

## 肉桂醛替代肉用仔鸡日粮中抗生素的使用效果

周明<sup>1</sup> 吴东<sup>2</sup> 王孟春<sup>1</sup> 苏迪<sup>1</sup> 王小菲<sup>1</sup>

(1.安徽农业大学 动物科技学院,合肥 230036;

2.安徽省农业科学院 畜牧兽医研究所,合肥 230001)

**摘要** 为研究肉桂醛替代肉用仔鸡日粮中抗生素的使用效果,选用1日龄健康青脚麻肉用雏鸡360只,随机分为4组:试验1(对照)、2、3和4组。每组设3个重复,每个重复30只雏鸡。在基础日粮中添加抗生素(1~3周龄:吉他霉素预混剂50 mg/kg和盐霉素预混剂75 mg/kg;4~8周龄:吉他霉素预混剂10 mg/kg)后,饲喂对照组鸡;在基础日粮中分别添加肉桂醛预混剂40、80、120 mg/kg后,分别饲喂试验2、3和4组鸡。饲养试验周期56 d,观测鸡的健康状况、增重、血清生化指标、肠道菌群和肉质等。结果表明:1)在整个饲养周期,试验3组鸡的平均日增重较对照组提高5.68%;试验3组的料重质量分数( $2.14 \pm 0.17$ )最低,但与其他组的差异不显著;2)与对照组比较,试验3、4组鸡血清谷丙转氨酶活性分别降低43.66%、61.97%,试验4组鸡血清谷草转氨酶活性降低9.27%,试验2组鸡血清总蛋白提高14.34%,试验2、4组鸡血清尿素氮都降低24.32%,试验3组鸡血清IgA提高31.03%,试验3、4组鸡血清IgG分别提高61.47%和66.97%,试验2、3、4组鸡血清IgM分别提高169.09%、283.64%和300.00%;3)试验3、4组鸡胸肌失水率分别较对照组降低17.21%和14.10%。本研究证实:肉桂醛能促进肉用仔鸡的生长,改进营养生化代谢,增强鸡体免疫功能,提高鸡肉品质;肉桂醛在肉用仔鸡中的应用效果好于抗生素;肉桂醛预混剂在肉用仔鸡日粮中的适宜添加量为80~120 mg/kg。

**关键词** 肉用仔鸡; 肉桂醛; 抗生素; 替代; 应用效果

中图分类号 S885.1+2

文章编号 1007-4333(2019)04-0094-08

文献标志码 A

## Substitution effects of cinnamylaldehyde for antibiotics in broiler diet

ZHOU Ming<sup>1</sup>, WU Dong<sup>2</sup>, WANG Mengchun<sup>1</sup>, SU Di<sup>1</sup>, WANG Xiaofei<sup>1</sup>

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

2. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230001, China)

**Abstract** To study the substitution effects of cinnamylaldehyde for antibiotics in broiler diet, 360 healthy 1 day of age broilers were selected and randomly divided into 4 groups: Group 1 (the control), the experimental group 2, 3 and 4 with 3 replicates per group and 30 broilers per replicate. The control group broilers were fed basal diet supplemented antibiotics (1-3 weeks of age: kitasamycin premix 50 mg/kg and salinomycin premix 75 mg/kg; 4-8 weeks of age: kitasamycin premix 10 mg/kg); Group 2, 3 and 4 broilers were fed basal diet supplemented with 40, 80 and 120 mg/kg of cinnamaldehyde premix, respectively. The feeding experimental period was 56 d. The broiler health status, weight gain, serum biochemical indexes, intestinal flora and meat quality were observed. The results showed that: 1) At 1-8 weeks of age, the average daily gain of the Group 3 broilers increased by 5.68% compared with the control group. The feed weight ratio ( $2.14 \pm 0.17$ ) of the experimental Group 3 was the lowest. 2) Compared with the control group, the activities of the glutamic-pyruvic transaminase in serum of the Group 3 and 4 broilers decreased respectively by 43.66% and 61.97%. The activities of the glutamic-oxaloacetic transaminase in serum of Group 4 broilers decreased by 9.27%; The total protein in serum of Group 2 broilers increased by 14.34%. The urea nitrogen in serum of Group 2,

收稿日期: 2018-06-22

基金项目: 安徽省现代农业产业技术体系岗位专家项目(160607)

第一作者: 周明, 教授, 主要从事动物营养生态研究, E-mail: aauzhouming@163.com

4 broilers decreased both by 24.32%. IgA in serum of Group 3 broilers increased by 31.03%. IgG in serum of Group 3, 4 broilers increased respectively by 61.47% and 66.97%. IgM in serum of Group 2, 3 and 4 broilers increased respectively by 169.09%, 283.64% and 300.00%. 3) The water loss rate of pecloralis muscles of Group 3 and 4 broilers decreased respectively by 17.21% and 14.10%. This study showed that cinnamaldehyde promoted the growth of broilers, improved the metabolism of nutrition and biochemistry, enhanced immune function and improved the quality of chicken meat. The application effects of cinnamaldehyde in broilers were better than antibiotics, and the optimal supplementation of cinnamaldehyde premix in broiler diet was 80 – 120 mg/kg.

**Keywords** broiler; cinnamaldehyde; antibiotic; substitution; application effect

抗生素饲料添加剂对动物有保健、促生长等积极作用,但随着抗生素的广泛应用以及使用不恰当,引起细菌产生耐药性和抗生素在动物产品中的残留等问题。因此,近年来已有研究致力于开发无公害的保健类饲料添加剂,提高动物免疫能力,从而替代抗生素<sup>[1-2]</sup>。

肉桂醛是从肉桂等植物中提取的 1 种有效成分,现可被人工合成<sup>[2]</sup>。已有研究证实肉桂醛有抑菌、抗病毒和抗肿瘤等作用<sup>[3]</sup>。肉桂醛可使大肠杆菌体内活性氧积聚,产生氧化性应激,致细胞结构损伤,最终造成细菌死亡<sup>[4]</sup>。肉桂可增强小鼠巨噬细胞吞噬炭粒的能力<sup>[5]</sup>。本研究团队在保育猪<sup>[6]</sup>和生长前期猪<sup>[7]</sup>中的试验证明,肉桂醛能替代这 2 个阶段猪饲料中的金霉素、粘杆菌素和杆菌肽锌。Tiihonen 等<sup>[8]</sup>研究发现肉桂醛可使肉鸡消化道内益生菌增多。肉桂醛能促进肉鸡后段消化道内乳酸杆菌增殖,减少大肠杆菌<sup>[9]</sup>。然而,关于肉桂醛替代肉用仔鸡日粮中抗生素效果的研究尚少,因此本研

究拟以青脚麻肉用雏鸡为研究对象,通过饲养及屠宰试验,研究肉桂醛替代肉用仔鸡日粮中的抗生素,对鸡的健康状况、增重、饲料利用、血清生化指标、肠道菌群和肉质等的影响,以期为安全鸡肉的生产提供理论与技术依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

肉桂醛预混剂(含肉桂醛质量分数为 20%,广州信农生物技术公司);吉他霉素预混剂(含吉他霉素质量分数为 50%)和盐霉素预混剂(含盐霉素质量分数为 15%),均购自安徽合肥某饲料有限公司。

### 1.2 试验动物

青脚麻肉用雏鸡,取自安徽省农业科学院家禽养殖基地。

### 1.3 基础饲料

基础日粮组成及其养分见表 1。

表 1 基础日粮组成及其养分质量分数

Table 1 Basal diet and nutrient composition

项目 Item	1~3 周龄 1-3 weeks of age	4~8 周龄 4-8 weeks of age
玉米/% Corn	56.00	60.40
大豆粕/% Soybean cake	31.00	31.30
鱼粉/% Fish meal	5.00	
豆油/% Soybean oil	3.00	3.30
肉小鸡预混料/% Premix I	5.00	
肉中鸡预混料/% Premix II		5.00
代谢能/(MJ/kg) ME	12.30	12.54
粗蛋白质/% CP	21.10	18.50
赖氨酸/% Lys	1.14	0.97
蛋氨酸/% Met	0.40	0.32
钙/% Calcium	1.04	0.95
总磷/% Total phosphorus	0.70	0.65

注:预混料主要由矿物质、维生素和氨基酸等组成,不含抗菌类药物。粗蛋白、钙和磷为实测值,代谢能、赖氨酸和蛋氨酸为计算值。

Note: Premix is mainly consisted of minerals, vitamins and amino acids. CP, Ca and P contents are measured values; ME, Lys and Met contents are estimated values.

## 1.4 试验处理

选取1日龄青脚麻肉用雏鸡360只,随机分成4组:试验1组(对照)、试验2、3和4组,每组设3个重复,每个重复30只雏鸡。在基础日粮中添加抗生素(1~3周龄:吉他霉素预混剂50 mg/kg和盐霉素预混剂75 mg/kg;4~8周龄:吉他霉素预混剂10 mg/kg)后,饲喂对照组鸡;在基础日粮中添加肉桂醛预混剂40、80、120 mg/kg后,分别饲喂试验2、3和4组鸡。饲养试验周期56 d。饲养试验地点为安徽省农业科学院家禽养殖基地。

## 1.5 饲养管理

按照该品种肉用仔鸡的常规饲养管理方案饲养4组试验鸡:鸡1~3日龄时,舍温保持35℃,以后每天降低1℃,直至室温;在鸡1~7日龄时,每天24 h人工光照;7日龄后,自然光照辅以夜晚人工光照1 h。按照免疫规程给鸡免疫。鸡自由采食和饮水。

## 1.6 测定指标

### 1.6.1 鸡群健康状况观测

在整个饲养试验过程中,每天定时查看鸡群的健康状态,一旦发现异常,及时处理并详细记录。

### 1.6.2 鸡增重和饲料消耗量测定

分别在饲养试验开始、鸡21日龄和56日龄时,给空腹鸡(禁食12 h)称重,统计耗料量。计算各组鸡的平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料重质量分数( $F/G$ )。

### 1.6.3 鸡血清生化指标测定

在饲养试验结束时,从每个重复中,随机抽取2只(公鸡、母鸡各1只)空腹鸡,每组6只,共24只鸡,翅下静脉采血约10 mL,置于灭菌离心管中,在3 000 r/min转速下离心10 min后分离出血清,置于-20℃冰箱中冻存,待测;测定血糖(Glu)、血清中总蛋白(TP)、IgA、IgG、IgM、尿素氮(UN)含量,谷丙转氨酶(GPT)、谷草转氨酶(GOT)活性,总抗氧化力(T-AOC)等。从南京建成生化试剂公司购得试剂盒,并按照其介绍的方法测定上述血清生化指标。

### 1.6.4 肠道菌群测定

在无菌操作台上,将采过血的鸡剖腹分离出盲肠,称取0.5 g肠道内容物,加入已灭菌的10 mL规格的离心管中,并加入无菌生理盐水4.5 mL,充分摇匀后,进行 $10^{-5}$ 和 $10^{-6}$ 倍比例稀释,每个稀释度2个重复;进行菌种涂布,用MRS培养基培养乳酸

杆菌,用MAC培养基培养大肠杆菌;将培养皿(含菌液和培养基)放入37℃恒温培养箱中分别培养36和24 h后,取出计数细菌。用 $\lg[(CFU)/g]$ 表示每克肠道内容物中细菌数量。

### 1.6.5 鸡肉品质测定

采过血的鸡屠宰后,取鸡胸肌肉,用于测定以下指标:

①pH:取肉样后,立即测肉样的pH,记为 $pH_1$ 。再将肉样于4℃冰箱中冷藏24 h后,立即测量肉样pH,记为 $pH_{24}$ 。

②肉色:将肉样于4℃冰箱中冷藏24 h后,测定其亮度( $L^*$ )、红度( $a^*$ )和黄度( $b^*$ )。

③失水率:将肉样切成长1.0 cm×宽1.0 cm×厚0.5 cm小块,称重,记为 $W_1$ ,而后将小块肉样放在上、下2层纱布之间,再上、下各垫18层滤纸,夹于铁板中,加压至35 kg保持5 min,撤除压力后,称重肉样,记为 $W_2$ 。计算肌肉失水率。

## 1.7 数据分析

以“平均值±标准差”(Mean±SD)表示试验数据。用SPSS 19.0统计软件,进行单因子方差分析,用Duncan氏法进行多重比较各组间平均数的差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 试验鸡群健康状况

在饲养试验期间,未发现各组鸡有异常情况,鸡群健康状况良好。

### 2.2 各组鸡增重及采食量测定结果

本试验测定了肉用仔鸡的平均日增重和平均日采食量等指标,测定结果见表2。在1~3周龄时,试验2、3和4组鸡的平均日增重较对照组分别提高10.18%、8.57%和6.89%;但各组鸡的平均日采食量无显著差异。试验2组的料重质量分数指标最好,显著低于对照组。试验4组的料重质量分数指标较好,也显著低于对照组。

在4~8周龄时,试验3和4组鸡的平均日增重高于对照组和试验2组,但差异不显著。各组鸡的平均日采食量和料重质量分数的差异也不显著。

在整个饲养周期即1~8周龄时,试验3组鸡的平均日增重显著高于对照组,较对照组提高5.68%。试验3组的料重质量分数( $2.14 \pm 0.17$ )也达到最低,但与其他组比较,差异不显著。

表 2 各组鸡的增重与采食量

Table 2 Weight gain and feed intake of broilers in different groups

阶段 Stage	项目 Item	对照组 Control	试验 2 组 Group 2	试验 3 组 Group 3	试验 4 组 Group 4
1~3 周龄 1-3 weeks of age	平均日增重/g ADG	14.93±0.58 b	16.45±0.45 a	16.21±0.47 a	15.96±0.11 a
	平均日采食量/g ADFI	24.66±1.87 a	24.82±1.47 a	25.26±0.44 a	24.39±0.36 a
	M(料) : M(增重)	1.65±0.07 a	1.51±0.05 b	1.56±0.06 ab	1.53±0.01 b
4~8 周龄 4-8 weeks of age	平均日增重/g ADG	30.25±1.60 a	30.25±1.07 a	31.96±0.91 a	31.40±1.02 a
	平均日采食量/g ADFI	73.49±3.69 a	74.98±1.03 a	75.72±8.76 a	76.88±2.50 a
	M(料) : M(增重)	2.42±0.07 a	2.50±0.04 a	2.31±0.24 a	2.40±0.02 a
1~8 周龄 1-8 weeks of age	平均日增重/g ADG	24.97±0.71 b	25.52±0.74 ab	26.39±1.03 a	25.85±0.72 ab
	平均日采食量/g ADFI	54.87±4.09 a	56.03±1.54 a	56.66±5.26 a	57.39±1.68 a
	M(料) : M(增重)	2.25±0.06 a	2.26±0.03 a	2.14±0.17 a	2.20±0.01 a

注：同行比较，标注相同小写字母，表示差异不显著( $P>0.05$ )；标注不同小写字母，表示差异显著( $P<0.05$ )。表 3,4 和 5 同。

Notes: Same lowercase letters within same raw represent no significant differences ( $P>0.05$ ); Different lowercase letters represent significant differences ( $P<0.05$ ). The same in Tables 3,4 and 5.

2.3 各组鸡血清生化指标测定结果

本试验测定了肉用仔鸡 9 项血清生化指标，测

定结果如表 3 所示：试验 3、4 组鸡血清谷丙转氨酶 (GPT) 活性都显著低于对照组，分别较对照组降低

表 3 不同处理鸡的血清生化指标( $n=6$ )

Table 3 Biochemical parameters in the serum of broilers in different treatment group ( $n=6$ )

项目 Item	对照组 Control	试验 2 组 Group 2	试验 3 组 Group 3	试验 4 组 Group 4
谷丙转氨酶活性/(U/L) GPT	2.13±1.13 a	1.72±0.47 ab	1.20±0.50 b	0.81±0.31 b
谷草转氨酶活性/(U/L) GOT	215.60±30.32 a	201.36±22.46 ab	205.60±25.85 ab	195.62±9.54 b
血糖/(mmol/L) Glu	11.04±0.86 a	11.48±0.98 a	11.21±1.21 a	10.71±0.92 a
总蛋白/(g/L) TP	31.04±4.74 b	35.49±5.47 a	33.22±4.78 ab	34.46±4.2 ab
尿素氮/(mmol/L) UN	0.37±0.11 a	0.28±0.02 b	0.32±0.05 ab	0.28±0.04 b
总抗氧化能力/(U/mL) T-AOC	2.07±0.24 a	1.97±0.32 a	1.87±0.25 a	1.86±0.27 a
IgA/(g/L)	0.29±0.16 bAB	0.23±0.09 B	0.38±0.08 aA	0.23±0.04 B
IgG/(g/L)	1.09±0.60 b	1.65±0.54 ab	1.76±0.43 a	1.82±0.32 a
IgM/(g/L)	0.55±0.13 C	1.48±0.60 bAB	2.11±0.61 aA	2.20±0.11 aA

注：同行不同大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ )。

Note: Different capital letters within same raw represent significant differences ( $P<0.01$ ).

43.66%、61.97%；试验4组鸡血清谷草转氨酶(GOT)活性显著低于对照组,较对照组降低9.27%；试验2组鸡血清总蛋白显著高于对照组,较对照组提高14.34%；试验2、4组鸡血清尿素氮显著低于对照组,两者较对照组降低24.32%；试验3组鸡血清IgA显著高于对照组,较对照组提高31.03%；试验3、4组鸡血清IgG显著高于对照组,分别较对照组提高61.47%和

66.97%；试验2、3、4组鸡血清IgM极显著高于对照组,分别较对照组提高169.09%、283.64%和300.00%；各组鸡的血糖、总抗氧化能力无显著的差异。

## 2.4 鸡肠道菌群测定结果

本试验测定了鸡的鸡肠道菌群,测定结果如表4所示。可见,各组鸡肠道内大肠杆菌和乳酸菌的数量均无显著的差异。

表4 鸡肠道大肠杆菌和乳酸菌测定( $n=6$ )

Table 4 Intestinal flora of broilers ( $n=6$ )

项目 Item	对照组 Control	试验2组 Group 2	试验3组 Group 3	试验4组 Group 4
大肠杆菌/(Lg[(CFU)/g]) <i>E. coli</i>	7.65±0.62 a	7.60±0.65 a	7.40±0.25 a	7.66±0.40 a
乳酸菌/(Lg[(CFU)/g]) <i>Lactobacillus</i>	8.24±0.39 a	8.36±0.34 a	8.37±0.44 a	8.23±0.35 a

## 2.5 鸡肉品质测定结果

本试验测定了鸡的肉质指标,测定结果如表5所示:试验3、4组鸡胸肌失水率显著低于对照组,分

别较对照组降低17.21%、14.10%；试验2、3、4组鸡胸肌的pH<sub>1</sub>、pH<sub>24</sub>、L\* (亮度)、a\* (红度)、b\* (黄度)与对照组无显著的差异。

表5 鸡肉品质( $n=6$ )

Table 5 Chicken meat quality ( $n=6$ )

项目 Item	对照组 Control	试验2组 Group 2	试验3组 Group 3	试验4组 Group 4
失水率/% Water loss rate	22.90±5.97 a	21.81±4.91 ab	18.96±5.12 b	19.67±5.44 b
pH <sub>1</sub>	6.30±0.11 a	6.30±0.11 a	6.33±0.10 a	6.37±0.08 a
pH <sub>24</sub>	6.20±0.00 a	6.23±0.08 a	6.20±0.00 a	6.23±0.08 a
亮度 L*	50.93±2.97 a	50.49±1.03 a	49.51±2.51 a	50.89±1.20 a
红度 a*	12.23±0.61 a	12.62±1.36 a	12.70±1.39 a	12.40±1.11 a
黄度 b*	9.49±1.57 a	9.21±1.43 a	9.06±2.27 a	9.91±0.72 a

## 3 讨论与结论

### 3.1 肉桂醛对肉用仔鸡增重与饲料利用效率的影响

本试验中,鸡在生长前期(1~3周龄),试验2、3和4组鸡的平均日增重较对照组分别提高10.18%、8.57%和6.89%。表明肉桂醛对肉用仔鸡的保健、促生长效果好于抗生素吉他霉素和盐霉素。鸡在生长后期(4~8周龄),试验3和4组鸡的平均日增重高于对照组,但差异不显著。这表明,此

阶段的鸡抗病能力增强,因而对保健剂肉桂醛和抗生素的依赖性减小。肉桂醛对肉用仔鸡的保健促生长效果仍好于抗生素吉他霉素。各组鸡的平均日采食量和料重质量分数的差异不显著。从饲养全期(1~8周龄)来看,试验3组鸡的平均日增重显著高于对照组,较对照组提高5.68%。试验3组的料重质量分数(2.14±0.17)最低,试验4组的料重质量分数(2.20±0.01)也较低。由此可见,基于增重与饲料利用效率的指标推断,肉桂醛对肉用仔鸡的保

健促生长效果好于抗生素;肉桂醛预混剂在肉用仔鸡日粮中的适宜添加量为 80 mg/kg。邱殿锐等<sup>[10]</sup>在罗斯 308 肉用仔鸡日粮中添加肉桂醛制剂,鸡的日增重显著提高,料重质量分数也显著下降,并认为肉桂醛制剂在罗斯 308 肉用仔鸡日粮中添加量 100 mg/kg 为最好。其研究结果与本试验的结果相似。徐小明等<sup>[11]</sup>研究证明,肉桂醛辣椒素制剂可替代肉鸡日粮中的杆菌肽锌。本研究团队曾用肉桂醛制剂替代保育猪<sup>[6]</sup>和生长前期猪<sup>[7]</sup>饲料中抗生素,可显著降低保育猪和生长前期猪的腹泻率和腹泻指数,2 个阶段猪的增重显著提高,饲料转化率也不同程度的提高。

### 3.2 肉桂醛对肉用仔鸡血清生化和免疫指标的影响

谷丙转氨酶和谷草转氨酶主要存在于肝脏、心脏等脏器细胞内,在血液中含量少。如果这两酶在血液中含有较多,或活性较高,则说明肝脏、心脏等脏器的细胞膜结构完整性较差,因而两酶溢出到胞外的量较多。本试验中,试验 3、4 组鸡血清谷丙转氨酶活性都显著低于对照组,分别较对照组降低 43.66%、61.97%;试验 4 组鸡血清谷草转氨酶(GOT)活性显著低于对照组,较对照组降低 9.27%,说明肉桂醛可较好地保护肝脏、心脏等脏器的细胞膜结构稳定。周明等<sup>[6]</sup>的试验结果表明,肉桂醛制剂可显著降低保育猪血清谷丙转氨酶的活性。申书婷等<sup>[7]</sup>通过研究发现,肉桂醛制剂可显著或极显著提高血清过氧化氢酶、超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶活性和总抗氧化能力,降低血清丙二醛含量。Song 等<sup>[12]</sup>的试验结果表明,肉桂醛能增强鼠心肌组织的超氧化物歧化酶活性,减少丙二醛含量。Castillo 等<sup>[13]</sup>发现,肉桂醛具有抗氧化作用,可保护肠绒毛免受毒素、自由基的破坏,从而增大肠绒毛高度。肉桂醛作为一种还原性物质,可保护肝脏、心脏等脏器细胞膜的结构和功能。

本试验中,试验 3 组鸡血清 IgA 显著高于对照组,较对照组提高 31.03%;试验 3、4 组鸡血清 IgG 显著高于对照组,分别较对照组提高 61.47%和 66.97%;试验 2、3、4 组鸡血清 IgM 极显著高于对照组,分别较对照组提高 169.09%、283.64%和 300.00%。这些结果充分地证明,肉桂醛能促进鸡体合成免疫球蛋白。申书婷等<sup>[7]</sup>的试验证明,被肉桂醛制剂处理的各试验组猪血清 IgG、猪瘟抗体、蓝耳病抗体圆环病毒抗体、口蹄疫抗体和伪狂犬病抗体含量都不同程度地高于对照组,多数指标达到显

著的水平。杜银峰<sup>[14]</sup>研究证明肉桂醛制剂能提高肉用仔鸡血清免疫球蛋白含量。刘洋等<sup>[15]</sup>通过试验发现,肉桂醛可显著增加鸡瘟抗体滴度,极显著提高胸腺和脾脏指数。

血清总蛋白浓度可反映动物的蛋白质营养状况<sup>[16]</sup>。血清总蛋白浓度高,能显示动物的蛋白质营养状况较好。本试验中,试验 2 组鸡血清总蛋白含量显著高于对照组,较对照组提高 14.34%。试验 3、4 组鸡血清总蛋白含量也高于对照组,尽管未达到显著的水平。其可能原因是:用肉桂醛制剂处理的试验 2、3、4 组鸡免疫机能较强,健康状况较好,因而蛋白质等营养物质合成(同化)代谢增强,所以鸡血清总蛋白含量较高;试验 2、4 组鸡血清尿素氮显著低于对照组,两者较对照组降低 24.32%(表 3)。在保育猪<sup>[6]</sup>和生长前期猪<sup>[7]</sup>中试验证明,肉桂醛制剂可显著提高猪血清总蛋白含量。张成喜等<sup>[17]</sup>的试验研究表明,肉桂醛能显著提高荷斯坦奶牛血清总蛋白和胰岛素含量,并显著降低血清尿素氮含量。

### 3.3 肉桂醛对肉用仔鸡肠道菌群的影响

肠道是动物的消化器官,也是免疫器官,时刻监测并清除有害菌,维持动物的正常生命活动。动物健康时,肠道内益生菌是优势菌群,可作为肠黏膜的天然保护屏障,能阻止或减少外来有害菌对肠道的威胁,抑制致病菌的定植和增殖。刘洋等<sup>[15]</sup>通过试验发现,肉桂醛可显著增加罗斯 308 肉用仔鸡的盲肠内双歧杆菌和乳酸杆菌数量,显著减少大肠杆菌数量;显著增大十二指肠、空肠的绒毛高度,显著减小十二指肠、空肠的隐窝深度。Tiihonen 等<sup>[8]</sup>报道,肉桂醛可增加肉鸡消化道内益生菌的数量。Jamroz 等<sup>[9]</sup>的试验研究证明,肉桂醛可促进肉鸡后段消化道内乳酸杆菌的增殖,并使得大肠杆菌数量减少。但是,本试验中,用肉桂醛处理的试验 2、3、4 组肉鸡肠道内大肠杆菌和乳酸菌数量与对照组比较,并无显著的差异,有待于进一步研究。

### 3.4 肉桂醛对鸡肉品质的影响

目前,关于肉桂醛对鸡肉品质影响的研究较少。肖世平等<sup>[18]</sup>曾报道,植物精油肉桂醛对鸡肉品质无显著的影响。但是,本试验研究结果表明,试验 3 和 4 组鸡的胸肌失水率显著低于对照组,分别较对照组降低 17.21%和 14.10%。肉桂醛对鸡肉品质产生积极作用的可能是肌肉中的蛋白质是带有净负电荷的物质,可吸附较多的水。肌肉水分损失量与其系水力成反比,肌肉系水力大时,其水分损失量

少,因而多汁、鲜嫩,表面干爽;肌肉系水力小时,肉表面有水渗出,因而肌肉水分损失多<sup>[19-20]</sup>。肉桂醛是一种还原性物质,可保护包括肌肉等组织的结构稳定。接受肉桂醛处理的鸡的胸肌组织结构稳定性较强,系水力较大,因此失水率显著地降低。

综上所述,肉桂醛能促进肉用仔鸡的生长,改进营养生化代谢,增强鸡体免疫功能,提高鸡肉品质;肉桂醛在肉用仔鸡中的应用效果好于抗生素;肉桂醛预混剂在肉用仔鸡日粮中的适宜添加量为 80~120 mg/kg。

## 参考文献 References

- [1] 周明,张靖,申书婷,王欢,李泽阳,陈征义. 姜黄素在育肥猪中应用效果的研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(3): 67-73  
Zhou M, Zhang J, Shen S T, Wang H, Li Z Y, Chen Z Y. The applied effects of curcumin in finishing swine[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2014, 29(3): 67-73 (in Chinese)
- [2] 周明,陈征义,申书婷. 肉桂醛的制备方法和生物学功能[J]. 动物营养学报, 2014, 26(8): 2040-2045  
Zhou M, Chen Z Y, Shen S T. Manufacturing methods and biological functions of cinnamaldehyde[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(8): 2040-2045 (in Chinese)
- [3] 陈立平,张慧萍,陈光,王淑湘,刘月霞,谭宏,刘蕾. 肉桂油成分分析及肉桂醛体外抗肿瘤活性研究[J]. 中国微生物学杂志, 2012, 24(4): 327-330  
Chen L P, Zhang H P, Chen G, Wang S X, Liu Y X, Tan H, Liu L. Analysis of cinnamon oil composition and the anti-cancer effect of cinnamaldehyde[J]. *Chinese Journal of Microecology*, 2012, 24(4): 327-330 (in Chinese)
- [4] 王帆,杨静东,王春梅,石志琦. 肉桂醛对大肠杆菌和绿脓杆菌的作用机制[J]. 江苏农业学报, 2011, 27(4): 888-892  
Wang F, Yang Q D, Wang C M, Shi Z Q. Inhibitory effect of cinnamaldehyde against *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*[J]. *Jiangsu Journal of Agriculture Science*, 2011, 27(4): 888-892 (in Chinese)
- [5] 张明发,沈雅琴. 肉桂的药理作用及温里功效[J]. 陕西中医, 1995, 16(1): 39-42  
Zhang M F, Shen Y Q. Pharmacology and efficacy of cinnamon [J]. *Shaanxi Journal of Traditional Chinese Medicine*, 1995, 16(1): 39-42 (in Chinese)
- [6] 周明,王恩典,汪炳红,陈征义,邹应龙,申书婷,何冰,丁华林. 肉桂醛替代保育猪饲料中金霉素、杆菌肽锌[J]. 动物营养学报, 2016, 28(7): 2106-2112  
Zhou M, Wang E D, Wang B H, Chen Z Y, Zou Y L, Shen S T, He B, Ding H L. Substitution of cinnamyl aldehyde for aureomycin and bacitracin zinc in nursery pig diet[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(7): 2106-2112 (in Chinese)
- [7] 申书婷,陈征义,王恩典,何冰,丁华林,周明. 肉桂醛制剂替代生长前期猪饲料中抗生素的作用效果[J]. 中国兽医学报, 2015, 35(12): 2054-2060  
Shen S T, Chen Z Y, Wang E D, He B, Ding H L, Zhou M. A substitution effect of cinnamyl aldehyde preparation for antibiotics in growing pigs[J]. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 2015, 35(12): 2054-2060 (in Chinese)
- [8] Tiihonen K, Kettunen H, Bento M H L, Saarinen M, Lahtinen S. The effect of feeding essential oils on broiler performance and gut microbiota[J]. *British Poultry Science*, 2010, 51(3): 381-392
- [9] Jamroz D A, Wiliczkievicz A, Wertelecki T, Orda J, Skorupińska J. Use of active substances of plant origin in chicken diets on maize and locally grown cereals[J]. *British Poultry Science*, 2005, 46(4): 485-493
- [10] 邱殿锐,郭建军,刘洋,赵伍祥,臧素敏,赵国军,金晓东,刘瑞臣. 肉桂醛对肉鸡生产性能及营养物质消化率的影响[J]. 中国家禽, 2013, 35(7): 27-30  
Qiu D R, Guo J J, Liu Y, Zhao W X, Zang S M, Zhao G J, Jin X D, Liu R C. Effects of dietary cinnamaldehyde on growth performance and apparent digestion rate of nutrient substance in broilers[J]. *China Poultry*, 2013, 35(7): 27-30 (in Chinese)
- [11] 徐小明,杜银峰,闫俊书,宦海琳,周维仁. 几种抗生素替代品对肉鸡生长性能及器官指数的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(6): 187-190  
Xu X M, Du Y F, Yan J S, Huan H L, Zhou W R. Effects of several antibiotics substitutes on growth performance and organ index of broilers[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2015, 43(6): 187-190 (in Chinese)
- [12] Song F, Li H, Sun J Y, Wang S W. Protective effects of cinnamic acid and cinnamic aldehyde on isoproterenol-induced acute myocardial ischemia in rats[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2013, 150(1): 125-130
- [13] Castillo M, Martín-Ortué S M, Roca M, Manzanilla E G, Badiola I, Perez J F, Gasa J. The response of gastrointestinal microbiota to avilamycin, butyrate, and plant extracts in early-

- weaned pigs[J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(10): 2725-2734
- [14] 杜银峰. 几种饲用抗生素替代产品对肉鸡生长、消化和免疫性能的影响[D]. 扬州:扬州大学, 2013
- Du Y F. Study on the effects of substitutes for antibiotics on the performance, digestive and immune function in broiler[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2013 (in Chinese)
- [15] 刘洋, 臧素敏, 李同洲, 杨静, 郭建军, 赵伍祥. 肉桂醛对肉鸡肠道菌群、肠道结构及营养物质消化率的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2013, 49(13): 65-68
- Liu Y, Zang S M, Li T Z, Yang J, Guo J J, Zhao W X. Effects of cinnamaldehyde on intestinal microflora, intestinal structure and digestibility of nutrient digestibility[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2013, 49(13): 65-68 (in Chinese)
- [16] 周明. 动物营养学教程[M]. 北京:化学工业出版社, 2014
- Zhou M. *Animal Nutrition Tutorial* [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2014 (in Chinese)
- [17] 张成喜, 滕乐帮, 刘晓, 孙国强. 肉桂醛对奶牛血液生化指标和养分消化率的影响[J]. 中国饲料, 2017(15): 8-11
- Zhang C X, Ten L B, Liu X, Sun G Q. Effects of cinnamaldehyde on blood biochemical parameters and nutrient digestibility in dairy cows[J]. *China Feed*, 2017(15): 8-11 (in Chinese)
- [18] 肖世平, 徐昊翔, 姚佳. 植物精油在畜牧业中的应用[J]. 饲料广角, 2016, (15): 44-47
- Xiao S P, Xu H X, Yao J. Application of plant essential oils in animal husbandry[J]. *Feed Wide Angle*, 2016, (15): 44-47 (in Chinese)
- [19] 周明, 王欢, 李泽阳. 猪肉品质的影响因素与改良措施[J]. 养猪, 2013(2): 65-69
- Zhou M, Wang H, Li Z Y. Influencing factors and improving measures of pork quality[J]. *Swine Production*, 2013(2): 65-69 (in Chinese)
- [20] 张靖, 周明, 王井亮, 陈征义. 姜黄素替代猪饲料中抗菌药物喹啉酮对抗体合成和猪肉品质的影响[J]. 饲料工业, 2011, 32(22): 4-7
- Zhang J, Zhou M, Wang J L, Chen Z Y. Effect of substitution of curcumin for quinocetone in diet fed to finishing pigs on the antibody synthesis and the meat quality[J]. *Feed Industry*, 2011, 32(22): 4-7 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东