5 Effects of dietary *t*-10,*c*-12 CLA on MDH, serum insulin and leptin

	添加水平/% Added levels						SEM	P 值 P value	
	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00			
MDH	胸肌 Breast muscle	5.01 <sup>bc</sup>	4.93 <sup>c</sup>	5.45 <sup>ab</sup>	5.90 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	5.55 <sup>a</sup>	0.32	<0.01
	腿肌 Thigh muscle	6.42 <sup>c</sup>	7.18 <sup>b</sup>	7.82 <sup>b</sup>	7.43 <sup>ab</sup>	7.12 <sup>b</sup>	6.45 <sup>c</sup>	0.19	0.02
	肝脏 Liver	1.66 <sup>b</sup>	1.92 <sup>ab</sup>	2.21 <sup>a</sup>	2.07 <sup>a</sup>	2.00 <sup>ab</sup>	2.18 <sup>a</sup>	0.08	0.03
	腹脂 Abdominal fat	3.23 <sup>a</sup>	2.87 <sup>ab</sup>	2.36 <sup>c</sup>	2.52 <sup>bc</sup>	2.68 <sup>bc</sup>	2.70 <sup>bc</sup>	0.19	<0.01
	Leptin	2.01 <sup>a</sup>	1.73 <sup>b</sup>	1.56 <sup>bc</sup>	1.41 <sup>c</sup>	1.47 <sup>bc</sup>	1.37 <sup>c</sup>	0.09	<0.01
	胰岛素 Insulin	7.95 <sup>a</sup>	5.18 <sup>bc</sup>	6.80 <sup>ab</sup>	6.15 <sup>b</sup>	5.53 <sup>bc</sup>	4.41 <sup>c</sup>	0.55	0.02

MDH 是为脂肪酸生物合成供给 NADPH 的主要酶<sup>[15]</sup>, MDH 有助于脂肪的分解代谢而不是脂肪生成。日粮中添加 CLA, 可使 MDH 活性在脂肪组织和肝脏组织中升高, 而在胸肌和腿肌组织中下降。而且添加 CLA 显著影响了腹脂、肝脏和肌肉中酶的活性, 表明 *t*-10,*c*-12 CLA 的添加影响了脂肪的代谢。饲料中 CLA 对 MDH 的影响是间接的而不是直接的。增加葡萄糖的浓度可能导致 MDH 活性的升高<sup>[16]</sup>。MDH 的活性在 4 种组织的不同可能解释了肌肉、脂肪和肝脏组织脂肪含量的差异。

#### 2.4 饲料 CLA 对肉仔鸡血清胰岛素和 leptin 的影响

由表 5 可见, 饲料 CLA 对肉仔鸡血清胰岛素和 leptin 的影响均差异显著 ( $P < 0.05$ ), 且随日粮中 CLA 的添加水平的增加, 胰岛素和 Leptin 均呈下降的趋势。其中, 饲料 CLA 对胰岛素的影响以对照组最高, 1.00% 组为最低, 且呈线性变化; 随着饲料 CLA 添加水平增加, 对 leptin 的影响以 1.00% CLA 组最低, 且呈渐近线变化。

有研究表明 *t*-10,*c*-12 CLA 具有降低 leptin 表达的作用<sup>[20,21]</sup>。在本试验中发现血清中的 leptin 在

各试验组中存在显著差异, *t*-10,*c*-12 CLA 显著降低了 leptin 含量这与降低腹脂重相一致。但是 0.80% *t*-10,*c*-12 CLA 组的 leptin 水平较高, 本试验中血清取自饥饿 12 h 后的肉仔鸡, 因此, 血清中 leptin 与腹脂重和 CLA 的添加量的关系可能会受饥饿的影响。

#### 2.5 饲料共轭亚油酸对肉仔鸡肉品质的影响

由表 6 可见, 饲料 CLA 水平对肉仔鸡胸肌和腿肌 pH、胸肌肉色 L\*、a\* 值、和腿肌剪切力值无显著影响 ( $P > 0.05$ ), 但对胸肌剪切力和肉色 b\* 值有显著影响 ( $P < 0.05$ )。各添加 CLA 组虽然对胸肌和腿肌 pH 没有显著影响, 但各添加组均有下降的趋势, 其中胸肌以 0.40% CLA 组下降最低, 腿肌以 0.80% CLA 组下降最低。饲料 CLA 的添加水平对胸肌剪切力的影响差异显著 ( $P < 0.05$ ), 且随着日粮 CLA 添加水平的增加剪切力呈直线下降。饲料 CLA 的添加水平对肉色 b\* 值的影响差异显著 ( $P < 0.05$ )。由表 7 可见, 饲料 CLA 水平对肉仔鸡腿肌风味、嫩度、多汁性和可接受性的影响差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但对胸肌的风味、嫩度、多汁性和可接受性均有极显著影响 ( $P < 0.01$ )。

表 6 饲料 *t*-10,*c*-12 CLA 对 42 日龄肉仔鸡肉品质的影响Table 6 Effects of dietary *t*-10,*c*-12 CLA on meat quality in broiler chicks

添加水平/% Added levels	pH		胸肌肉色 Color of breast muscle			剪切力/kg Shear force	
	胸肌 Breast muscle	腿肌 Thigh muscle	L*	a*	b*	胸肌 Breast muscle	腿肌 Thigh muscle
0.00	5.91	6.34	34.66 <sup>b</sup>	11.12	4.26 <sup>a</sup>	2.19 <sup>a</sup>	1.20 <sup>a</sup>
0.20	5.85	6.35	34.80 <sup>b</sup>	11.18	3.38 <sup>c</sup>	2.08 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>ab</sup>
0.40	5.81	6.31	36.63 <sup>a</sup>	10.41	4.28 <sup>a</sup>	1.99 <sup>ab</sup>	1.10 <sup>ab</sup>
0.60	5.84	6.33	35.70 <sup>ab</sup>	11.27	3.57 <sup>bc</sup>	1.93 <sup>bc</sup>	1.07 <sup>ab</sup>
0.80	5.84	6.28	35.36 <sup>ab</sup>	11.05	4.04 <sup>a</sup>	1.90 <sup>bc</sup>	0.99 <sup>b</sup>
1.00	5.85	6.30	36.14 <sup>a</sup>	10.36	4.11 <sup>a</sup>	1.73 <sup>c</sup>	1.09 <sup>ab</sup>
SEM	0.05	0.02	0.45	0.34	0.21	0.08	0.05
P 值 P value	0.79	0.36	0.02	0.27	0.01	0.01	0.07

表 7 42 日龄肉仔鸡对品尝结果的影响

Table 7 Effects of dietary t-10, c-12 CLA on sensory evaluation

添加水平/% Added levels	胸肌 Breast muscle				腿肌 Thigh muscle			
	多汁性 Juice	风味 Flavor	嫩度 Tenderness	接受性 Acceptability	多汁性 Juice	风味 Flavor	嫩度 Tenderness	接受性 Acceptability
0.00	6.1	6.4	6.1	6.3	8.3	8.2	8.3	8.2
0.40	8.7	8.6	8.6	8.8	8.0	8.4	8.3	8.7
1.00	7.7	7.2	7.6	7.6	7.9	8.3	8.1	8.2
SEM	0.54	0.60	0.50	0.50	8.2	8.3	8.3	8.4
P 值 P value	0.01	0.01	0.004	0.002	0.61	0.91	0.9	0.69

影响鸡肉品质的因素很多,如遗传、屠宰前应激、日龄和性别等,饲料中添加 CLA 改变了肌肉组成和脂肪含量,进而影响了肉品质。Dugan 等<sup>[17]</sup>发现给 61.5~106 kg 猪添加 2% CLA 未使 pH 下降,这与本试验结果一致。关于 CLA 对肉色的影响,许多人认为 CLA 没有显著影响肉色<sup>[18]</sup>,但也有人认为 CLA 的添加使 b\* 值升高<sup>[19]</sup>,这与本试验结果一致。关于品尝试验,腿肌无论在风味、嫩度、多汁性和可接受性都无显著差异,有趣的是在胸肌上均出现显著性差异,这可能是由于脂肪和肌纤维粗细分布不均影响了品尝的结果。

### 3 结 论

**3.1** t-10, c-12 CLA 改善了肉仔鸡的生产性能,提高了饲料转化率和日增重,且在 CLA 添加量超过 0.60% 时,饲料转化率、日增重和采食量都有下降的趋势,对肉鸡胸肌的剪切力和品尝具有改善作用。

**3.2** 日粮中添加 t-10, c-12 CLA 降低了腹脂率,增加了肌肉脂肪的含量,可能与 leptin 浓度和 MDH 活性有关。综合肉仔鸡的生产性能和屠体品质考虑, t-10, c-12 CLA 的适宜添加量为 0.60%。

**3.3** 不同 CLA 异构体对肉仔鸡生产性能和胴体品质的影响可能不同,关于每种异构体作用的具体机制还需进一步研究。

#### 参考文献:

[1] Miller A, Stanton C, Devery R. *cis* 9, *trans* 11- and *trans* 10, *cis* 12-Conjugated linoleic acid isomers induce apoptosis in cultured sw480 cells[J]. *Anticancer Res*, 2002, 22: 3 879~3 887.

[2] Evans M, Brown J, McIntosh M. Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism [J]. *J Nutr Biochem*, 2002, 13(9): 508.

[3] Corino C, Mourot J, Magni S, *et al.* Influence of dietary conjugated linoleic acid on growth, meat quality, lipogenesis, plasma leptin and physiological variables of lipid metabolism in rabbits [J]. *J Anim Sci*, 2002, 80 (4): 1 020~1 028.

[4] Wiegand B R, Sparks J C, Parrish F C, *et al.* Duration of feeding conjugated linoleic acid influences growth performances, carcass traits and meat quality of finishing barrows [J]. *J Anim Sci*, 2002, 80: 637~643.

[5] Badinga L, Selberg K T, Dinges A C, *et al.* Dietary conjugated linoleic acid alters hepatic lipid content and fatty acid composition in broiler chickens [J]. *Poult Sci*, 2003, 82(1): 111~116.

[6] Bassaganya-Riera J, Reynolds K, Martiono-Catts, *et al.* Activation of PPAR gamma and delta by conjugated linoleic acid mediates protection from experimental inflammatory bowel disease [J]. *Gastroenterology*, 2004, 127(3): 777~791.

[7] Bontempo V, Sciannimanico D, Pastorelli G, *et al.* Dietary conjugated linoleic acid positively affects immunologic variables in lactating sows and piglets [J]. *J Nutr*, 2004, 134(4): 817~824.

[8] Zhang H, Guo Y, Yuan J. Effects of conjugated linoleic acids on growth performance, serum lysozyme activity, lymphocyte proliferation, and antibody production in broiler chicks [J]. *Arch Anim Nutr*, 2005, 59 (5): 293~301.

[9] Rogdakis E. Untersuchgen ueber die Aktivitaet NADPH- liefernder enzyme im Fettgewebe des Schweines. I. Mitt; Biopsiotechnik und Enzymteste sowie enzymatische Unterschiede zwischen verschiedenen anatomischen Stellen des Fettgewebes [J]. *Z Tierphysiol Tierernaehrung Futtermittelkunde*, 1974, 33: 329~338.

[10] Szymczyk B, Pisulewski P M, Szczurek W, *et al.* Effects of conjugated linoleic acid on growth performance, feed conversion efficiency, and subsequent carcass quality in

- broiler chickens[J]. *Br J Nutr*, 2001, 85(4): 465~473.
- [11] Lai C, Yin J, Li D, *et al.* Effects of dietary conjugated linoleic acid supplementation on performance and immune function of weaned pigs [J]. *Arch Anim Nutr*, 2005, 59(1): 41~51.
- [12] Sun D, Zhu X, Qiao S, *et al.* Effects of conjugated linoleic acid levels and feeding intervals on performance, carcass traits and fatty acid composition of finishing barrows [J]. *Arch Anim Nutr*, 2004, 58(4): 277~286.
- [13] Meadus W J, MacInnis R, Dugan M E R. Prolonged dietary treatment with conjugated linoleic acid stimulates porcine muscle peroxisome proliferators activated receptor gamma and glutamine-fructose aminotransferase gene expression *in vivo* [J]. *J Mol Endocrinol*, 2002, 28: 79~86.
- [14] Evan M, Geigerman C, Cook J, *et al.* Conjugated linoleic acid suppresses triglyceride accumulation and induces apoptosis in 3T3-L1 preadipocytes[J]. *Lipids*, 2000, 35: 899~910.
- [15] Mourot J, Kouba M, Peiniau P. Comparative study of *in vitro* lipogenesis in various adipose tissues in the growing domestic pig (*Sus domesticus*) [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1995, 111B: 379~384.
- [16] Mariash C N, Oppenheimer J H. Stimulation of malic enzyme formation in hepatocyte culture by metabolites: evidence favoring a nonglycolytic metabolite as the proximate induction signal [J]. *Metabolism*, 1984, 33: 545~552.
- [17] Dugan M E R, Aalhus J L, Jeremiah L E, *et al.* The effects of feeding conjugated linoleic acid on subsequent pork quality [J]. *Can J Anim Sci*, 1999, 79: 45~51.
- [18] Joo S T, Lee J, Ha Y L, *et al.* Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation and water holding capacity of pork loin [J]. *J Anim Sci*, 2002, 80: 108~112.
- [19] Froning G W, Uijttenboogaart T G. Effect of post-mortem electrical stimulation on color texture, pH, and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat [J]. *Poult Sci*, 1988, 67: 1 536~1 544.
- [20] Kang K, Pariza M W. *trans*-10, *cis*-12-Conjugated linoleic acid reduces leptin secretion from 3T3-L1 adipocytes [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2001, 287: 377~382.
- [21] Rodrl'iguez E, Ribot J, Palou A. *trans*-10, *cis*-12, But not *cis*-9, *trans*-11CLA isomer, inhibits brown adipocyte thermogenic capacity [J]. *Am Jphysiol*, 2002, 282: R 1 789~1 797.