

饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡生长性能、肠道健康和肉品质的影响

曾子悠^{1,2} 苟清碧^{3*} 古长松^{1,2} 黄李蓉^{1,2} 李彬^{1,2} 穆玉云⁴

谭权⁴ 李鹏⁴ 富相奎⁵ 朱正鹏^{1,2**}

(1.四川特瑞美生物科技有限公司,成都 610000;2.四川特驱农牧科技集团有限公司,成都 610207;3.西南科技大学
生命科学与工程学院,绵阳 621000;4.诺伟司国际贸易(上海)有限公司,上海 200080;

5.黑龙江省农业科学院,哈尔滨 150086)

摘要: 本试验旨在研究饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡生长性能、免疫器官指数、肠道健康和肉品质的影响。选取 630 只 1 日龄的麻黄肉鸡(母鸡),随机分为 3 个组,每个组 7 个重复,每个重复 30 只。对照组饲喂基础饲料,抗生素组在基础饲料中添加 15 mg/kg 亚甲基双水杨酸杆菌肽+20 mg/kg 阿维拉霉素,植物精油和酸化剂组(EOA 组)在基础饲料中添加 15 g/t 植物精油+250 g/t 酸化剂。试验期分为 4 个生长阶段:1~21 日龄、22~42 日龄、43~63 日龄和 64~84 日龄,共计 84 d。结果表明:1) 试验全期(1~84 日龄),EOA 组肉鸡末重相较于对照组显著提高($P<0.05$);1~21 日龄,EOA 组肉鸡末重相较于其他 2 组显著降低($P<0.05$),平均日增重相较于抗生素组显著降低($P<0.05$);22~42 日龄,EOA 组料重比相较于对照组显著降低($P<0.05$);43~63 日龄,EOA 组肉鸡末重和平均日采食量相较于抗生素组显著降低($P<0.05$)。2) 21 日龄时,EOA 组肉鸡法氏囊指数相较于对照组显著升高($P<0.05$);42 日龄时,EOA 组肉鸡法氏囊指数相较于抗生素组显著升高($P<0.05$)。3) 21 和 42 日龄时,与对照组相比,EOA 组肉鸡空肠隐窝深度显著降低($P<0.05$),绒毛高度/隐窝深度(V/C)值显著升高($P<0.05$);且 42 日龄时,EOA 组肉鸡空肠隐窝深度和 V/C 值均显著优于抗生素组($P<0.05$)。4) 63 日龄时,与对照组相比,EOA 组肉鸡胸肌剪切力显著降低($P<0.05$),胸肌 24 h 黄度值显著升高($P<0.05$);84 日龄时,EOA 组肉鸡胸肌蒸煮损失与其他 2 组相比显著降低($P<0.05$);63 日龄时,与对照组相比,EOA 组肉鸡腿肌剪切力显著降低($P<0.05$),腿肌滴水损失显著低于抗生素组($P<0.05$);84 日龄时,与对照组相比,EOA 组肉鸡腿肌剪切力、24 h 亮度值和蒸煮损失显著降低($P<0.05$),腿肌 45 min 红度值和 pH 显著升高($P<0.05$),腿肌 45 min 亮度值显著高于抗生素组($P<0.05$)。综上所述,饲料添加植物精油和酸化剂组合可以提高麻黄肉鸡生长性能,改善免疫器官指数、空肠形态和肉品质。

关键词: 麻黄肉鸡;植物精油;酸化剂;生长性能;肠道健康;肉品质

中图分类号: S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2021)06-3237-13

大量前人研究表明,酸化剂^[1]和植物提取物^[2-3]能提高畜禽的生长性能、改善畜产品品质

收稿日期:2020-11-24

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD0500402);成都市顶尖创新团队项目;成都市武侯区“诸葛精英计划”

作者简介:曾子悠(1994—),女,四川达州人,硕士,从事动物营养研究。E-mail: ziyouzeng@foxmail.com

* 同等贡献作者

** 通信作者:朱正鹏,正高级畜牧师,E-mail: zhuzp1980@foxmail.com

等,因此均有代替饲料中抗生素的可能。苯甲酸是酸化剂的一种,具有广谱抗菌性^[4]。研究表明,在白羽肉鸡饲料中添加苯甲酸能提高肉鸡的生长性能,改善肠道健康^[5-6]。香芹酚和百里香酚均具有抗氧化、抑菌和促进动物生长等作用^[7-8]。王兰^[9]研究表明,白羽肉鸡饲料中添加含百里酚、香芹酚和肉桂醛的混合精油能提高肉鸡的抗氧化能力和免疫机能,改善肉鸡肠道健康。精油和酸化剂作为功能性饲料添加剂应用于肉鸡生产中已越来越受到大众的关注。Basmacio ğ lu-Malayo ğ lu等^[10]研究表明,有机酸和植物精油组合使用能提高白羽肉鸡生长性能,改善肠道健康,且二者具有协同和加性效应。因此,植物精油复合物和酸化剂组合添加模式,可能为解决“禁抗”带来的问题提供了新的解决可能。目前关于植物精油和酸化剂在替代抗生素方面的研究主要集中于白羽肉鸡

上,关于黄羽肉鸡的研究相对较少,而植物精油复合物和酸化剂组合添加模式对黄羽肉鸡的研究更是未见报道。因此,本试验旨在研究饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡生长性能、免疫器官指数、肠道形态和肉品质的影响,评估其是否具有替代抗生素在麻黄肉鸡生产上的应用潜力,为生产实践提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验所用植物精油是含有香芹酚和百里香酚 2 种活性成分包被的分子组合,酸化剂是以包被苯甲酸为主的保护型有机酸组合。植物精油和酸化剂来源于某国际贸易有限公司。试验所用基础饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲料组成及营养水平 (干物质基础)
Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (DM basis) %

项目 Items	1~21 日龄 1 to 21 days of age	22~42 日龄 22 to 42 days of age	43~84 日龄 43 to 84 days of age
原料 Ingredients			
玉米 Corn	52.46	52.11	56.87
小麦粉 Wheat flour	5.00	8.00	8.00
玉米胚芽粕 Corn germ meal	3.00	5.00	5.00
麸皮 Wheat bran	3.00	4.00	4.00
膨化大豆 Extruded soybean	3.00		
豆粕 Soybean meal	24.76	19.86	15.01
棉籽粕 Cottonseed meal	3.00	4.00	4.00
豆油 Soybean oil	1.53	2.85	2.99
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.65	1.46	1.29
石粉 Limestone	0.97	1.02	1.05
矿物质预混料 Mineral premix ¹⁾	0.20	0.20	0.20
维生素预混料 Vitamin premix ²⁾	0.20	0.20	0.20
L-赖氨酸盐酸盐 L-lysine · HCl	0.26	0.33	0.37
DL-蛋氨酸 DL-methionine	0.23	0.23	0.23
L-色氨酸 L-tryptophan			0.02
L-苏氨酸 L-threonine	0.12	0.17	0.20
氯化胆碱 Choline chloride	0.15	0.10	0.10
植酸酶 Phytase	0.02	0.02	0.02
食盐 NaCl	0.25	0.25	0.25
碳酸氢钠 NaHCO ₃	0.20	0.20	0.20
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ³⁾			
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.02	12.21	12.40

续表 1

项目 Items	1~21 日龄 1 to 21 days of age	22~42 日龄 22 to 42 days of age	43~84 日龄 43 to 84 days of age
粗蛋白质 CP	20.80	18.80	16.80
钙 Ca	0.90	0.85	0.80
有效磷 AP	0.39	0.36	0.32
赖氨酸 Lys	1.16	1.08	0.93
蛋氨酸 Met	0.53	0.50	0.48
苏氨酸 Thr	0.85	0.81	0.77

1) 矿物元素预混料为每千克饲料提供 The mineral premix provided the following per kg of diets: Cu (CuSO₄ · 5H₂O) 10 mg, Fe (FeSO₄ · H₂O) 80 mg, Mn (MnSO₄ · H₂O) 110 mg, Zn (ZnSO₄ · H₂O) 100 mg, I (KI) 0.6 mg, Se (NaSe₂O₃) 0.35 mg。

2) 维生素预混料为每千克饲料提供 The vitamin premix provided the following per kg of diets: VA 9 500 IU, VD₃ 2 000 IU, VE 12 IU, VK 1.0 mg, VB₁ 1.3 mg, VB₂ 5.6 mg, 烟酸 niacin 68 mg, 泛酸 pantothenic acid 10 mg, VB₆ 2.8 mg, 生物素 biotin 0.10 mg, 叶酸 folic acid 0.9 mg, VB₁₂ 0.01 mg。

3) 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.2 试验设计

本试验选取 630 只 1 日龄的麻黄肉鸡(母鸡),随机分为 3 个组,每个组 7 个重复,每个重复 30 只。对照组饲喂基础饲料,抗生素组在基础饲料中添加 15 mg/kg 亚甲基双水杨酸杆菌肽+20 mg/kg阿维拉霉素,植物精油+酸化剂组在基础饲料中添加 15 g/t 植物精油+250 g/t 酸化剂。植物精油+酸化剂组中添加的植物精油和酸化剂等量替代基础饲料配方中的玉米,所有试验饲料使用同一批次原料且在相同的工艺条件下生产并抽样备检。试验期分为 4 个生长阶段:1~21 日龄、22~42 日龄、43~63 日龄和 64~84 日龄,共计 84 d。

1.3 饲养管理

试验在四川特瑞美生物科技有限公司肉鸡试验舍内进行,各处理的养殖设备和条件一致,肉鸡自由采食和饮水,正常执行饲养管理和免疫。

1.4 样品采集

于 21 和 42 日龄,每个重复选取 1 只接近平均体重的肉鸡屠宰,打开腹腔,迅速剥离肠道,剪取 2 cm空肠组织,置于 4%多聚甲醛溶液中固定,用于制作组织切片。于 63 和 84 日龄,每个重复选取 1 只接近平均体重的肉鸡屠宰,采集胸肌和腿肌用于测定肉品质。

1.5 测定指标和方法

1.5.1 生长性能

每阶段试验开始和结束时空腹 12 h 按重复称

重并记录,计算平均日增重(ADG);每日记录各重复采食量,计算平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G)。

1.5.2 肠道形态

空肠组织采用苏木精-伊红(HE)染色,具体测定方法参考胡均等^[11]的方法,电子光学显微镜(40×)观察拍照,采用 Image-Pro Plus 测定绒毛高度和隐窝深度,并计算绒毛高度/隐窝深度(V/C)值。

1.5.3 免疫器官指数

完整取出肉鸡脾脏、法氏囊和胸腺,剪去周边组织,滤纸擦去血液后称重,用以计算免疫器官指数。

免疫器官指数(g/kg)=免疫器官重(g)/活体重(kg)。

1.5.4 肉品质

于 63 和 84 日龄,每个重复选取 1 只接近平均体重的肉鸡屠宰,分别取左右两侧胸肌和腿肌用于测定肌肉 pH、肉色、滴水损失、蒸煮损失和剪切力,pH 采用 HI98163 微电脑酸度-氧化还原-温度测定仪(HANNA 公司,意大利)进行测定,肉色采用 Ci6X 分光光度计(X-Rite 公司,美国)进行测定,剪切力采用 MAQC-12 肉品剪切力测定仪(南京铭奥公司)进行测定采用。具体的测定方法参考 Zhu 等^[12]的方法。

1.6 数据统计与分析

试验数据使用 Excel 2019 进行初步计算处理

与整理,采用 SPSS 24.0 进行单因素方差分析 (one-way ANOVA),并用 Duncan 氏法进行多重比较, $P<0.05$ 为差异显著,结果以平均值和均值标准误差表示。

2 结 果

2.1 饲粮添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡生长性能的影响

由表 2 可知,试验全期(1~84 日龄),与对照组相比,抗生素组和植物精油+酸化剂组麻黄肉鸡末重显著提高($P<0.05$);但是,各组之间 ADFI、ADG 和 F/G 无显著差异($P>0.05$)。1~21 日龄,与对照组和抗生素组相比,植物精油+酸化剂组麻

黄肉鸡末重显著降低($P<0.05$);与对照组相比,抗生素组 ADFI 显著提高($P<0.05$);与抗生素组相比,植物精油+酸化剂组 ADG 显著降低($P<0.05$);各组之间 F/G 无显著差异($P>0.05$)。22~42 日龄,与对照组相比,抗生素组和植物精油+酸化剂组 F/G 显著降低($P<0.05$);各组之间末重、ADG 和 ADFI 无显著差异($P>0.05$)。43~63 日龄,与抗生素组相比,植物精油+酸化剂组麻黄肉鸡末重和 ADFI 显著降低($P<0.05$);各组之间 ADG 和 F/G 无显著差异($P>0.05$)。64~84 日龄,与对照组相比,抗生素组和植物精油+酸化剂组麻黄肉鸡末重显著提高($P<0.05$);各组之间 ADFI、ADG 和 F/G 无显著差异($P>0.05$)。

表 2 饲粮添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary plant essential oil and acidifier combination on growth performance of *Mahuang* broilers

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotics group	植物精油+酸化剂组 Plant essential oil and acidifier group	均值标准误 SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
1~84 日龄 1 to 84 days of age					
初重 Initial BW/g	46.81	46.79	46.81	0.23	1.000
末重 Final BW/g	2 544.75 ^b	2 576.42 ^a	2 563.13 ^a	17.65	<0.001
平均日采食量 ADFI/g	86.71	87.56	85.08	1.22	0.743
平均日增重 ADG/g	28.93	29.77	29.03	0.35	0.498
料重比 F/G	3.00	2.94	2.93	0.03	0.240
1~21 日龄 1 to 21 days of age					
初重 Initial BW/g	46.81	46.79	46.81	0.23	1.000
末重 Final BW/g	505.35 ^a	516.52 ^a	496.17 ^b	4.16	0.014
平均日采食量 ADFI/g	36.45 ^b	38.38 ^a	36.54 ^{ab}	0.33	0.014
平均日增重 ADG/g	21.72 ^b	22.65 ^a	21.87 ^b	0.18	0.021
料重比 F/G	1.68	1.70	1.71	0.01	0.152
22~42 日龄 22 to 42 days of age					
初重 Initial BW/g	505.35 ^{bc}	516.52 ^a	496.17 ^c	4.35	0.009
末重 Final BW/g	1 140.46	1 166.64	1 140.96	45.22	0.492
平均日采食量 ADFI/g	72.13	75.85	78.85	3.81	0.509
平均日增重 ADG/g	25.72	30.15	31.46	1.91	0.380
料重比 F/G	2.64 ^a	2.57 ^b	2.55 ^b	0.04	0.017
43~63 日龄 43 to 63 days of age					
初重 Initial BW/g	1 140.46	1 166.64	1 140.96	45.22	0.492
末重 Final BW/g	1 875.98 ^b	1 928.24 ^a	1 872.41 ^b	31.78	0.002
平均日采食量 ADFI/g	119.69 ^b	125.19 ^a	118.73 ^b	2.84	0.001
平均日增重 ADG/g	34.65	36.25	34.51	1.74	0.641
料重比 F/G	3.47	3.46	3.47	0.12	0.822
64~84 日龄 64 to 84 days of age					
初重 Initial BW/g	1 875.98 ^b	1 928.24 ^a	1 872.41 ^b	31.78	0.002

续表 2

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotics group	植物精油+酸化剂组 Plant essential oil and acidifier group	均值标准误 SEM	P 值 P-value
末重 Final BW/g	2 544.75 ^b	2 576.42 ^a	2 563.13 ^a	17.65	<0.001
平均日采食量 ADFI/g	128.12	128.36	126.79	1.08	0.247
平均日增重 ADG/g	31.47	32.89	33.08	0.97	0.052
料重比 F/G	4.08	3.90	3.85	0.07	0.058

同行数据肩标不同字母表示差异显著 ($P<0.05$), 相同字母或无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。下表同。

In the same row, values with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same letter or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2 饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡免疫器官指数的影响

由表 3 可知,21 日龄时,与对照组相比,植物精油+酸化剂组麻黄肉鸡法氏囊指数显著升高 ($P<0.05$);各组之间脾脏指数和胸腺指数无显著

差异 ($P>0.05$)。42 日龄时,与抗生素组相比,植物精油+酸化剂组麻黄肉鸡法氏囊指数显著升高 ($P<0.05$);各组之间脾脏指数和胸腺指数无显著差异 ($P>0.05$)。

表 3 饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡免疫器官指数的影响
Table 3 Effects of dietary plant essential oil and acidifier combination on immune organ indices of Mahuang broilers

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotics group	植物精油+酸化剂组 Plant essential oil and acidifier group	均值标准误 SEM	P 值 P-value
21 日龄 21 days of age					
脾脏指数 Spleen index	1.76	1.98	1.64	0.11	0.657
胸腺指数 Thymus index	5.66	5.03	5.47	0.18	0.325
法氏囊指数 Bursa of Fabricius index	2.64 ^b	3.57 ^a	3.27 ^a	0.12	0.002
42 日龄 42 days of age					
脾脏指数 Spleen index	1.67	1.44	1.80	0.05	0.102
胸腺指数 Thymus index	3.95	4.47	4.30	0.14	0.119
法氏囊指数 Bursa of Fabricius index	2.15 ^{ab}	1.97 ^b	2.82 ^a	0.09	0.005

2.3 饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡空肠形态的影响

由表 4 和图 1 可知,21 日龄时,与对照组相比,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡空肠隐窝深度显著降低 ($P<0.05$),V/C 值显著升高 ($P<0.05$)。42 日龄时,与对照组和抗生素组相比,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡空肠隐窝深度显著降低 ($P<0.05$),V/C 值显著升高 ($P<0.05$)。

2.4 饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡胸肌肉品质的影响

由表 5 可知,63 日龄时,与对照组相比,植物

精油和酸化剂组麻黄肉鸡胸肌剪切力显著降低 ($P<0.05$);与对照组和抗生素组相比,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡胸肌 24 h 黄度 (b^*) 值显著升高 ($P<0.05$)。84 日龄时,与对照组和抗生素组相比,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡胸肌蒸煮损失显著降低 ($P<0.05$)。

2.5 饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡腿肌肉品质的影响

由表 6 可知,63 日龄时,与对照组相比,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡腿肌剪切力显著降低 ($P<0.05$);与对照组相比,抗生素组麻黄肉鸡腿肌

pH_{24 h}显著提高 ($P<0.05$) ;与抗生素组相比,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡腿肌滴水损失显著降低 ($P<0.05$)。84 日龄时,与对照组相比,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡腿肌剪切力、蒸煮损失和24 h 亮度 (L^*) 值均显著降低 ($P<0.05$) ,45 min 红度 (a^*) 值和 pH_{45 min} 显著升高 ($P<0.05$) ;与抗生素组相比,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡腿肌 45 min L^* 值显著升高 ($P<0.05$)。

表 4 饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡空肠形态的影响

Table 4 Effects of dietary plant essential oil and acidifier combination on jejunal morphology of <i>Mahuang</i> broilers					
项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotics group	植物精油+酸化剂组 Plant essential oil and acidifier group	均值标准误 SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
21 日龄 21 days of age					
绒毛高度 Villus height/mm	1.08	1.06	1.21	0.02	0.084
隐窝深度 Crypt depth/mm	0.29 ^a	0.25 ^{ab}	0.20 ^b	0.01	<0.001
绒毛高度/隐窝深度 Villus height/crypt depth	3.72 ^c	4.23 ^{bc}	6.05 ^a	0.25	<0.001
42 日龄 42 days of age					
绒毛高度 Villus height/mm	1.28	1.28	1.34	0.02	0.127
隐窝深度 Crypt depth/mm	0.31 ^a	0.32 ^a	0.25 ^b	0.01	0.008
绒毛高度/隐窝深度 Villus height/crypt depth	4.12 ^b	4.00 ^b	5.36 ^a	0.12	0.002

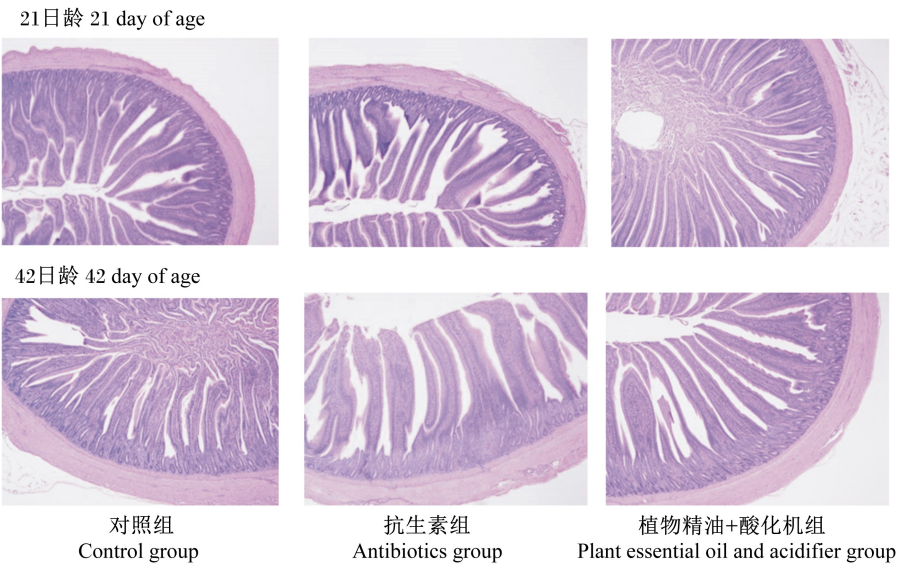


图 1 饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡空肠形态的影响

Fig.1 Effects of dietary plant essential oil and acidifier combination on jejunal morphology of *Mahuang* broilers (40×)

表 5 饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡胸肌肉品质的影响

Table 5 Effects of dietary plant essential oil and acidifier combination on meat quality in breast muscle of <i>Mahuang</i> broilers					
项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotics group	植物精油+酸化剂组 Plant essential oil and acidifier group	均值标准误 SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
63 日龄 63 days of age					
剪切力 Shear force/N	56.64 ^a	36.38 ^b	43.53 ^b	1.98	0.004

续表 5

项目 Items		对照组 Control group	抗生素组 Antibiotics group	植物精油+酸化剂组 Plant essential oil and acidifier group	均值标准误 SEM	P 值 P-value
45 min 肉色 Color at 45 min	亮度 L *	36.07	35.96	37.98	0.45	0.452
	红度 a *	3.28	3.63	3.68	0.15	0.209
	黄度 b *	15.10	13.92	15.85	0.29	0.331
24 h 肉色 Color at 24 h	亮度 L *	38.76	36.96	38.84	0.40	0.231
	红度 a *	1.78	3.47	2.52	0.35	0.085
	黄度 b *	12.38 ^b	12.13 ^b	15.17 ^a	0.19	<0.001
pH _{45 min}		5.41	5.42	5.34	0.07	0.179
pH _{24 h}		4.99	4.82	4.88	0.08	0.167
滴水损失 Drip loss/%		10.20	7.81	10.34	0.65	0.206
蒸煮损失 Cooking loss/%		17.49	15.26	12.37	0.49	0.241
84 日龄 84 days of age						
剪切力 Shear force/N		29.88	29.29	27.83	1.09	0.657
45 min 肉色 Color at 45 min	亮度 L *	41.58	40.77	40.29	0.35	0.245
	红度 a *	3.93	3.99	4.20	0.71	0.735
	黄度 b *	14.52	14.09	14.05	0.36	0.714
24 h 肉色 Color at 24 h	亮度 L *	36.55	34.93	35.85	0.11	0.292
	红度 a *	3.10	2.61	3.08	0.21	0.562
	黄度 b *	13.27	13.00	13.78	0.35	0.412
pH _{45 min}		5.65	5.70	5.85	0.08	0.074
pH _{24 h}		5.21	5.32	5.36	0.02	0.124
滴水损失 Drip loss/%		6.55	7.26	4.58	0.32	0.757
蒸煮损失 Cooking loss/%		15.81 ^a	15.52 ^a	10.62 ^b	0.08	0.004

表 6 饲粮添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡腿肌肉品质的影响

Table 6 Effects of dietary plant essential oil and acidifier combination on meat quality in leg muscle of *Mahuang* broilers

项目 Items		对照组 Control group	抗生素组 Antibiotics group	植物精油+酸化剂组 Plant essential oil and acidifier group	均值标准误 SEM	P 值 P-value
63 日龄 63 days of age						
剪切力 Shear force/N		24.72 ^a	19.53 ^b	20.30 ^b	0.97	0.009
45 min 肉色 Color at 45 min	亮度 L *	36.45	34.83	35.08	0.69	0.083
	红度 a *	8.08	6.02	7.43	0.51	0.148
	黄度 b *	16.91	14.34	15.66	0.43	0.398
24 h 肉色 Color at 24 h	亮度 L *	34.89	32.06	31.60	0.48	0.260
	红度 a *	5.80	6.50	7.84	0.49	0.122
	黄度 b *	12.59	14.52	17.79	0.39	0.074
pH _{45 min}		6.02	5.91	5.94	0.03	0.845
pH _{24 h}		5.68 ^b	5.89 ^a	5.82 ^{ab}	0.05	0.039
滴水损失 Drip loss/%		9.48 ^b	15.48 ^a	9.38 ^b	0.78	0.025
蒸煮损失 Cooking loss/%		13.65	16.51	11.66	0.53	0.129
84 日龄 84 days of age						
剪切力 Shear force/N		28.16 ^a	23.14 ^b	23.61 ^b	0.29	0.029

续表 6

项目		对照组	抗生素组	植物精油+酸化剂组	均值	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
Items		Control group	Antibiotics group	Plant essential oil and acidifier group	标准误 SEM	
45 min 肉色 Color at 45 min	亮度 L *	38.78 ^a	32.71 ^b	37.05 ^a	0.89	0.035
	红度 a *	7.58 ^b	10.62 ^a	10.04 ^a	0.91	0.009
	黄度 b *	15.89	18.87	16.97	0.41	0.113
24 h 肉色 Color at 24 h	亮度 L *	45.15 ^a	38.20 ^b	33.94 ^b	0.93	<0.001
	红度 a *	6.97	7.57	10.31	0.39	0.051
	黄度 b *	13.66	13.08	16.14	0.61	0.513
pH _{45 min}		6.12 ^b	6.45 ^a	6.56 ^a	0.04	0.011
pH _{24 h}		6.03	6.39	6.23	0.04	0.082
滴水损失 Drip loss/%		5.35	5.20	4.75	0.39	0.541
蒸煮损失 Cooking loss/%		19.43 ^a	8.24 ^b	11.20 ^b	1.10	<0.001

3 讨 论

3.1 饲粮添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡生长性能的影响

苯甲酸是一种弱有机酸,近年关于苯甲酸对肉鸡生长性能的研究较少,且报道结论并不一致。户陆女^[13]研究表明,饲粮添加 6 g/kg 苯甲酸能够降低黄羽肉鸡试验前期(21~42 日龄)和试验全期(21~63 日龄)的 ADG 和 ADFI;宋凡春^[14]研究表明,饲粮添加 500 和 250 mg/kg 包被苯甲酸在后期(22~41 日龄)对白羽肉鸡生长性能作用效果不显著。这说明酸化剂的剂量、肉鸡生长阶段和品种的不同会对肉鸡生长性能产生较大差异。植物精油类产品作为一类减抗或替抗产品,具有相当大的应用潜力。Tiihonen 等^[15]和 Giannenas 等^[16]研究表明,百里香酚在具有挑战性的养殖环境或未做正常免疫程序情况下,能够促进白羽肉鸡生长性能的提升,这表明饲养环境可能影响植物精油在肉鸡生产上的使用效果。本试验结果表明,饲粮添加植物精油和酸化剂组合可以显著提高麻黄肉鸡全期末重;试验前期(1~21 日龄),植物精油和酸化剂组末重相较于其他 2 组显著降低,ADG 相较于抗生素组显著降低;试验中期(22~42 日龄),植物精油和酸化剂组 F/G 相较于对照组显著降低;试验中后期(43~63 日龄),植物精油和酸化剂组末重和 ADFI 相较于抗生素组显著降低;试验后期(64~84 日龄),植物精油和酸化剂组末重相较于对照组显著提高。以上结果表明,植物精

油和酸化剂联用具有阶段效应,可以提高麻黄肉鸡生长中期生长性能,且从全期来看可以提高麻黄肉鸡末重。同本试验结果相似,相关研究表明,饲粮中添加苯甲酸和植物精油组合,白羽肉鸡 ADG 有提高的趋势^[17],F/G 降低^[18]。相关研究表明,不同植物精油与酸化剂组合相比于单独添加植物精油和酸化剂对提高白羽肉鸡生长性能作用更佳^[19]。本试验结果与前人的研究存在一些差异,原因可能与植物精油和酸化剂联用效果及其使用剂量、精油自身构成及比例、植物精油与酸化剂之间的配比协同作用以及肉鸡生长阶段、品种和饲养环境等有关。

3.2 饲粮添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡免疫器官指数的影响

脾脏是禽类外周免疫器官,胸腺是细胞免疫的中枢器官,法氏囊则是禽类特有的体液免疫器官,也是 B 淋巴细胞发育成熟的场所。脏器指数是判断畜禽生物学特性的指标之一,Rivas 等^[20]研究表明胸腺、脾脏和法氏囊的重量可以用来评价雏鸡的免疫状态。本试验结果表明,21 日龄时,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡法氏囊指数相较于对照组显著升高;42 日龄时,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡法氏囊指数相较于抗生素组显著升高。横向比较,21 和 42 日龄时黄羽肉鸡脏器指数均下降,这可能与肉仔鸡发育成熟相关。许丽惠^[21]研究表明,在黄羽肉鸡饲粮中添加包被酸化剂可以提高 28 日龄的法氏囊指数。彭青云等^[22]研究表明,饲粮添加 300 mg/kg 牛至精油提高了 42 日龄

白羽肉鸡的法氏囊指数。本试验中,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡法氏囊指数的提高意味着植物精油和酸化剂可能刺激黄羽肉鸡的免疫应答反应,增强免疫功能,但潜在的机制还需更加深入探索。

3.3 饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡空肠形态的影响

肠道形态结构可以评估肠道的功能,研究表明较高的绒毛高度和较浅的隐窝深度说明畜禽的消化吸收功能增强和高吸收率,绒毛高度变高还可以减少有害菌的定植^[23]。Lambert等^[24]研究表明,香芹酚和百里香酚可以破坏病原微生物结构,杀灭病原菌。苯甲酸可以通过改变肠道微生物菌群从而改善肠道健康^[14]。本试验结果表明,21和42日龄时,与对照组相比,植物精油和酸化剂组麻黄肉鸡空肠隐窝深度显著降低,V/C值显著升高;且42日龄时,植物精油和酸化剂组隐窝深度和V/C值均显著优于抗生素组。相关研究表明,饲料添加苯甲酸使得白羽肉鸡空肠隐窝深度降低^[18],空肠绒毛高度升高^[25]。张杏莉^[26]研究表明,在黄羽肉鸡(公鸡)饲料中添加精油+有机酸微囊包被制剂可以提高肉鸡空肠绒毛高度,降低隐窝深度。本试验结果与上述研究结果基本一致,这说明植物精油和酸化剂对麻黄肉鸡的肠道形态改善有一定促进作用。

3.4 饲料添加植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡肉品质的影响

肌肉品质可以通过肌肉嫩度、系水力、蒸煮损失、pH和肉色等指标来衡量。滴水损失和蒸煮损失通常来衡量系水力,系水力高则滴水损失和蒸煮损失低,系水力可以衡量冰鲜鸡肉储藏和烹煮过程的水分流失,是一个经济指标。系水力还会影响肌肉的嫩度、颜色等指标。肌肉嫩度被认为是消费者对肉类适口性或质量的评价最重要的因素,常用剪切力来表示。pH则通常被用来评估肉类的感官品质,肌肉的pH与系水力、嫩度和风味等相关^[27]。肉色L*值说明氧合的肌红蛋白的含量,a*值的大小说明肌肉中脱氧肌红蛋白含量的高低和存在的状态,b*值则反映肌红蛋白被氧化成为高铁肌红蛋白的含量^[28]。本试验结果表明,饲料添加植物精油和酸化剂组合,麻黄肉鸡胸肌和腿肌滴水损失、剪切力和蒸煮损失降低,pH升高,肉色也有一定改善;不过,抗生素组和植物精

油和酸化剂组麻黄肉鸡63日龄的胸肌剪切力显著降低,但84日龄却没有该效果,可能原因是抗生素或者植物精油和酸化剂改善鸡的肉质效果可能与作用时间有关,且前期好于后期。张杏莉^[26]研究表明,在黄羽肉鸡(公鸡)饲料中添加精油+有机酸微囊包被制剂可以改善胸肌肌肉滴水损失和剪切力。Hernández-Coronado等^[29]研究表明,白羽肉鸡饮水中添加墨西哥牛至精油可以降低腿肌的蒸煮损失,提高胸肌a*值。李玉礼^[30]研究表明,饲料添加百里香酚和肉桂酸混合物提高胸肌和腿肌的pH并降低滴水损失。Young等^[31]研究表明,在白羽肉鸡饲料中添加3%牛至精油,其胸肌b*值高于对照组。Tekce等^[32]在饮水中添加精油混合物增加肌肉a*值。目前关于植物精油和酸化剂改善肉质的机制尚不清楚,可能原因是增强了麻黄肉鸡的抗氧化能力。相关研究表明,畜禽抗氧化水平的提高和脂质过氧化水平的降低可以改善肉品质^[33]。综上所述,植物精油和酸化剂组合对麻黄肉鸡肌肉品质的改善方面有一定作用,且可能通过提高机体抗氧化能力提高肉品质,但是具体作用机制还需进一步研究。

4 结 论

本试验条件下,饲料添加植物精油和酸化剂组合可以提高麻黄肉鸡生长性能,改善免疫器官指数、空肠形态和肉品质。

参考文献:

- [1] VIOLA E S, VIEIRA S L. Supplementation of organic and inorganic acidifiers in diets for broiler chickens: performance and intestinal morphology [J]. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 2007, 36(4): 1097-1104.
- [2] ZHAI H X, LIU H, WANG S K, et al. Potential of essential oils for poultry and pigs [J]. *Animal Nutrition*, 2018, 4(2): 179-186.
- [3] ZHANG C, YANG L, ZHAO X H, et al. Effect of dietary resveratrol supplementation on meat quality, muscle antioxidative capacity and mitochondrial biogenesis of broilers [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2017, 98(3): 1216-1221.
- [4] EVAS W C, FUCHS G. Anaerobic degradation of aromatic compounds [J]. *Annual Review of Microbiology*, 1988, 42: 289-317.
- [5] AMAECHI N, ANUEYIAGU C F. The effect of dieta-

- ry benzoic acid supplementation on growth performance and intestinal wall morphology of broilers [J]. Online Journal of Animal and Feed Research, 2012, 2 (5): 401–404.
- [6] 张波, 孙得发, 袁磊, 等. 包被苯甲酸对肉鸡生长性能及器官发育的影响 [J]. 中国家禽, 2017, 39 (8): S2–S5.
- ZHANG B, SUN D F, YUAN L, et al. Effects of coated benzoic acid on growth performance and organ development of broilers [J]. China Poultry, 2017, 39 (8): S2–S5. (in Chinese)
- [7] MASTELIĆ J, JERKOVIĆ I, BLAŽEVIĆ I, et al. Comparative study on the antioxidant and biological activities of carvacrol, thymol, and eugenol derivatives [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2008, 56 (11): 3989–3996.
- [8] 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]. British Poultry Science, 2002, 43 (2): 223–230.
- [9] 王兰. 植物精油在肉鸡消化道的吸收规律及其对肉鸡生产性能和肠道健康的影响 [D]. 硕士学位论文. 成都: 四川农业大学, 2018.
- WANG L. Absorption patterns of essential oil in the digestive tract of broilers and its effect on growth performance and intestinal health [D]. Master's Thesis. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2018. (in Chinese)
- [10] BASMACIOĞLU-MALAYOĞLU H, OZDEMIR P, BAĞRIYANIK H A. Influence of an organic acid blend and essential oil blend, individually or in combination, on growth performance, carcass parameters, apparent digestibility, intestinal microflora and intestinal morphology of broilers [J]. British Poultry Science, 2016, 57 (2): 227–234.
- [11] 胡均, 张克英, 白世平, 等. 枯草芽孢杆菌对产气荚膜梭菌攻毒肉鸡生长性能和肠道健康的影响 [J]. 动物营养学报, 2019, 31 (5): 2127–2135.
- HU J, ZHANG K Y, BAI S P, et al. Effects of *Bacillus subtilis* on growth performance and intestinal health of broilers challenged by *Clostridium perfringens* [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31 (5): 2127–2135. (in Chinese)
- [12] ZHU Z P, YAN L, HU S D, et al. Effects of the different levels of dietary trace elements from organic or inorganic sources on growth performance, carcass traits, meat quality, and faecal mineral excretion of broilers [J]. Archives of Animal Nutrition, 2019, 36 (3): 324–337.
- [13] 户陆女. 有机酸对肉鸡生产、免疫、肉质的影响及其作用机制 [D]. 硕士学位论文. 广州: 华南农业大学, 2008.
- HU L N. Effects of organic acid on the growth, immune, meat quality of yellow-feathered broilers [D]. Master's Thesis. Guangzhou: South China Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- [14] 宋凡春. 包被苯甲酸和木聚糖酶对肉鸡生产性能和肠道健康的影响 [D]. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学, 2016.
- SONG F C. Effects of coated-benzoic and xylanase on growth performance and gut health of broilers [D]. Master's Thesis. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2016. (in Chinese)
- [15] TIIHONEN K, KETTUNEN H, BENTO M H L, et al. The effect of feeding essential oils on broiler performance and gut microbiota [J]. British Poultry Science, 2010, 51 (3): 381–392.
- [16] GIANNENAS I, FLOROU-PANERI P, PAPAZAHARIADOU M, et al. Effect of dietary supplementation with oregano essential oil on performance of broilers after experimental infection with *eimeria tenella* [J]. Archives of Animal Nutrition, 2010, 57 (2): 99–106.
- [17] WEBER G M, MICHALCZUK M, HUYGHEBAERT G, et al. Effects of a blend of essential oil compounds and benzoic acid on performance of broiler chickens as revealed by a meta-analysis of 4 growth trials in various locations [J]. Poultry Science, 2012, 91 (11): 2820–2828.
- [18] TZORA A, GIANNENAS I, KARAMOUTSIOS A, et al. Effects of oregano, attapulgit, benzoic acid and their blend on chicken performance, intestinal microbiology and intestinal morphology [J]. The Journal of Poultry Science, 2017, 54 (3): 218–227.
- [19] BOZKURT M, KÜÇÜKYILMAZ K, ÇATLI A U, et al. Effects of administering an essential oil mixture and an organic acid blend separately and combined to diets on broiler performance [J]. Archiv für Geflügelkunde, 2012, 76 (2): 81–87.
- [20] RIVAS A L, FABRICANT J. Indications of immunodepression in chickens infected with various strains of Marek's disease virus [J]. Avian Diseases, 1988, 32 (1): 1–8.
- [21] 许丽惠. 包被酸化剂对黄羽肉鸡生产性能的影响及

- 作用机理的研究[D].硕士学位论文.福州:福建农林大学,2013.
- XU L H. The effects and mechanism of coated acidifier on growth performance of broilers [D]. Master's Thesis. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013. (in Chinese)
- [22] 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.
- PENG Q Y, LI J D, LUO Z, et al. Effects of oregano essential oil on growth performance, carcass traits and immune organ index of broilers [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2016, 52(13):73-76. (in Chinese)
- [23] MILES R D, BUTCHER G D, HENRY P R, et al. Effect of antibiotic growth promoters on broiler performance, intestinal growth parameters, and quantitative morphology [J]. Poultry Science, 2006, 85(3):476-485.
- [24] LAMBERT R J W, SKANDAMIS P N, COOTE P J, et al. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol [J]. Journal of Applied Microbiology, 2010, 91(3):453-462.
- [25] GIANNENAS I A, PAPANEOPHYTOU C P, TSA-LIE E, et al. The effects of benzoic acid and essential oil compounds in combination with protease on the performance of chickens [J]. Journal of Animal & Feed Sciences, 2014, 23(1):73-81.
- [26] 张杏莉.“精油+有机酸”微囊包被制剂在肉鸡生产中的应用研究[D].硕士学位论文.福州:福建农林大学,2016.
- ZHANG X L. Study on the application of “essential oil+organic acid” microcapsule preparation in broiler production [D]. Master's Thesis. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2016. (in Chinese)
- [27] JUNG S, CHOE J H, KIM B, et al. Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential and quality of breast meat from broilers [J]. Meat Science, 2010, 86(2):520-526.
- [28] BREWER S. Irradiation effects on meat color-a review [J]. Meat Science, 2004, 68(1):1-17.
- [29] HERNÁNDEZ-CORONADO A C, SILVA-VÁZQUEZ R, RANGEL-NAVA Z E, et al. Mexican oregano essential oils given in drinking water on performance, carcass traits, and meat quality of broilers [J]. Poultry Science, 2019, 98(7):3050-3058.
- [30] 李玉礼.百里香酚和肉桂酸对白羽肉鸡屠宰性能、肉质及抗氧化指标的影响[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2016.
- LI Y L. Effects of thymol and cinnamic acid on slaughter performance, meat quality and antioxidant index of white feather broiler [D]. Master's Thesis. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016. (in Chinese)
- [31] YOUNG J F, STAGSTED J, JENSEN S K, et al. Ascorbic acid, alpha-tocopherol, and oregano supplements reduce stress-induced deterioration of chicken meat quality [J]. Poultry Science, 2003, 82(8):1343-1351.
- [32] TEKCE E, ÇNAR K, BAYRAKTAR B, et al. Effects of an essential oil mixture added to drinking water for temperature-stressed broilers: performance, meat quality, and thiobarbituric acid-reactive substances [J]. Journal of Applied Poultry Research, 2020, 29(1):77-84.
- [33] JIANG Z Y, LIN Y C, ZHOU G L, et al. Effects of dietary selenomethionine supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant property in yellow broilers [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2009, 57(20):9769-9772.

Effects of Dietary Plant Essential Oil and Acidifier Combination on Growth Performance, Intestinal Health and Meat Quality of *Mahuang* Broilers

ZENG Ziyou^{1,2} GOU Qingbi^{3*} GU Changsong^{1,2} HUANG Lirong^{1,2} LI Bin^{1,2} MU Yuyun⁴
TAN Quan⁴ LI Peng⁴ FU Xiangkui⁵ ZHU Zhengpeng^{1,2**}

(1. Sichuan TEK-MAX Biotechnology Co., Ltd., Chengdu 610000, China; 2. Sichuan Tequ Agriculture and Animal Husbandry Technology Group Co., Ltd., Chengdu 610207, China; 3. School of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, China; 4. Novus International Trading (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 200080, China; 5. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: The objective of this study was to investigate the effects of dietary plant essential oil and acidifier combination on growth performance, immune organ index, intestinal health and meat quality of *Mahuang* broilers. A total of 630 *Mahuang* female broilers of one-day-old were randomly divided into 3 groups with 7 replicates in each group and 30 broilers in each replicate. Broilers in the control group were fed a basal diet, those in the antibiotics group were fed the basal diet supplemented with 15 mg/kg bacitracin methylene disalicylate+20 mg/kg avilamycin, and those in the plant essential oil+acidifier group (EOA group) were fed the basal diet supplemented with 15 g/t plant essential oil+250 g/t acidifier, respectively. The trial lasted for 84 days and was divided into four growth stages which were 1 to 21 days of age, 22 to 42 days of age, 43 to 63 days of age and 64 to 84 days of age. The results showed as follows: 1) during the whole trial period (1 to 84 days of age), the final body weight of broilers in EOA group was significantly higher than that in the control group ($P<0.05$). From 1 to 21 days of age, the final body weight of broilers in EOA group was significantly lower than that in the control group and the antibiotics group ($P<0.05$), and the average daily weight gain was significantly lower than that in the antibiotics group ($P<0.05$). From 22 to 42 days of age, compared with the control group, the feed to gain ratio in EOA group was significantly decreased ($P<0.05$). From 43 to 63 days of age, the final body weight and the average daily feed intake of broilers in EOA group were significantly lower than that in the antibiotics group ($P<0.05$). 2) At 21 days of age, the bursa of Fabricius index of broilers in EOA group was significantly higher than that in the control group ($P<0.05$). At 42 days of age, the bursa of Fabricius index of broilers in EOA group was significantly higher than that in the antibiotics group ($P<0.05$). 3) At 21 and 42 days of age, compared with the control group, the crypt depth in jejunum of broilers in EOA group was significantly decreased and the villus height to crypt depth ratio (V/C) was significantly increased ($P<0.05$). In addition, at 42 days of age, the crypt depth and V/C in jejunum of broilers in EOA group were significantly better than those in the antibiotics group ($P<0.05$). 4) At 63 days of age, compared with the control group, the shear force in breast muscle of broilers in EOA group was significantly decreased ($P<0.05$), and the yellowness in breast muscle at 24 h after slaughter was significantly increased ($P<0.05$). At 84 days of age, the cooking loss in breast muscle of broilers in EOA group was significantly lower than that in the other two groups ($P<0.05$). At 63 days of age, compared with the control group, the shear force in leg muscle of broilers in EOA group was significantly decreased ($P<0.05$), and the drip loss in leg muscle was significantly lower than that in the antibiotics group ($P<0.05$). At 84 days of age, compared with the control

* Corresponding author, professor engineer, E-mail: zhuzp1980@foxmail.com

group, the shear force, lightness at 24 h after slaughter and cooking loss in leg muscle of broilers in EOA group were significantly decreased ($P<0.05$), the redness and pH at 45 min after slaughter in leg muscle were significantly ($P<0.05$), and the lightness at 45 min after slaughter in leg muscle was significantly increased compared with the antibiotics group ($P<0.05$). In summary, dietary plant essential oil and acidifier combination can improve the growth performance, immune organ index, jejunal morphology and meat quality of *Mahuang* broilers. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(6):3237-3249]

Key words: *Mahuang* broilers; plant essential oil; acidifier; growth performance; intestinal health; meat quality