

柑橘提取物对黄羽肉鸡器官指数、屠宰性能、肉品质和肌肉抗氧化指标的影响

李贞明 余苗 崔艺燕 容庭 刘志昌 马现永* 王刚*

(广东省农业科学院动物科学研究所,农业部华南动物营养与饲料重点实验室,畜禽育种国家重点实验室,广东省畜禽育种与营养研究重点实验室,广东省畜禽肉品质量安全控制与评定工程技术研究中心,广州 510640)

摘要: 本试验旨在研究柑橘提取物对黄羽肉鸡器官指数、屠宰性能、肉品质和肌肉抗氧化指标的影响。选取 540 只 28 日龄快大型黄羽肉鸡,随机分为 3 组(每组 6 个重复,每个重复 30 只)。对照组饲喂不含抗生素的基础饲料,试验组分别饲喂在基础饲料中添加 10 mg/kg 柑橘提取物和 10 mg/kg 杆菌肽锌的饲料。试验期 35 d,试验结束后,每个重复选 2 只鸡进行屠宰取样。结果表明:1)与对照组相比,柑橘提取物组肉鸡脾脏指数和肝脏指数分别提高了 56.25% 和 21.15% ($P < 0.05$);与抗生素组相比,柑橘提取物组脾脏指数提高了 56.25% ($P < 0.05$)。2)与对照组相比,柑橘提取物组肉鸡腿肌率和胸肌率分别提高了 16.40% 和 21.18% ($P < 0.05$),抗生素组肉鸡胸肌率提高了 19.48% ($P < 0.05$)。3)与对照组相比,柑橘提取物组肉鸡屠宰后 45 min 胸肌肉色的红度(a^*)值提高了 11.21% ($P < 0.05$),亮度(L^*)值和黄度(b^*)值分别降低了 3.87% 和 18.95% ($P < 0.05$),抗生素组肉鸡屠宰后 45 min 胸肌肉色的 b^* 值降低了 16.77% ($P < 0.05$);与抗生素组相比,柑橘提取物组肉鸡屠宰后 45 min 胸肌肉色的 L^* 值降低了 3.74% ($P < 0.05$)。4)与对照组和抗生素组相比,柑橘提取物组肉鸡肌肉中谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性分别提高了 15.57% 和 32.03% ($P < 0.01$)。由此可见,柑橘提取物具有提高肉鸡器官指数和屠宰性能、改善肉品质和提高肌肉抗氧化能力的作用,且其改善效果优于杆菌肽锌。

关键词: 肉鸡;柑橘提取物;器官指数;屠宰性能;肉品质;抗氧化

中图分类号: S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2019)08-3794-07

抗生素类饲料添加剂在促进动物生长、防治疾病和改善畜禽品质等方面发挥了重要的作用,极大地促进了畜牧业的发展^[1-2]。但因其不规范使用和滥用带来的负面效应,如药物残留、细菌耐药性等问题日趋严重,严重威胁畜禽产品安全和人类健康^[3-4]。2006 年 1 月 1 日,欧盟全面禁止了抗生素促生长剂在饲料中的应用,而我国农业部于 2017 年 6 月发布《全国遏制动物源细菌耐药行动计划(2017—2020 年)》的通知,要求我国于 2020 年起全面禁止人兽共用抗菌药物或易产生交

叉耐药性的抗菌药物作为动物促生长剂在饲料中应用^[5-6]。因此,研发能替代抗生素的绿色安全饲料添加剂迫在眉睫。

植物提取物以其绿色、安全、无残留和不会产生耐药性等特点已逐渐成为当前营养界研究的热点之一。有研究表明,在饲料中添加植物提取物不仅能促进畜禽免疫器官发育、提高屠宰性能和抗氧化能力,还可改善其肉品质等^[7-9]。中国是柑橘种植面积和产量最大的国家,据统计,2014 年柑橘种植面积达 252.14 万 hm^2 ,产量达

收稿日期:2019-03-21

基金项目:“十三五”国家重点研发计划(2016YFD0501210);广东省畜禽育种与营养研究重点实验室开放运行(2017B030314044);广东省现代农业产业技术体系创新团队(2017LM1080)

作者简介:李贞明(1990—),男,山东临沂人,硕士,从事生态健康养殖研究工作。E-mail: lzm900120@163.com

* 通信作者:马现永,研究员,硕士生导师,E-mail: maxianyong@gdaas.cn;王刚,高级兽医师,E-mail: wanggang@gdaas.cn

3 492.66 万 t^[10]。柑橘提取物主要含有挥发油、黄酮类、有机酸、萜类和多糖等,具有抗菌消炎、抗病毒和抗氧化等功能^[11-13]。目前,国内关于柑橘提取物在畜禽生产中的应用研究尚未见报道。本实验室前期研究结果表明,在肉鸡饲料中添加 10 mg/kg 的柑橘提取物可提高黄羽肉鸡的生长性能(数据未发表),但对肉鸡器官指数、屠宰性能、肉品质和抗氧化等指标的影响还不得而知。鉴于此,本试验通过在饲料中添加柑橘提取物,研究其对肉鸡器官指数、屠宰性能、肉品质和肌肉抗氧化指标的影响,旨在为柑橘提取物在肉鸡生产中的应用提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

柑橘提取物由广东润森健康环保科技发展有

限公司提供,主要由柑橘汁、柠檬汁、甘油和水混合而成,其中果汁含量为 50.00%、总黄酮含量约 2.48%、有机酸含量约 2.38% (1.30% 柠檬酸和 1.08% 绿原酸)。

1.2 试验设计

试验选取体重相近且健康的 28 日龄快大型黄羽肉鸡 540 只,按照体重随机分为 3 组,每组 6 个重复,每个重复 30 只鸡。其中对照组饲喂不含有任何抗生素的玉米-豆粕型基础饲料,试验组分别在基础饲料中添加 10 mg/kg 的杆菌肽锌(抗生素组)和 10 mg/kg 的柑橘提取物(柑橘提取物组)。基础饲料参照 NRC(1994)并结合我国农业行业标准《黄羽肉鸡仔鸡营养需要》(NY/T 33—2004)进行配制,并制成颗粒料。试验期 35 d。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(饲喂基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (as-fed basis)

%

项目 Items	28~42 日龄 28 to 42 days of age	43~63 日龄 43 to 63 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	65.00	69.20
豆粕 Soybean meal	23.40	18.50
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	4.00	4.00
豆油 Soybean oil	3.00	2.82
赖氨酸 Lys	0.18	0.15
蛋氨酸 Met	0.09	0.13
石粉 Limestone	1.12	1.11
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.74	1.60
食盐 NaCl	0.27	0.27
沸石粉 Zeolite	0.20	1.22
预混料 Premix ¹⁾	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
粗蛋白质 CP	19.21	17.49
钙 Ca	0.90	0.81
总磷 TP	0.64	0.57
有效磷 AP	0.40	0.34
赖氨酸 Lys	0.95	0.85
蛋氨酸 Met	0.48	0.40
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.55	12.97

¹⁾ 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: D-泛酸 D-pantothenic acid 10.9 mg, 烟酸 nicotinic acid 30 mg, 叶酸 folic acid 0.95 mg, 生物素 biotin 0.16 mg, VA 8 000 IU, VD 2 800 IU, VE 19 mg, VK₃ 3.32 mg, VB₁ 1.7 mg, VB₂ 8.2 mg, VB₆ 2.78 mg, VB₁₂ 0.015 mg, Mn (as manganese sulfate) 82 mg, Zn (as zinc sulfate) 68 mg, Fe (as ferrous sulfate) 81 mg, Cu (as copper sulfate) 9 mg, I (as potassium iodide) 0.50 mg, Se (as sodium selenite) 0.27 mg。

²⁾ 粗蛋白质为实测值,其余为计算值。CP was a measured value, while the others were calculated values.

1.3 饲养管理

饲养试验于 2018 年 2—3 月在广东省农业科学院动物科学研究所试验场进行。所有试验鸡采用 4 层立体网上饲养,自由采食和饮水。试验期间采取自然光照,不补充额外光照。其他按照常规饲养程序和免疫程序进行饲养和免疫。试验期间记录每天的采食量,并观察试验鸡的健康状况。

1.4 样品采集

于 63 日龄,试验鸡空腹禁食 12 h 后,每个重复随机选取 2 只体重接近平均体重的肉鸡。称量每只鸡的宰前活重,然后颈静脉放血致死,脱去羽毛后,记录屠宰体重,之后解剖,取胸肌、腿肌和腹脂等用于肉鸡胴体性能指标的测定。迅速分离各内脏器官,记录脾脏、胸腺、法氏囊和肝脏的重量。取左侧背胸肌用于测定肉品质和抗氧化指标。

1.5 检测指标

1.5.1 器官指数

取脾脏、胸腺、法氏囊和肝脏,剔除表面的结缔组织和脂肪等,并用滤纸吸干血水后称重,计算器官指数:

$$\text{器官指数}(\%) = (\text{器官重}/\text{活体重}) \times 100。$$

1.5.2 屠宰性能

屠宰性能相关指标的测定方法参照我国农业行业标准 NY/T 823—2004《家禽生产性能名词术语和度量统计方法》。

1.5.3 肌肉抗氧化指标

取部分胸肌剪碎,用 10 倍体积(体积质量比)的 4 ℃生理盐水稀释,在冰浴条件下匀浆,然后 4 ℃条件下,4 000 r/min 离心 20 min,取上清分装保存于-20 ℃冰箱待测。按照试剂盒说明检测肌肉中总抗氧化能力(T-AOC)、总超氧化物歧化酶(T-SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性以及丙二醛(MDA)含量,试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.5.4 肉品质

试验结束时,各组每个重复随机取 2 只体重接近平均体重的试验鸡,屠宰后完整剥离 2 侧胸肌,去除周围脂肪组织等,分别测定 pH、肉色、滴水损失和嫩度。

pH:每个胸肌样品于屠宰后 45 min 用 pH 计(HI8424 型,北京 Hanna 仪器科学技术有限公司)

选择 3 个不同位置测其 pH,24 h 后(4 ℃下储存)再测其 pH。

肉色:于屠宰后 45 min 和 24 h 分别用色差仪(CR-410 型,美能达公司,日本)于室温下取 3 个不同的位置测每个胸肌样品的亮度(L*)、红度(a*)和黄度(b*)值。

滴水损失:取长×宽×厚约为 4 cm×3 cm×2 cm 的胸肌肉块称滴水前重,并记录,然后用铁丝勾住一端悬挂吊在吹气袋中,4 ℃下储存,24 h 后用滤纸吸去表面的多余水分称量滴水后重。采用以下公式计算滴水损失:

$$\text{滴水损失}(\%) = [(\text{滴水前重} - \text{滴水后重}) / \text{滴水前重}] \times 100。$$

嫩度:具体操作步骤参照蒋守群等^[14]的方法,使用嫩度仪(Instron 4411 型,英斯特朗公司,美国)测定。

1.6 数据统计分析

器官指数、屠宰性能、肌肉抗氧化指标和肉品质的结果数据以单一鸡个体为统计单位,采用 SPSS 18.0 统计软件中单因子方差分析(one-way ANOVA)方法进行统计分析,当 $P < 0.05$ 时使用 Duncan 氏法进行多重比较检验。所有数据均表示为平均值±标准误, $P < 0.01$ 表示差异极显著, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示差异不显著。

2 结果与分析

2.1 饲料添加柑橘提取物对黄羽肉鸡器官指数的影响

由表 2 可知,与对照组和抗生素组相比,柑橘提取物组肉鸡脾脏指数均提高了 56.25% ($P < 0.05$);与对照组相比,柑橘提取物组肉鸡肝脏指数提高了 21.15% ($P < 0.05$);各组间肉鸡胸腺指数和法氏囊指数均无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.2 饲料添加柑橘提取物对黄羽肉鸡屠宰性能的影响

由表 3 可知,与对照组相比,柑橘提取物组肉鸡腿肌率和胸肌率分别提高了 16.40% 和 21.18% ($P < 0.05$),抗生素组肉鸡胸肌率提高了 19.48% ($P < 0.05$)。各组间肉鸡屠宰率、半净膛率、全净膛率和腹脂率均无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 2 饲料添加柑橘提取物对黄羽肉鸡器官指数的影响

Table 2 Effects of dietary citrus extract on organ indices of yellow-feather broilers

%

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	柑橘提取物组 Citrus extract group	P 值 P-value
脾脏指数 Spleen index	0.16±0.01 ^b	0.16±0.02 ^b	0.25±0.03 ^a	0.036
胸腺指数 Thymus index	0.63±0.08	0.63±0.07	0.56±0.06	0.769
法氏囊指数 Bursa of Fabricius index	0.06±0.01	0.08±0.01	0.08±0.02	0.630
肝脏指数 Liver index	2.60±0.12 ^b	2.79±0.12 ^{ab}	3.15±0.14 ^a	0.035

同行数据肩标无字母或相同小写字母表示差异不显著 ($P>0.05$), 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 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 no letter or the same small 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 extremely significant difference ($P<0.01$). The same as below.

表 3 饲料添加柑橘提取物对黄羽肉鸡屠宰性能的影响

Table 3 Effects of dietary citrus extract on slaughter performance of yellow-feather broilers

%

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	柑橘提取物组 Citrus extract group	P 值 P-value
屠宰率 Dressing percentage	89.13±0.81	88.91±0.24	88.77±0.40	0.895
半净膛率 Semi-net rate	91.26±0.20	89.84±0.96	89.91±0.79	0.325
全净膛率 Full-net rate	82.17±0.52	80.87±1.25	80.53±1.16	0.509
腿肌率 Leg muscle rate	12.68±0.50 ^b	13.80±0.53 ^{ab}	14.76±0.47 ^a	0.040
胸肌率 Breast meat rate	9.96±0.75 ^b	11.90±0.46 ^a	12.07±0.53 ^a	0.044
腹脂率 Abdominal fat rate	3.68±0.28	4.09±0.23	3.93±0.40	0.656

2.3 饲料添加柑橘提取物对黄羽肉鸡肉品质和肌肉抗氧化指标的影响

由表 4 可知,与对照组相比,柑橘提取物组肉鸡屠宰后 45 min 胸肌 a^* 值提高了 11.21% ($P<0.05$), L^* 值和 b^* 值分别降低了 3.87% 和 18.95% ($P<0.05$); 抗生素组肉鸡屠宰后 45 min 胸肌 b^*

值降低了 16.77% ($P<0.05$)。与抗生素组相比,柑橘提取物组肉鸡屠宰后 45 min 胸肌 L^* 值降低了 3.74% ($P<0.05$)。各组间肉鸡屠宰后 45 min 胸肌 pH 无显著差异 ($P>0.05$), 屠宰后 24 h 胸肌 pH、肉色、滴水损失和嫩度也均无显著差异 ($P>0.05$)。

表 4 饲料添加柑橘提取物对黄羽肉鸡肉品质的影响

Table 4 Effects of dietary citrus extract on meat quality of yellow-feather broilers

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	柑橘提取物组 Citrus extract group	P 值 P-value
pH _{45 min}	6.04±0.06	6.10±0.05	6.02±0.10	0.738
pH _{24 h}	5.63±0.02	5.61±0.01	5.62±0.02	0.783
45 min 亮度 $L^*_{45 min}$	58.13±0.76 ^a	58.05±0.55 ^a	55.88±0.33 ^b	0.022
24 h 亮度 $L^*_{24 h}$	59.74±1.05	58.99±0.40	59.81±1.39	0.683
45 min 红度 $a^*_{45 min}$	12.04±0.47 ^b	12.85±0.07 ^{ab}	13.39±0.35 ^a	0.043
24 h 红度 $a^*_{24 h}$	9.90±0.49	10.01±0.40	10.82±0.33	0.256
45 min 黄度 $b^*_{45 min}$	22.48±1.29 ^a	18.71±1.20 ^b	18.22±0.75 ^b	0.031
24 h 黄度 $b^*_{24 h}$	22.79±1.08	22.18±0.53	20.15±0.87	0.108
滴水损失 Drip loss/%	3.12±0.28	3.21±0.24	2.80±0.15	0.454
剪切力 Shear force/N	21.50±1.23	18.43±0.52	18.52±1.72	0.157

由表5可知,与对照组和抗生素组相比,柑橘提取物组肉鸡肌肉 GSH-Px 活性分别提高了15.57%和32.03% ($P < 0.01$)。各组间肉鸡肌肉

T-AOC和 T-SOD 活性以及 MDA 含量均无显著差异 ($P > 0.05$)。

表5 饲料添加柑橘提取物对肉鸡肌肉抗氧化指标的影响

Table 5 Effects of dietary citrus extract on muscle antioxidant indices of yellow-feather broilers

项目 Items	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	柑橘提取物组 Citrus extract group	P 值 P-value
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	0.15±0.01	0.12±0.02	0.17±0.02	0.149
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg prot)	20.47±1.59	18.51±0.98	20.82±1.32	0.431
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg prot)	43.66±1.84 ^B	38.22±1.74 ^B	50.46±1.94 ^A	0.001
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	0.29±0.04	0.32±0.03	0.28±0.04	0.718

3 讨论

3.1 饲料添加柑橘提取物对黄羽肉鸡器官指数的影响

禽类免疫器官的发育、成熟和结构变化直接影响机体的免疫功能^[15]。研究表明,肉鸡的免疫状态可用免疫器官的重量来评价,其重量越大,机体免疫机能越强^[16]。在本试验中,与对照组相比,饲料添加柑橘提取物显著提高黄羽肉鸡的脾脏指数和肝脏指数,这表明饲料添加柑橘提取物具有提高机体免疫功能的作用。前人研究发现,黄酮类化合物和有机酸具有较强的抗菌、抗病毒作用^[17-19]。黄酮类化合物和有机酸可降低肠道内环境的 pH,杀灭或抑制潜在致病菌,促进有益菌在肠道内大量繁殖,并不断合成有益物质,作为抗原物质刺激并促进免疫器官的生长发育,进而增强机体的免疫力,提高肉鸡健康水平^[19-20]。本试验所使用的柑橘提取物富含黄酮类化合物和有机酸,因此,其促进免疫器官生长发育可能是由于黄酮类化合物和有机酸的抗菌、抗病毒和改善肠道内环境的功能引起的。研究表明,畜禽的生长性能与机体健康水平和消化功能有关^[21]。本试验中柑橘提取物提高肉鸡的健康水平,而有机酸可增强胃蛋白酶活性,提高胃肠道对营养物质的吸收^[19],这正好验证本试验的前期研究结果,柑橘提取物可提高黄羽肉鸡的生长性能,即提高黄羽肉鸡的平均日增重,降低料重比。

3.2 饲料添加柑橘提取物对黄羽肉鸡屠宰性能的影响

屠宰性能可直观地反映出动物体构成和可食部分的比例,是衡量动物生产性能的重要指标。

屠宰率和全净膛率分别在 80% 和 60% 以上,则表示肉鸡的产肉性能良好^[22-23]。本试验中,3 个组的屠宰率和全净膛率都在 80% 以上,表明所有试验鸡具有良好的产肉性能。本试验结果显示,与对照组相比,饲料添加柑橘提取物可显著提高肉鸡的胸肌率和腿肌率。研究表明,黄酮类化合物和有机酸可促进机体对蛋白质的合成和沉积^[24-26]。柑橘提取物作为饲料添加剂提高了肉鸡的胸肌率和腿肌率,其原因是柑橘提取物中的黄酮类化合物和有机酸提高了肉鸡机体对蛋白质的沉积,从而提高了肉鸡的屠宰性能,但其具体作用机制还有待进一步研究。

3.3 饲料添加柑橘提取物对黄羽肉鸡肉品质和肌肉抗氧化指标的影响

肌肉 pH、肉色、系水力和嫩度等指标是肉感官和食用适口性的综合反映,决定着消费者的消费取向。肉色 L* 值的高低与肌肉颜色饱和度以及肉样表面液体渗出量有关,一般来说, L* 值越低, a* 值越高,肉品质量越高^[27-28]。本试验结果显示,饲料添加柑橘提取物显著提高了肉鸡屠宰后 45 min 的胸肌 a* 值,并显著降低了屠宰后 45 min 胸肌 L* 值和 b* 值,表明柑橘提取物具有提高肉品质的潜在功能。前人研究表明,肉品质与肌肉的抗氧化功能密切相关,抗氧化物质可与肌肉中的细胞膜结合,降低脂质过氧化对细胞膜的伤害,维持细胞膜的完整性,减少肌肉表面液体的渗出,降低肉色 L* 值,提高肉色 a* 值,进而改善肉品质^[22]。本试验中,与对照组相比,饲料添加柑橘提取物极显著提高了肉鸡肌肉中 GSH-Px 的活性,进而提高了肉鸡的抗氧化能力。因此,本试验结果表明柑橘提取物可能通过提高肉鸡的抗氧化能

力,进而提高肉鸡的肉品质,但具体作用机制需进一步研究。

4 结 论

综上所述,在本试验条件下,饲粮添加 10 mg/kg 柑橘提取物可提高黄羽肉鸡的屠宰性能,增强机体免疫力,改善肉品质,提高肌肉抗氧化能力,且其改善效果优于添加 10 mg/kg 杆菌肽锌。

参考文献:

- [1] GHEISARI A, SHAHRVAND S, LANDY N. Effect of ethanolic extract of propolis as an alternative to antibiotics as a growth promoter on broiler performance, serum biochemistry, and immune responses [J]. *Veterinary World*, 2017, 10(2) : 249-254.
- [2] 吴姝, 蒋步云, 宋泽和, 等. 植物多酚对黄羽肉鸡抗氧化性能、肠道形态及肉品质的影响 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30(12) : 5118-5126.
- [3] CHO J H, SONG M H, KIM I H. Effect of microencapsulated blends of organic acids and essential oils supplementation on growth performance and nutrient digestibility in finishing pigs [J]. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 2014, 27(4) : 264-272.
- [4] 孙全友, 李文嘉, 徐彬, 等. 姜黄素和地衣芽孢杆菌对肉鸡生长性能、血清抗氧化功能、肠道微生物数量和免疫器官指数的影响 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30(8) : 3176-3183.
- [5] 杨敏, 叶青华, 周大薇, 等. 大蒜提取物 (AGE) 替代抗生素对鸡生产性能和抗氧化水平的影响 [J]. *中国家禽*, 2017, 39(11) : 32-35.
- [6] 农业部. 农业部: 积极应对畜禽细菌耐药问题 [J]. *家禽科学*, 2017(12) : 50.
- [7] 宋琼莉, 周泉勇, 韦启鹏, 等. 桑叶提取物对矮脚黄鸡生长性能、屠宰性能及肉品质的影响 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30(1) : 191-201.
- [8] 颜陶, 王思宇, 杨小军, 等. 胡芦巴粉对肉仔鸡生长性能、肉品质、免疫器官指数及血清抗氧化和生化指标的影响 [J]. *动物营养学报*, 2017, 29(9) : 3248-3257.
- [9] 陈昭琪, 丁之恩, 蔡海莹, 等. 发酵菜籽粕对肉鸡生长性能、营养物质消化吸收及肉品质的影响 [J]. *动物营养学报*, 2017, 29(8) : 2969-2976.
- [10] 刘文静, 潘葳. 柑橘属果实中类黄酮成分的高效液相色谱标准化测定方法 [J]. *中国农学通报*, 2018, 34(32) : 157-164.
- [11] 胡秀荣, 鹿连明, 黄振东. 柑橘提取物杀虫和抑菌活性的研究进展 [J]. *浙江柑橘*, 2009, 26(4) : 28-31.
- [12] YUAN D X, HUSSAIN T, TAN B, et al. The evaluation of antioxidant and anti-inflammatory effects of *Eucommia ulmoides* flavones using diquat-challenged piglet models [J]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 2017 : 8140962.
- [13] JOY M S, DORNBROOK-LAVENDER K A, CHIN H, et al. Effects of atorvastatin on Lp(a) and lipoprotein profiles in hemodialysis patients [J]. *Annals of Pharmacotherapy*, 2008, 42(1) : 9-15.
- [14] 蒋守群, 周桂莲, 蒋宗勇, 等. 饲粮维生素 E 水平对 43~63 日龄黄羽肉鸡肉品质和抗氧化功能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2012, 24(4) : 646-653.
- [15] 李升和, 范光丽, 顾有方, 等. 饮水硼对固始鸡中枢免疫器官发育的影响 [J]. *西北农林科技大学学报 (自然科学版)*, 2009, 37(2) : 52-58.
- [16] 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.
- [17] 王海涛. 大豆异黄酮的抑菌活性及其机制的研究 [D]. 硕士学位论文. 大连: 辽宁师范大学, 2009.
- [18] 赵薪苑, 陈婧, 方建国, 等. 中药和天然药物中黄酮抗病毒活性及其机制研究进展 [J]. *医药导报*, 2018, 37(4) : 410-415.
- [19] 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.
- [20] 何明清, 程安春. *动物微生态学* [M]. 2 版. 成都: 四川科学技术出版社, 2004 : 201-208.
- [21] 王定发, 周璐丽, 周汉林. 假蒺藜提取物对文昌鸡生长性能、屠宰性能和肉品质的影响 [J]. *家畜生态学报*, 2017, 38(10) : 33-37.
- [22] 岳远西, 史彬林, 赵启龙, 等. 黑沙蒿提取物对肉仔鸡生长性能和屠宰性能及肉品质的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2015, 51(17) : 39-43.
- [23] 王福明. 普格土鸡屠宰性能及肌肉品质的测定 [J]. *畜禽业*, 2006(10) : 33-34.
- [24] 王强, 张乃锋, 崔凯, 等. 植物乳杆菌和苦芥黄酮及其复合物对断奶仔猪生长性能、营养物质消化率及血清指标的影响 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30(1) : 170-179.
- [25] 朱宇旌, 潘香岑, 李方方, 等. 红三叶异黄酮对去卵巢大鼠生长性能及血液生化指标的影响 [J]. *营养学报*, 2015, 37(6) : 600-606.
- [26] 许金根, 车传燕, 闻爱友, 等. 酸化剂对肉鸡免疫器官

- 指数、肠道 pH 值和血清生化指标的影响[J]. 饲料工业, 2016, 37(8): 12-15.
- [27] 陈旭东, 唐茂妍, 计成. 肉鸡肌肉品质的研究现状与趋势[J]. 中国家禽, 2008, 30(1): 2-6.
- [28] 楚维斌, 史彬林, 张鹏飞, 等. 艾蒿水提物对肉仔鸡生长性能、屠宰性能和肉品质的影响[J]. 饲料工业, 2015, 36(10): 6-9.

Effects of Citrus Extract on Organ Indices, Slaughter Performance, Meat Quality and Muscle Antioxidant Indices of Yellow-Feather Broilers

LI Zhenming YU Miao CUI Yiyan RONG Ting LIU Zhichang MA Xianyong* WANG Gang*

(Guangdong Engineering Technology Research Center of Animal Meat Quality and Safety Control and Evaluation, Guangdong Public Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, State Key Laboratory of Livestock and Poultry Breeding, Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in South China, Ministry of Agriculture, Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: This present study was aimed to investigate the effects of citrus extract on organ indices, slaughter performance, meat quality and muscle antioxidant indices of yellow-feather broilers. A total of 540 twenty-eight-day-old fast-growing yellow-feather broilers were randomly divided into three groups (6 replicates per group and 30 broilers per replicate). Broilers in the control group were fed a basal diet without antibiotics, while those in the experimental groups were fed the basal diets supplemented with 10 mg/kg citrus extract and 10 mg/kg bacitracin zinc, respectively. The experiment was lasted for 63 days. At the end of the experiment, two broilers in each replicate were selected for slaughtering and sampling. The results showed as follows: 1) the indices of spleen and liver of broilers in citrus extract group were increased by 56.25% and 21.15%, respectively, compared with the control group ($P < 0.05$). The spleen index of broilers in citrus extract group was increased by 56.25% compared with the antibiotic group ($P < 0.05$). 2) The leg muscle rate and breast muscle rate of broilers in citrus extract group were increased by 16.40% and 21.18%, respectively ($P < 0.05$), while the breast muscle rate of broilers in antibiotic group was increased by 19.48% compared with the control group ($P < 0.05$). 3) In the citrus extract group, the redness (a^*) value in breast muscle of broilers was increased by 11.21% ($P < 0.05$), while the lightness (L^*) value and yellowness (b^*) value in breast muscle of broilers was decreased by 3.87% and 18.95% ($P < 0.05$), respectively, at 45 min after slaughter compared with the control group. In the antibiotic group, the b^* value in breast muscle of broilers was decreased by 16.77% at 45 min after slaughter compared with the control group ($P < 0.05$). In the citrus extract group, the L^* value in breast muscle of broilers was decreased by 3.74% at 45 min after slaughter compared with the antibiotic group ($P < 0.05$). 4) The glutathione peroxidase (GSH-Px) activity in breast muscle of broilers in citrus extract group was increased by 15.57% and 32.03%, respectively, compared with the control group and the antibiotic group ($P < 0.01$). Therefore, citrus extract can improve the organ indices, slaughter performance, meat quality and muscle antioxidant capacity of broilers, and its improvement effect is better than that of bacitracin zinc. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(8): 3794-3800]

Key words: broilers; citrus extract; organ index; slaughter performance; meat quality; antioxidant

* Corresponding authors: MA Xianyong, professor, E-mail: maxianyong@gdaas.cn; WANG Gang, senior veterinarian, E-mail: wanggang@gdaas.cn