

# 不同桉树精油添加水平对笼养白羽肉鸡生长性能、免疫机能和抗氧化机能的影响

秦国栋<sup>1</sup> 谭子超<sup>1</sup> 周东<sup>2</sup> 孙强<sup>3</sup> 李金宝<sup>4</sup> 王述柏<sup>1\*</sup>

(1.青岛农业大学动物科技学院,青岛 266000;2.山东民和牧业股份有限公司,蓬莱 265600;3.青岛市即墨区畜牧发展服务中心,青岛 266000;4.山东龙昌动物保健品有限公司,德州 253000)

**摘要:** 本试验旨在探究饲料中添加不同水平桉树精油对笼养白羽肉鸡生长性能、免疫机能和抗氧化机能的影响。选择300只1日龄爱拔益加肉鸡公雏,随机分为6组,每组5个重复,每个重复10只鸡。I组为对照组,饲喂基础饲料;II~VI组分别在基础饲料中添加50、75、100、125和150 mg/kg桉树精油,试验期42 d。结果表明:1)1~21日龄,II~V组肉鸡21日龄时平均体重显著或极显著高于I组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ ),III组和IV组肉鸡平均日增重极显著高于I组( $P<0.01$ ),II~VI组料重比显著或极显著低于I组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ ),III组、IV组料重比极显著低于VI组( $P<0.01$ );1~42日龄,IV组肉鸡42日龄时平均体重显著高于I组( $P<0.05$ ),IV组肉鸡平均日增重显著高于I组( $P<0.05$ ),IV组料重比显著低于I组( $P<0.05$ )。2)各组之间肉鸡脾脏指数、法氏囊指数和血清新城疫抗体效价无显著差异( $P>0.05$ )。3)21日龄时,V组肉鸡血清总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性显著或极显著高于I~III组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ ),VI组肉鸡血清T-SOD活性显著高于I组( $P<0.05$ );II~VI组肉鸡血清谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性显著或极显著高于I组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ );IV~VI组肉鸡血清丙二醛(MDA)含量极显著低于I组( $P<0.01$ ),V组肉鸡血清MDA含量显著或极显著低于II组、III组、IV组和VI组( $P<0.05$ )。42日龄时,V组肉鸡血清T-SOD活性最高,显著或极显著高于I组和II组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ ),IV组和VI组显著高于I组( $P<0.05$ );IV组肉鸡血清GSH-Px活性显著高于I组( $P<0.05$ );IV组和V组肉鸡血清MDA含量显著或极显著低于I~III组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ ),III组和VI组显著或极显著低于I组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ )。4)回归分析显示,饲料中添加95.25~105.00 mg/kg桉树精油,肉鸡生长前期(1~21日龄)生长性能最佳;饲料中添加105.83~115.00 mg/kg桉树精油,肉鸡生长后期(22~42日龄)生长性能最佳;肉鸡抗氧化机能最佳的桉树精油添加水平,生长前期为151.13~205.60 mg/kg,生长后期(22~42日龄)为93.38~158.57 mg/kg。综上所述,在饲料中添加适宜水平的桉树精油可显著提高笼养白羽肉鸡生长性能和抗氧化机能,饲料中桉树精油适宜添加水平为105.00 mg/kg。

**关键词:** 桉树精油;白羽肉鸡;生长性能;免疫机能;抗氧化机能

中图分类号:S816.7

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)03-1408-10

近年来,有关植物精油在动物生产中的研究和应用报道日渐增多。植物精油是一类来源于植

物的花、叶、茎、根或果实的次生代谢产物,分子量较小,在动物体内吸收代谢快、无毒无残留,具有

收稿日期:2020-08-24

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD0501403-2.2);山东省现代农业产业技术体系家禽产业创新团队建设项目(SDAIT-11-14)

作者简介:秦国栋(1996—),男,山东威海人,硕士研究生,动物科学专业。E-mail: 1127218939@qq.com

\*通信作者:王述柏,教授,硕士生导师,E-mail: wshubai@163.com

促进动物生长、消炎杀菌及抗氧化等功效<sup>[1-4]</sup>,有望成为促生长类抗生素替代品,是近年来国内外的研究热点。植物精油因其来源不同且成分复杂,所以功能各异,已知的植物精油有 3 000 多种,主要成分包括萜烯类、芳香族、脂肪族和含氮含硫类等化合物<sup>[4]</sup>。桉树精油由桉树枝叶通过蒸馏法萃取而得,桉树精油的大量生产始于 20 世纪 60 年代,用途广泛<sup>[5]</sup>。桉树精油主要成分为 1,8-桉树脑、芦丁等黄酮类物质,临床证明其具有抗菌消炎的功效<sup>[6]</sup>,有报道桉树精油可以通过消除羟基自由基从而改善炎症症状<sup>[7]</sup>。有关桉树精油在我国畜禽养殖领域的应用研究起步较晚,目前报道多见于抑菌、杀虫作用方面<sup>[5,8-9]</sup>,其他方面的研究鲜见报道。因此,本试验旨在研究富含 1,8-桉树脑成分的桉树精油对笼养白羽肉鸡生长性能、免疫机能和抗氧化机能的影响,以期获得其对肉鸡的作用效果及适宜添加水平,为其推广应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

桉树精油产品由山东某公司提供,以澳大利亚潍州天然野生桉树叶为原料提取,桉树精油含量 $\geq 5\%$ ,其主要活性成分为 1,8-桉树脑,含量 $\geq 85\%$ 。

### 1.2 试验设计

试验选用 300 只 1 日龄爱拔益加(AA)商品白羽肉鸡公雏,随机分为 6 组,每组设 5 个重复,每个重复 10 只鸡。I 组为对照组,饲喂基础饲料;II~VI 组为试验组,分别在基础饲料中添加 50、75、100、125 和 150 mg/kg 的桉树精油。试验期 42 d。

### 1.3 试验饲料和饲养管理

肉鸡采用 3 层笼养,饲养期间自由采食和饮水,按照白羽肉鸡常规饲养管理程序进行管理。按常规免疫程序进行免疫:7 日龄采用滴鼻点眼方式进行鸡新城疫、传染性支气管炎二联活疫苗(La Sota 株+QXL87 株)免疫,14 日龄采用饮水免疫方式进行鸡传染性法氏囊病活疫苗(B87 株)免疫,21 日龄采用滴鼻点眼方式进行鸡新城疫活疫苗(La Sota 株)免疫(疫苗均购于易邦生物工程有限公司)。基础饲料参考 NY/T 33—2004《鸡饲养标准》营养标准配制,其组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

项目 Items	1~21 日龄 1 to 21 days of age	22~42 日龄 22 to 42 days of age
	%	
原料 Ingredients		
玉米 Corn	59.30	61.00
麸皮 Wheat bran	0.20	0.20
豆粕 Soybean meal	24.40	22.00
玉米蛋白粉 Corn protein meal	8.40	8.00
油粕粉 Oil meal	2.50	4.50
L-赖氨酸 L-Lys	0.50	0.20
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.20	0.10
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	2.30	2.05
石粉 Limestone	1.00	0.80
食盐 NaCl	0.20	0.15
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.59	12.94
粗蛋白质 CP	21.56	20.10
钙 Ca	1.00	0.86
总磷 TP	0.68	0.62
非植酸磷 NPP	0.52	0.47
蛋氨酸 Met	0.51	0.41
赖氨酸 Lys	1.28	0.98

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 10 000 IU, VD<sub>3</sub> 2 740 IU, VE 10 IU, VK<sub>3</sub> 3.0 mg, VB<sub>1</sub> 0.50 mg, VB<sub>2</sub> 9.0 mg, VB<sub>6</sub> 2 mg, VB<sub>12</sub> 10 mg, 叶酸 folic acid 0.20 mg, 尼克酰胺 nicotinamide 35 mg, 泛酸 pantothenic acid 10 mg, Mn (as manganese sulfate) 130 mg, Fe (as ferrous sulfate) 80 mg, Zn (as zinc sulfate) 100 mg, Cu (as copper sulfate) 6.50 mg, Se (as sodium selenite) 0.30 mg, I (as potassium iodide) 0.4 mg。

2) 粗蛋白质、钙和总磷为实测值,其余均为计算值。CP, Ca and TP were measured values, while the others were calculated values.

### 1.4 指标检测与方法

#### 1.4.1 生长性能

分别于出壳当天、试验第 21 天和第 42 天,以重复为单位对试验鸡进行空腹称重,准确记录各阶段采食量。计算 1~21 日龄、22~42 日龄及 1~42 日龄的平均日增重、平均日采食量和料重比。

#### 1.4.2 免疫机能

##### 1.4.2.1 血清新城疫抗体效价

于试验第 42 天,从每组每重复中随机取 1 只

鸡,翅静脉采血,4 000 r/min 离心分离血清,-20 ℃冷冻待测。采用血凝-血凝抑制(HA-HI)试验检测血清新城疫抗体效价<sup>[10]</sup>。

#### 1.4.2.2 免疫器官指数

于试验第42天,从每组每重复中选择体重接近其所在重复平均体重的肉鸡1只,颈部放血宰杀,解剖取法氏囊和脾脏,准确称重,计算免疫器官指数。

免疫器官指数(g/kg)=器官重(g)/活体重(kg)。

#### 1.4.3 抗氧化功能指标

于试验第21天,从每组每重复中随机取1只鸡心脏采血;于试验第42天,从每组每重复中随机取1只鸡翅静脉采血,血清采集方法同1.4.2.1。采用TECAN SPARK酶标仪及试剂盒测定血清总超氧化物歧化酶(T-SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性及丙二醛(MDA)含量。试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

### 1.5 数据处理与统计分析

对试验数据采用Excel 2016软件进行初步处理,采用SPSS 20.0软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),采用Duncan氏法进行组间多重比较和差异显著性分析,结果以“平均值±标准差”表示。 $P<0.05$ 为差异显著, $P<0.01$ 为差异极显著。采用Excel 2016软件进行桉树精油添加水平与效应之间的二次回归分析,计算最佳值。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同桉树精油添加水平对肉鸡生长性能的影响

不同桉树精油添加水平对肉鸡生长性能的影响见表2,由表可知,1~21日龄,Ⅱ~Ⅴ组肉鸡21日龄时平均体重显著或极显著高于Ⅰ组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ ),Ⅳ组肉鸡平均日增重最高,Ⅱ~Ⅵ组肉鸡平均日增重之间无显著差异( $P>0.05$ ),Ⅱ~Ⅵ组分别较Ⅰ组提高了14.10% ( $P<0.05$ )、19.00% ( $P<0.01$ )、19.60% ( $P<0.01$ )、14.17% ( $P<0.05$ )和10.79% ( $P>0.05$ );各组肉鸡平均日采食量无显著差异( $P>0.05$ );Ⅱ~Ⅵ组料重比显著或极显著低于Ⅰ组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ ),Ⅳ组料重比最低,Ⅲ组次之,Ⅲ组、Ⅳ组极显著低于Ⅵ组( $P<0.01$ )。22~42日龄,Ⅳ组肉鸡42日龄时平均体重显著高于Ⅰ组( $P<0.05$ ),各组间肉鸡平均日增重、平均日采食量和料重比无显著差异( $P>0.05$ )。

1~42日龄,Ⅱ~Ⅵ组肉鸡平均日增重均不同程度高于Ⅰ组,其中Ⅳ组显著高于Ⅰ组( $P<0.05$ );Ⅱ~Ⅵ组料重比均低于Ⅰ组,其中Ⅳ组显著低于Ⅰ组( $P<0.05$ );各组间平均日采食量无显著差异( $P>0.05$ )。

随着桉树精油添加水平的升高,1~21日龄和1~42日龄肉鸡平均日增重呈现先上升后下降趋势,料重比则呈现先下降后上升的趋势,剂量效应明显。桉树精油添加水平与生长性能指标的二次回归分析结果(表3)表明,饲料中桉树精油的添加水平分别为95.25和105.83 mg/kg时,1~21日龄和1~42日龄肉鸡可获得最高平均日增重,分别为38.00和53.87 g/d;饲料中桉树精油的添加水平分别为105.00和115.00 mg/kg时,1~21日龄和1~42日龄肉鸡可获得最低料重比,分别为1.24和1.55。

### 2.2 不同桉树精油添加水平对肉鸡免疫机能的影响

不同桉树精油添加水平对肉鸡免疫机能的影响见表4,由表可知,Ⅱ~Ⅵ组肉鸡血清新城疫抗体效价、脾脏指数和法氏囊指数均略高于Ⅰ组,但各组间差异不显著( $P>0.05$ )。

### 2.3 不同桉树精油添加水平对肉鸡抗氧化机能的影响

不同桉树精油添加水平对肉鸡抗氧化机能的影响见表5,由表可知,21和42日龄时,肉鸡血清T-SOD活性随桉树精油添加水平升高均呈升高趋势。21日龄时,Ⅴ组肉鸡血清T-SOD活性显著或极显著高于Ⅰ~Ⅲ组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ ),Ⅵ组显著高于Ⅰ组( $P<0.05$ );42日龄时,Ⅴ组肉鸡血清T-SOD活性最高,显著或极显著高于Ⅰ组和Ⅱ组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ ),Ⅳ组和Ⅵ组显著高于Ⅰ组( $P<0.05$ )。21和42日龄时,Ⅱ~Ⅵ组肉鸡血清GSH-Px活性均不同程度高于Ⅰ组,21日龄时,Ⅱ~Ⅵ组显著或极显著高于Ⅰ组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ );42日龄时,Ⅳ组显著高于Ⅰ组( $P<0.05$ )。21和42日龄时,Ⅱ~Ⅵ组肉鸡血清MDA含量均不同程度低于Ⅰ组,21日龄时,Ⅳ~Ⅵ组极显著低于Ⅰ组( $P<0.01$ ),Ⅴ组最低,与Ⅱ组差异极显著( $P<0.01$ ),与Ⅲ组、Ⅳ组和Ⅵ组差异显著( $P<0.05$ );42日龄时,Ⅳ组和Ⅴ组显著或极显著低于Ⅰ~Ⅲ组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ ),Ⅲ组和Ⅵ组显著或极显著低于Ⅰ组( $P<0.05$ 或 $P<0.01$ )。

表 2 不同桉树精油添加水平对肉鸡生长性能的影响  
Table 2 Effects of different supplemental levels of eucalyptus essential oil on growth performance of broilers

项目 Items	组别 Groups					
	I	II	III	IV	V	VI
平均体重	681.45±48.86 <sup>Aa</sup>	771.10±85.51 <sup>ABb</sup>	802.05±58.83 <sup>Bb</sup>	806.05±10.8 <sup>Bb</sup>	771.20±31.73 <sup>ABb</sup>	749.90±53.45 <sup>A<sup>AB</sup>B<sup>ab</sup></sup>
ABW/g	2 117.77±9.13 <sup>a</sup>	2 224.95±63.06 <sup>ab</sup>	2 214.48±55.07 <sup>ab</sup>	2 267.93±54.31 <sup>b</sup>	2 218.98±50.85 <sup>ab</sup>	2 206.32±163.86 <sup>ab</sup>
平均日增重	1~21 日龄 31.69±2.44 <sup>Aa</sup>	36.16±4.28 <sup>ABb</sup>	37.71±2.94 <sup>Bb</sup>	37.90±0.54 <sup>Bb</sup>	36.18±1.59 <sup>ABb</sup>	35.11±2.67 <sup>ABab</sup>
ADG/(g/d)	22~42 日龄 68.40±2.27	69.23±2.06	67.26±2.00	69.61±2.47	68.94±3.27	69.35±6.53
平均日采食量	1~42 日龄 50.49±0.22 <sup>a</sup>	53.10±1.54 <sup>ab</sup>	52.84±1.34 <sup>ab</sup>	54.15±1.32 <sup>b</sup>	52.96±1.24 <sup>ab</sup>	52.65±4.00 <sup>ab</sup>
ADFI/(g/d)	1~21 日龄 46.33±3.71	48.11±5.73	48.42±4.10	48.06±2.74	48.02±1.56	48.69±4.40
料重比	22~42 日龄 124.78±12.20	124.57±9.08	120.98±7.05	126.25±13.73	128.67±2.71	122.00±10.53
F/G	1~42 日龄 85.18±6.11	85.07±4.60	83.50±3.52	84.82±6.58	86.28±0.86	84.49±6.76
	1~21 日龄 1.46±0.03 <sup>Bc</sup>	1.33±0.02 <sup>ABab</sup>	1.29±0.09 <sup>Aa</sup>	1.27±0.07 <sup>Aa</sup>	1.33±0.04 <sup>ABab</sup>	1.39±0.03 <sup>Bb</sup>
	22~42 日龄 1.83±0.21	1.80±0.13	1.80±0.11	1.81±0.14	1.87±0.11	1.76±0.10
	1~42 日龄 1.69±0.12 <sup>b</sup>	1.60±0.05 <sup>ab</sup>	1.58±0.08 <sup>ab</sup>	1.57±0.09 <sup>a</sup>	1.63±0.05 <sup>ab</sup>	1.61±0.06 <sup>ab</sup>

同行数据肩标相同小写字母或无字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ ), 肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ), 肩标不同大写字母表示差异极显著 ( $P<0.01$ )。下表同。  
In the same row, values with the same small letter or no letter superscripts mean no significant difference ( $P>0.05$ ), while with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ), and with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P<0.01$ ). The same as below.

表 3 桉树精油添加水平与生长性能指标的二次回归分析结果  
Table 3 Quadratic regression analysis results of eucalyptus essential oil supplemental level and growth performance indices

项目 Items	回归方程 Regression equation	P 值 P-value	R <sup>2</sup>	最適添加水平 Optimal supplemental level (x)/(mg/kg)	最佳效应 The best effect (y)
1~21 日龄平均日增重	$y = -0.000 7x^2 + 0.133 4x + 31.644$	0.003	0.977 5	95.29	38.00
1~21 日龄料重比 F/G	$y = 0.000 02x^2 - 0.004 2x + 1.464 6$	0.005	0.972 0	105.00	1.24
1~42 日龄平均日增重	$y = -0.000 3x^2 + 0.063 5x + 50.512$	0.040	0.882 8	105.83	53.87
1~42 日龄料重比 F/G	$y = 0.000 01x^2 - 0.002 3x + 1.687$	0.070	0.829 8	115.00	1.55

表4 不同桉树精油添加水平对肉鸡免疫机能的影响

Table 4 Effects of different supplemental levels of eucalyptus essential oil on immune function of broilers

项目 Items	组别 Groups					
	I	II	III	IV	V	VI
血清新城疫抗体效价 Serum Newcastle disease antibody titer/log2	7.00±0.71	7.20±0.45	7.80±0.45	7.60±0.89	7.40±0.55	7.60±0.55
脾脏指数 Spleen index/(g/kg)	1.76±0.53	1.90±0.23	1.93±0.45	1.95±0.10	2.00±0.56	1.87±0.24
法氏囊指数 Bursa of Fabricius index/(g/kg)	0.47±0.02	0.45±0.01	0.52±0.04	0.57±0.24	0.50±0.05	0.49±0.03

随着桉树精油添加水平的升高,21和42日龄肉鸡血清GSH-Px和T-SOD活性均呈现逐渐上升然后下降趋势,血清MDA含量则呈现逐渐下降然后上升趋势。桉树精油添加水平与抗氧化机能指标的二次回归分析结果(表6)表明,饲料中桉树精油的添加水平分别为151.13、205.60和

188.00 mg/kg时,21日龄肉鸡可获得最高血清GSH-Px和T-SOD活性以及最低血清MDA含量;饲料中桉树精油的添加水平分别为93.38、139.12和158.57 mg/kg时,42日龄肉鸡可获得最高血清GSH-Px和T-SOD活性以及最低血清MDA含量。

表5 不同桉树精油添加水平对肉鸡抗氧化机能的影响

Table 5 Effects of different supplemental levels of eucalyptus essential oil on antioxidant function of broilers

项目 Items	日龄 Days of age	组别 Groups					
		I	II	III	IV	V	VI
总超氧化物 歧化酶 T-SOD/(U/mL)	21	120.72 ±6.94 <sup>Aa</sup>	122.65 ±7.03 <sup>ABab</sup>	123.29 ±4.95 <sup>ABab</sup>	127.18 ±8.69 <sup>ABabc</sup>	133.69 ±3.42 <sup>Bc</sup>	130.87 ±4.16 <sup>ABbc</sup>
	42	132.26 ±8.39 <sup>Aa</sup>	137.02 ±8.94 <sup>ABab</sup>	140.08 ±9.00 <sup>ABabc</sup>	144.25 ±4.35 <sup>ABbc</sup>	147.30 ±5.80 <sup>Bc</sup>	145.78 ±2.94 <sup>ABbc</sup>
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	21	866.21 ±72.45 <sup>Aa</sup>	999.66 ±44.09 <sup>ABb</sup>	1 029.18 ±30.32 <sup>Bb</sup>	1 040.27 ±64.15 <sup>Bb</sup>	1 105.29 ±126.7 <sup>Bb</sup>	1 080.38 ±38.79 <sup>Bb</sup>
	42	958.69 ±44.38 <sup>a</sup>	1 000.06 ±55.82 <sup>ab</sup>	1 017.02 ±60.39 <sup>ab</sup>	1 048.62 ±31.82 <sup>b</sup>	1 037.44 ±51.08 <sup>ab</sup>	988.78 ±30.84 <sup>ab</sup>
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	21	6.61 ±0.63 <sup>Cc</sup>	6.24 ±0.72 <sup>BCbc</sup>	5.54 ±0.56 <sup>ABCb</sup>	5.50 ±0.44 <sup>ABb</sup>	4.65 ±0.73 <sup>Aa</sup>	5.46 ±0.28 <sup>ABb</sup>
	42	7.04 ±0.55 <sup>Cd</sup>	6.68 ±0.63 <sup>BCbcd</sup>	5.97 ±0.75 <sup>ABCbc</sup>	5.50 ±0.74 <sup>Aa</sup>	5.11 ±0.31 <sup>Aa</sup>	5.79 ±0.38 <sup>ABab</sup>

### 3 讨论

#### 3.1 不同桉树精油添加水平对肉鸡生长性能的影响

据报道,天然1,8-桉树脑存在于200余种天然植物挥发油中,是迷迭香精油、百里香精油以及桉树精油的主要组成部分<sup>[11-13]</sup>。刘大林等<sup>[14]</sup>研究表明,饲料添加迷迭香精油对京海黄鸡生长性能无显著影响;Mueller等<sup>[15]</sup>研究表明,饲料添加

0.15 g/kg的百里香和迷迭香精油,有提高罗斯308肉鸡体增重和饲料转化率的趋势;朱晓磊等<sup>[16]</sup>研究表明,在饲料中添加百里香精油可显著提高22~42日龄麻花鸡平均日增重,降低料重比;Mathlouthi等<sup>[17]</sup>研究表明,基础饲料中添加100 mg/kg迷迭香精油(含49.99%的1,8-桉树脑)、50 mg/kg迷迭香和50 mg/kg牛至精油混合物、1 000 mg/kg的市售精油混合物(主要成分为肉桂醛和1,8-桉树脑),肉鸡体增重和饲料转化

率均显著高于无添加的对照组,作用效果等同于抗生素对照组(添加阿维霉素促生长剂),因此认为上述精油均可以替代生长促进剂类抗生素;Nameghi 等<sup>[18]</sup>也报道,饮用水中添加 150 mg/L 混合物精油(由百里香精油、薄荷油和桉树精油组成)可显著提高罗斯 308 肉鸡的体增重和饲料转化率;Al-Fataftah 等<sup>[19]</sup>报道,与对照组相比,在 AA 肉鸡饮用水中添加 100 mg/L 的桉树提取物能够显著提高体增重,降低料重比;Barbour 等<sup>[20]</sup>研究表明,在饮用水中添加主要成分为 1,8-桉叶醇和  $\alpha$ -蒎烯的桉树和薄荷油的商品混合物显著提高了

肉鸡的生长性能;Mashayekhi 等<sup>[21]</sup>研究表明,饲料添加 0.5% 的桉叶粉显著提高了罗斯 308 肉鸡 26~42 日龄和 1~42 日龄的体增重,降低了料重比。本试验结果表明,饲料添加 50~125 mg/kg 的桉树精油可显著提高 1~21 日龄肉鸡的平均日增重,显著降低料重比;饲料添加 100 mg/kg 桉树精油可显著提高 1~42 日龄肉鸡平均日增重,显著降低料重比。本试验所用桉树精油的主要成分为 1,8-桉树脑,其可能是改善肉鸡生长性能的主要活性物质,其促生长作用机制有待进一步研究。

表 6 桉树精油添加水平与抗氧化机能指标的二次回归分析结果

Table 6 Quadratic regression analysis results of eucalyptus essential oil supplemental level and antioxidant function indices

项目 Items	日龄 Days of age	回归方程 Regression equation	P 值 P-value	$R^2$	最适添加水平 Optimal supplemental level (x)/(mg/kg)	最佳效应 The best effect (y)
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	21	$y=0.009 6x^2+2.901 7x+868.28$	0.007	0.96	151.13	1 087.55
	42	$y=-0.009 1x^2+1.699 6x+951.94$	0.090	0.80	93.38	1 031.30
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	21	$y=-0.000 5x^2+0.205 6x+112.50$	0.194	0.81	205.60	133.64
	42	$y=-0.001 2x^2+0.333 9x+122.71$	0.045	0.95	139.12	145.93
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	21	$y=0.000 2x^2-0.058 5x+8.596$	0.126	0.75	188.00	4.96
	42	$y=0.000 3x^2-0.075 9x+9.726$	0.087	0.80	158.57	5.44

### 3.2 不同桉树精油添加水平对肉鸡免疫机能的影响

免疫器官指数是衡量肉仔鸡免疫功能的指标之一<sup>[22]</sup>。朱晓磊等<sup>[23]</sup>研究表明,百里香精油提高了麻花鸡的胸腺指数,但脾脏指数降低;Nameghi 等<sup>[18]</sup>也报道,随着饮水中百里香、薄荷和桉树精油添加水平提高,罗斯 308 肉鸡血清中新城疫抗体效价呈线性增长,并且当饮水中添加 150 mg/L 百里香、薄荷和桉树精油的混合精油时显著提高了罗斯 308 肉鸡胸腺和法氏囊指数;Mashayekhi 等<sup>[21]</sup>研究表明,饲料添加 0.5% 的桉叶粉显著提高了罗斯 308 肉鸡的法氏囊指数;但熊娟等<sup>[24]</sup>研究表明,植物精油(肉桂醛、香芹酚、百里香酚、丁香酚、薄荷和桉叶油)与酸化剂(主要由柠檬酸、乳酸、磷酸及富马酸等组成)组合对肉仔鸡胸腺指数以及脾脏指数均无显著影响。本试验结果表明,饲料添加 50~150 mg/kg 桉树精油可使肉鸡脾脏指数、法氏囊指数和血清新城疫抗体效价略高于对照组,但无统计意义上的差异显著性,这可能是

本试验所用的添加水平未达到显著提高上述免疫指标所需剂量,有关桉树精油对其他免疫指标的影响及其作用机制有待进一步研究。

### 3.3 不同桉树精油添加水平对肉鸡抗氧化机能的影响

研究表明,植物精油具有较强的抗氧化作用,可以减少因氧化应激导致的细胞凋亡和损伤<sup>[22]</sup>。王兰等<sup>[25]</sup>研究表明,使用 200 mg/kg 百里香酚、丁香酚和肉桂醛组成的复合精油可以显著提高肉鸡血清 T-SOD 活性;刘大林等<sup>[14]</sup>研究表明,150 mg/kg 的迷迭香精油显著提高了京海黄鸡血清 GSH-Px 和 T-SOD 活性,显著降低了血清 MDA 含量;Mueller 等<sup>[15]</sup>研究表明,饲料添加 0.15 g/kg 的姜油、牛至油、百里香和迷迭香精油可提高罗斯 308 肉鸡空肠和肝脏的 Trolox 当量抗氧化能力,并减少二价铁离子( $Fe^{2+}$ )诱导的肝脏脂质过氧化作用;Ahlem 等<sup>[26]</sup>研究表明,在小鼠饮水中添加桉叶提取物,能够提高肝脏和肾脏中过氧化氢酶、T-SOD 和 GSH-Px 的活性,降低脂质过氧化水平。

El-Ghorab 等<sup>[27]</sup>研究表明,采用水蒸气蒸馏法从赤桉叶中提取的精油抗氧化效果显著,可作为天然抗氧化剂。此外,据报道,1,8-桉树脑、樟脑和 $\beta$ -蒎烯等成分相互协同作用,能更好地发挥抗氧化活性<sup>[28]</sup>;五叶子精油中含有少量 1,8-桉树脑成分<sup>[29]</sup>;而五味子精油能够上调成肌细胞核因子 E2 相关因子 2(Nrf2) 的蛋白表达,从而提高抗氧化酶活性,降低动物机体氧化损伤<sup>[30]</sup>。有关桉树精油对肉鸡抗氧化机能的影响研究报道较少。本试验结果表明,饲料添加一定量的桉树精油显著降低了肉鸡血清 MDA 含量,显著提高肉鸡血清 GSH-Px 和 T-SOD 活性,这说明桉树精油能够提高肉鸡抗氧化能力,其提高抗氧化酶活性的分子作用机制有待进一步研究。

## 4 结 论

① 在饲料中添加适宜水平的桉树精油可显著提高笼养白羽肉鸡生长性能和抗氧化机能。

② 饲料添加 50~125 mg/kg 桉树精油可显著提高 1~21 日龄肉鸡生长性能,饲料添加 100 mg/kg 桉树精油可使 1~42 日龄肉鸡获得最佳的生长性能;饲料添加 50~150 mg/kg 桉树精油可显著提高 21 日龄肉鸡抗氧化机能,饲料添加 75~150 mg/kg 桉树精油可显著提高 22~42 日龄肉鸡抗氧化机能;饲料添加 50~150 mg/kg 桉树精油有提高肉鸡免疫器官指数和血清新城疫抗体效价的趋势。

③ 结合回归结果综合分析,笼养白羽肉鸡饲料中桉树精油适宜添加水平为 105.00 mg/kg。

## 参考文献:

- [ 1 ] 燕磊,朱正鹏,李星晨,等.植物精油在肉鸡生产中应用的研究进展[J].中国家禽,2017,39(6):45-48.  
YAN L,ZHU Z P,LI X C, et al. Research advances on application of plant essential oil in diets for broiler production[J]. Chinese Poultry, 2017, 39(6): 45-48. (in Chinese)
- [ 2 ] 赵亚星,敖长金.植物精油的生理功能和作用机制及其在动物生产应用的研究进展[J/OL].中国畜牧杂志[2020-11-18]. <https://doi.org/10.19556/j.0258-7033.20200519-06>.  
ZHAO Y X, AO C J. Advances in physiological function and mechanism of essential oil and its application in animal production[J/OL]. Chinese Journal of Animal Science [2020-11-18]. <https://doi.org/10.19556/j.0258-7033.20200519-06>. (in Chinese)
- [ 3 ] 侯玉洁,张建刚,孙建勇,等.植物精油在畜禽生产中的研究进展[J].饲料博览,2012(10):39-43.  
HOU Y J, ZHANG J G, SUN J Y, et al. Research progress of essential oil in livestock and poultry industry[J]. Feed Review, 2012(10): 39-43. (in Chinese)
- [ 4 ] 赵琛,丁健,李艳玲.植物精油的生物活性及其在畜禽免疫上的应用[J].动物营养学报,2020,32(9):4070-4077.  
ZHAO C, DING J, LI Y L. Bioactivity of plant essential oil and its application in animal immunity[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(9): 4070-4077. (in Chinese)
- [ 5 ] 郑嘉琪,陈少雄.我国桉树用途概述[J].桉树科技,2017,34(3):42-46.  
ZHENG J Q, CHEN S X. A discussion on utilization of eucalyptus in China[J]. Eucalypt Science & Technology, 2017, 34(3): 42-46. (in Chinese)
- [ 6 ] 李光友,徐建民,范菊香.桉叶油的药理作用及其临床研究进展[J].安徽农业科学,2014,42(12):3602-3603.  
LI G Y, XU J M, FAN J X. Clinical research progress and pharmacological effect of eucalyptus oil[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(12): 3602-3603. (in Chinese)
- [ 7 ] GRASSMANN J, HIPPELI S, DORNISCH K, et al. Antioxidant properties of essential oils. Possible explanations for their anti-inflammatory effects[J]. Arzneimittel-Forschung, 2000, 50(2): 135-139.
- [ 8 ] 杨巧丽.桉叶粗提物脂肪酸成分及抗菌、抗氧化试验研究[D].硕士学位论文.长沙:中南林业科技大学,2013.  
YANG Q L. Fatty acids composition analysis and antimicrobial & antioxygenic activity of eucalyptus extraction[D]. Master's Thesis. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2013. (in Chinese)
- [ 9 ] 赵宇宁,张皓冰.桉树提取物及其化学成分的抗原虫作用[J].中国寄生虫学与寄生虫病杂志,2016,34(2):171-178.  
ZHAO Y N, ZHANG H B. Antiprotozoal activities of eucalyptus extracts and their chemical components[J]. Chinese Journal of Parasitology and Parasitic Diseases, 2016, 34(2): 171-178. (in Chinese)
- [ 10 ] 黄艳玲,孙淑兰.血凝(HA)-血凝抑制(HI)试验操作要点[J].湖北畜牧兽医,2016,37(12):22-23.

- HUANG Y L, SUN S L. Operation points of hemagglutination (HA)-hemagglutination inhibition (HI) test [J]. Hubei Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2016, 37(12): 22-23. (in Chinese)
- [11] 毕良武, 赵振东, 李冬梅, 等. 迷迭香抗氧化剂和精油综合提取技术研究(Ⅲ)——超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法 [J]. 林产化学与工业, 2007, 27(6): 8-12.
- BI L W, ZHAO Z D, LI D M, et al. Study on comprehensive extraction of antioxidant and essential oil from rosemary (Ⅲ)—supercritical CO<sub>2</sub> extraction [J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2007, 27(6): 8-12. (in Chinese)
- [12] 刘星. 百里香精油提取、抗氧化活性、护肝作用及其应用的研究 [D]. 硕士学位论文. 西安: 陕西师范大学, 2018.
- LIU X. Study on extraction, antioxidant activity, liver protection and its application of thyme essential oil [D]. Master's Thesis. Xi'an: Shanxi Normal University, 2018. (in Chinese)
- [13] 张美翠, 赵瑞英, 阮永明. 茶树和桉树精油杀虫剂对扶桑绵粉蚧的毒力测定 [J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2016, 39(1): 70-73.
- ZHANG M C, ZHAO R Y, RUAN Y M. Toxicity of tea tree oils and eucalyptus oils to *Phenacoccus solenopsis* Tinsley [J]. Journal of Zhejiang Normal University (Natural Science), 2016, 39(1): 70-73. (in Chinese)
- [14] 刘大林, 王奎, 杨俊俏, 等. 迷迭香精油对京海黄鸡生长性能、肉品质及抗氧化指标影响的研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2014, 50(11): 65-68.
- LIU D L, WANG K, YANG J Q, et al. Effects of rosemary essential oil on growth performance, meat quality and antioxidant indices of *Jinghai* yellow chicken [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2014, 50(11): 65-68. (in Chinese)
- [15] MUELLER K, BLUM N M, KLUGE H, et al. Influence of broccoli extract and various essential oils on performance and expression of xenobiotic- and antioxidant enzymes in broiler chickens [J]. British Journal of Nutrition, 2012, 108(4): 588-602.
- [16] 朱晓磊, 刘文骁, 陈宏. 百里香精油对麻花鸡生长性能、血清蛋白和细胞因子的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2014, 41(10): 95-100.
- ZHU X L, LIU W X, CHEN H. Effect of thyme essential oil on growth performance, serum protein and cytokine of *Mahua* broilers [J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2014, 41(10): 95-100. (in Chinese)
- [17] 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]. Journal of Animal Science, 2012, 90(3): 813-823.
- [18] NAMEGHI A H, EDALATIAN O, BAKHSHALINE-JAD R. Effects of a blend of thyme, peppermint and eucalyptus essential oils on growth performance, serum lipid and hepatic enzyme indices, immune response and ileal morphology and microflora in broilers [J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2019, 103(5): 1388-1398.
- [19] AL-FATAFTAH A R, ABDELQADER A. Effect of *Salix babylonica*, *Populus nigra* and *Eucalyptus camaldulensis* extracts in drinking water on performance and heat tolerance of broiler chickens during heat stress [J]. American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science, 2013, 13(10): 1309-1313.
- [20] BARBOUR E K, BRAGG R R, KARROUF G, et al. Control of eight predominant *Eimeria* spp. involved in economic coccidiosis of broiler chicken by a chemically characterized essential oil [J]. Journal of Applied Microbiology, 2015, 118(3): 583-591.
- [21] MASHAYEKHI H, MAZHARI M, ESMAELIPOUR O. Eucalyptus leaves powder, antibiotic and probiotic addition to broiler diets; effect on growth performance, immune response, blood components and carcass traits [J]. Animal, 2018, 12(10): 2049-2055.
- [22] 王自力, 鲁琳, 朱晓宇, 等. 中药复方对鸡免疫器官指数及 *IL-2* 表达的动态影响 [J]. 中国兽医科学, 2007, 37(6): 543-546.
- WANG Z L, LU L, ZHU X Y, et al. Effects of Chinese materia medica on the indexes of immune organs and expression of *IL-2* in immune organs in chicken [J]. Veterinary Science in China, 2007, 37(6): 543-546. (in Chinese)
- [23] 朱晓磊, 祁凤华, 黄金涛, 等. 百里香精油对麻花鸡生长性能及免疫器官指数的影响 [J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2013, 31(1): 43-47.
- ZHU X L, QI F H, HUANG J T, et al. Effect of dietary thyme essential oil on growth performance and immune organ indices in *Mahua* broiler chickens [J]. Journal of Shihezi University (Natural Science), 2013, 31(1): 43-47. (in Chinese)
- [24] 熊娟, 王标, 杨红军, 等. 植物精油以及与酸化剂组合

- 对肉鸡生长性能和免疫指标的影响[J].饲料工业, 2019,40(24):8-13.
- XIONG J, WANG B, YANG H J, et al. Effects of plant essential oil and acidifier on growth performance and immune index of broilers [J]. Feed Industry, 2019,40(24):8-13. (in Chinese)
- [25] 王兰,陈代文,余冰,等.植物精油对肉鸡生长性能、抗氧化能力和免疫机能的影响[J].动物营养学报, 2019,31(2):831-838.
- WANG L, CHEN D W, YU B, et al. Effects of essential oil on growth performance, antioxidant capacity and immune function of broilers [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019,31(2):831-838. (in Chinese)
- [26] AHLEM S, KHALED H, WAFI M, et al. Oral administration of *Eucalyptus globulus* extract reduces the alloxan-induced oxidative stress in rats [J]. Chemico-Biological Interactions, 2009, 181(1):71-76.
- [27] EL-GHORAB A, EL-MASSRY K F, ANJUM F M, et al. The chemical composition and antioxidant activity of essential oil of Pakistani *Eucalyptus camaldulensis* leaves [J]. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 2009,12(3):262-272.
- [28] 温朋飞,彭艳.植物精油抗氧化作用机制研究进展[J].饲料工业,2017,38(2):40-45.
- WEN P F, PENG Y. Research advances on antioxidant mechanism of plant essential oil [J]. Feed Industry, 2017,38(2):40-45. (in Chinese)
- [29] 刘长姣,张守勤,孟宪梅.五味子种子油脂和挥发油的成分分析[J].食品工业科技,2014,35(16):52-56.
- LIU C J, ZHANG S Q, MENG X M. Analysis of components in oil and volatile oil from seeds of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Bail. [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(16):52-56. (in Chinese)
- [30] KANG J S, HAN M H, KIM G Y, et al. Schisandrae semen essential oil attenuates oxidative stress-induced cell damage in C2C12 murine skeletal muscle cells through Nrf2-mediated upregulation of HO-1 [J]. International Journal of Molecular Medicine, 2015, 35(2):453-459.

## Effects of Different Supplemental Levels of Eucalyptus Essential Oil on Growth Performance, Immune Function and Antioxidant Function of Caged White Feathered Broilers

QIN Guodong<sup>1</sup> TAN Zichao<sup>1</sup> ZHOU Dong<sup>2</sup> SUN Qiang<sup>3</sup> LI Jinbao<sup>4</sup> WANG Shubai<sup>1\*</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266000, China; 2. Shandong Minhe Animal Husbandry Co., Ltd., Penglai 265600, China; 3. Animal Husbandry Development Service Center in Jimo District of Qingdao, Qingdao 266000, China; 4. Shandong Longchang Animal Health Products Co., Ltd., Dezhou 253000, China)

**Abstract:** The purpose of this experiment was to explore the effects of different supplemental levels of eucalyptus essential oil on growth performance, immune function and antioxidant function of caged white feathered broilers. A total of 300 Arbor Acres male broilers of one-day old were randomly divided into 6 groups with 5 replicates in each group and 10 chicks in each replicate. The broilers in the group I were fed a basal diet, and those in groups II to VI were fed the basal diet supplemented with 50, 75, 100, 125 and 150 mg/kg eucalyptus essential oil, respectively. The experiment lasted for 42 days. The results showed as follows: 1) from 1 to 21 days of age, the average body weight of broilers at 21 days of age in groups II to V was significantly or extremely significantly higher than that in group I ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ), the average daily gain of broilers in group III and group IV was extremely significantly higher than that in group I ( $P < 0.01$ ), the feed to gain ratio in groups II to VI was significantly or extremely significantly lower than that in group I ( $P < 0.05$  or  $P <$

\* Corresponding author, professor, E-mail: wshubai@163.com

0.01), and that in group III and group IV was extremely significantly lower than that in group VI ( $P < 0.01$ ). From 1 to 42 days of age, the average body weight of broilers at 42 days of age in group IV was significantly higher than that in group I ( $P < 0.05$ ), the average daily gain of broilers in group IV was significantly higher than that in group I ( $P < 0.05$ ), and the feed to gain ratio in group IV was significantly lower than that in group I ( $P < 0.05$ ). 2) There was no significant difference in spleen index, bursa of Fabricius index and serum Newcastle disease antibody titer of broilers among groups ( $P > 0.05$ ). 3) At 21 days of age, the serum total superoxide dismutase (T-SOD) activity of broilers in group V was significantly or extremely significantly higher than that in groups I to III ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ), and that in group VI was significantly higher than that in group I ( $P < 0.05$ ); the serum glutathione peroxidase (GSH-Px) activity of broilers in groups II to VI was significantly or extremely significantly higher than that in group I ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ); the serum malonaldehyde (MDA) content of broilers in groups IV to VI was extremely significantly lower than that in group I ( $P < 0.01$ ), and the serum MDA content of broilers in group V was significantly lower than that in group II, group III, group IV and group VI ( $P < 0.05$ ). At 42 days of age, the serum T-SOD activity of broilers in group V was the highest and was significantly or extremely significantly higher than that in group I and group II ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ), and that in group IV and group VI was significantly higher than that in group I ( $P < 0.05$ ); the serum GSH-Px activity of broilers in group IV was significantly higher than that in group I ( $P < 0.05$ ); the serum MDA content of broilers in group IV and group V was significantly or extremely significantly lower than that in groups I to III ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ), and that in group III and group VI was significantly or extremely significantly lower than that in group I ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ). 4) Regression analysis showed that dietary 95.25 to 105.00 mg/kg eucalyptus essential oil had the best effect on growth performance of broilers in the early growth stage (1 to 21 days of age), and dietary 105.83 to 115.00 mg/kg eucalyptus essential oil had the best effect on growth performance of broilers in the whole growth stage (1 to 42 days of age). The supplemental levels of eucalyptus essential oil obtaining the best antioxidant function of broilers were 151.13 to 205.60 mg/kg in the early growth stage and 93.38 to 158.57 mg/kg in the late growth stage (22 to 42 days of age). In conclusion, a suitable supplemental level of eucalyptus essential oil can significantly improve the growth performance and antioxidant function of the caged white feathered broilers, and the suitable supplemental level of eucalyptus essential oil is 105.00 mg/kg. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(3):1408-1417]

**Key words:** eucalyptus essential oil; white feathered broilers; growth performance; immune function; antioxidant function