

金银花提取物对肉鸡生产性能、屠宰性能、肉品质和抗氧化性能的影响

王琳焱, 徐彬, 王丁, 李文嘉, 李绍钰, 邓文
(河南省农业科学院 畜牧兽医研究所, 河南 郑州 450002)

摘要:为探讨日粮中添加金银花提取物对肉鸡生产性能、屠宰性能、肉品质和抗氧化性能的影响,将240只1日龄Ross 308肉鸡随机分成4组,每组6个重复,每个重复10只鸡,对照组饲喂基础日粮,另外3组在基础日粮中分别添加200、400、600 mg/kg金银花提取物。试验期42 d。结果表明,与对照组相比,日粮添加400 mg/kg金银花提取物组肉鸡的平均日增质量,以及胸肌的肉色红度值、总抗氧化能力(T-AOC)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性分别显著提高9.47%、18.21%、23.13%和25.84%;胸肌中GSH-Px和核因子E2相关因子2(Nrf2)基因表达水平显著提高;料肉比、胸肌的滴水损失和丙二醛(MDA)含量分别显著降低5.98%、17.22%和17.09%。日粮添加600 mg/kg金银花提取物组肉鸡的平均日增质量,以及胸肌的肉色红度值、T-AOC和GSH-Px活性分别显著提高11.08%、18.99%、27.21%和35.88%;胸肌中超氧化物歧化酶(SOD)、GSH-Px和Nrf2基因表达水平显著提高;料肉比、胸肌的滴水损失、蒸煮损失和MDA含量分别显著降低7.07%、19.33%、15.33%和22.70%。综上,肉鸡日粮中添加金银花提取物通过调控胸肌中Nrf2基因表达,提高胸肌中GSH-Px基因表达量及其相应抗氧化酶活性,进而提高胸肌的抗氧化性能,改善肉鸡胸肌肉品质。

关键词:金银花提取物;绿原酸;肉鸡;生产性能;屠宰性能;肉品质;抗氧化性能

中图分类号:S816 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-3268(2022)10-0134-08

Effects of Extract from *Lonicera japonica* Thunb. on the production Performance, Slaughter Characters, Meat Quality and Antioxidant Capacity of Broilers

WANG Linyi, XU Bin, WANG Ding, LI Wenjia, LI Shaoyu, DENG Wen

(Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to investigate the effects of *Lonicera japonica* Thunb. extract on production performance, slaughter characters, meat quality and antioxidant capacity of broilers, 240 1-day-old Ross 308 broilers were randomly divided into four groups with six replicates in each group and 10 broilers per replicate. The control group was fed with basic diet, and the other three groups were fed with basic diet added with 200, 400, 600 mg/kg *Lonicera japonica* Thunb. extract. The experiment lasted for 42 d. The results showed that compared with the control group, the average daily gain, and meat color redness, total antioxidant capacity (T-AOC) and glutathione peroxidase (GSH-Px) activity in the breast muscle of

收稿日期: 2022-06-16

基金项目: 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-41); 河南省农业科学院自主创新专项(2021ZC51); 河南省农业科学院科技创新团队专项(2022TD16)

作者简介: 王琳焱(1979-), 女, 河南郑州人, 助理研究员, 主要从事动物营养与饲料研究。E-mail: 31376516@qq.com

通信作者: 邓文(1983-), 男, 湖北红安人, 副研究员, 博士, 主要从事动物营养与饲料研究。E-mail: dengwen1983@126.com

broilers fed with 400 mg/kg *Lonicera japonica* Thunb. extract were significantly increased by 9.47%, 18.21%, 23.13% and 25.84%, respectively; the expression levels of *GSH-Px* and nuclear factor E2 related factor 2 (*Nrf2*) genes in the breast muscle were significantly increased; the feed conversion ratio, and dripping loss and malondialdehyde (MDA) content of breast muscle were significantly decreased by 5.98%, 17.22% and 17.09%, respectively. The average daily gain, and meat color redness, T-AOC and *GSH-Px* activity in the breast muscle of broilers fed with diet supplemented with 600 mg/kg *Lonicera japonica* Thunb. extract were significantly increased by 11.08%, 18.99%, 27.21% and 35.88%, respectively; the expression levels of superoxide dismutase (*SOD*), *GSH-Px* and *Nrf2* genes in the breast muscle were significantly increased; the feed conversion ratio, and dripping loss, cooking loss, and MDA content of breast muscle were significantly decreased by 7.07%, 19.33%, 15.33% and 22.70%, respectively. In conclusion, adding *Lonicera japonica* Thunb. extract to the diet could increase the expression of *GSH-Px* gene and its corresponding antioxidant enzyme activity by regulating *Nrf2* gene expression in the breast muscle, so as to improve the antioxidant performance and meat quality of broiler breast muscle.

Key words: Extract from *Lonicera japonica* Thunb.; Chlorogenic acid; Broiler; Production performance; Slaughter characters; Meat quality; Antioxidant capacity

近年,随着生活水平的提高,人们对肉类消费的追求已由量向质转变,生产安全、优质的鸡肉是肉鸡产业的目标。为保障食品和公共卫生安全,我国已禁止含有促生长类药物饲料添加剂(中药类除外)的商品饲料生产,开发绿色、安全、高效的肉鸡饲料添加剂成为必然选择,如有机酸、益生菌和植物提取物等^[1]。

金银花也称忍冬花、双花等,为忍冬科忍冬属植物忍冬(*Lonicera japonica* Thunb.)的干燥花蕾或带初开的花,是一种重要的中药材,具有清热解毒的功效^[2]。研究表明,肉鸡日粮添加金银花粉可改善肉鸡的生产性能,提高免疫器官指数^[3]。绿原酸是金银花中的主要活性成分,被证实具有抗菌、抗病毒、抗氧化和调节脂肪代谢的功能^[4]。前人研究发现,绿原酸可通过核因子E2相关因子2(*Nrf2*)信号通路抑制脂多糖(LPS)诱导的氧化应激^[5];并能通过提升抗氧化性能如提高谷胱甘肽过氧化物酶(*GSH-Px*)和超氧化物歧化酶(*SOD*)活性,降低丙二醛(MDA)含量来改善肉品质^[6]。另有研究发现,绿

原酸(杜仲提取或其他来源)用作饲料添加剂能改善畜禽生产性能、免疫力和肉品质^[7]。目前尚未见有关金银花提取物(绿原酸)用作肉鸡饲料添加剂的研究,其对肉鸡生产性能、肉品质及抗氧化能力的影响尚不明确。为此,探讨在日粮中添加金银花提取物(绿原酸)对肉鸡生产性能、屠宰性能、肉品质及抗氧化性能的影响,以期将金银花提取物(绿原酸)开发成绿色肉鸡饲料添加剂提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验动物和日粮

选取240只1日龄体质量相近的Ross 308商品代肉鸡,随机分为4组,每组6个重复,每个重复10只鸡(公母各半),分别在基础日粮中添加0(对照, I组)、200(II组)、400(III组)、600(IV组)mg/kg金银花提取物。基础日粮参照NRC(1994)配制,原料组成及营养水平见表1。金银花提取物(绿原酸含量90%)购自湖南一科生物科技有限公司。试验期为2021年9月11日至10月22日,共42 d。

表1 基础日粮配方及营养水平(风干基础)

Tab. 1 Basic diet formula and nutritional level (air drying basis)

原料 Ingredient	含量/% Content		营养指标 Nutritional index	营养水平 Nutritional level	
	1~21日龄 1—21 d	22~42日龄 22—42 d		1~21日龄 1—21 d	22~42日龄 22—42 d
玉米 Corn	57.4	58.6	代谢能/(MJ/kg) ² Metabolizable energy	12.68	13.31
豆粕 Soybean meal	33.0	31.0	粗蛋白/% ³ Crude protein	20.97	19.58
鱼粉 Fish meal	2.0	1.0	粗脂肪/% ³ Crude fat	6.42	8.32
豆油 Soybean oil	4.0	6.0	赖氨酸/% ² Lysine	1.15	1.05
石粉 Limestone	1.1	1.2	蛋氨酸/% ² Methionine+cystine	0.53	0.41

续表 1 基础日粮配方及营养水平(风干基础)

Tab. 1 (Continued) Basic diet formula and nutritional level (air drying basis)

原料 Ingredient	含量/% Content		营养指标 Nutritional index	营养水平 Nutritional level	
	1~21 日龄 1—21 d	22~42 日龄 22—42 d		1~21 日龄 1—21 d	22~42 日龄 22—42 d
磷酸氢钙 Calcium perphosphate	1.8	1.3	总钙/% ² Total calcium	1.00	0.88
氯化钠 NaCl	0.3	0.3	总磷 ² Total phosphorus	0.72	0.60
维生素和矿物预混料 ¹ Vitamin-mineral premix	0.5	0.5	有效磷 ³ Available phosphorus	0.49	0.38
DL-蛋氨酸 DL-methionine	0.2	0.1			

注: 1. 预混料为每千克日粮提供: Fe 60 mg, Mn 80 mg, Cu 10 mg, Zn 85 mg, I 0.85 mg, Se 0.25 mg, VA 12 000 IU, VD₃ 2 500 IU, VE 30 IU, VK 2.5 mg, VB₁₂ 0.02 mg, 生物素 0.10 mg, 胆碱 2 000 mg, 叶酸 1.25 mg, 烟酸 40 mg, 泛酸 15 mg, 吡哆醇 3.5 mg, 核黄素 6 mg, 硫胺素 3 mg; 2, 3 分别为实测值和计算值。

Note: 1. The premix provides 60 mg Fe, 80 mg Mn, 10 mg Cu, 85 mg Zn, 0.85 mg I, 0.25 mg Se, 12 000 IU vitamin A, 2 500 IU vitamin D₃, 30 IU vitamin E, 2.5 mg menadione, 0.02 mg VB₁₂, 0.10 mg biotin, 2 000 mg choline, 1.25 mg folic acid, 40 mg niacin, 15 mg pantothenic acid, 3.5 mg pyridoxine, 6 mg riboflavin, 3 mg thiamine for diets per kilogram. 2, 3. The values are determined and calculated values respectively.

1.2 饲养管理

肉鸡网上平养, 在河南省农业科学院畜牧研究所试验场进行。按正常饲养程序接种疫苗和提供光照, 自由采食及饮水。

1.3 样品采集

于试验结束前夜 20:00 断料, 保持饮水, 12 h 后各重复随机选择公、母鸡各 1 只称体质量, 屠宰并测定屠宰性能。取约 2 g 右侧胸肌液氮冻存, 用于测定基因表达, 其余用于测定滴水损失。屠宰 24 h 后取左侧胸肌, 部分用于测定 pH 值、肉色[亮度值(L*), 红度值(a*), 黄度值(b*)]和蒸煮损失等肉品质, 另一部分-20 °C 保存, 用于测定剪切力和抗氧化指标。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生长性能 称体质量和记录耗料量, 计算肉鸡 1~42 日龄平均日采食量(ADFI)、平均日增质量(ADG)和料肉比(FCR)。

1.4.2 屠宰性能 按以下公式计算肉鸡的屠体率、全净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率: 屠体率=屠体质量/活体质量×100%; 全净膛率=全净膛质量/屠体质量×100%; 胸肌率=胸肌质量/屠体质量×100%; 腿肌率=腿肌质量/屠体质量×100%; 腹脂率=腹脂质量/屠体质量×100%。

1.4.3 肉品质 胸肌 pH_{24h} 值、肉色、滴水损失和蒸煮损失参照 NY/T 1333—2007《畜禽肉质的测定》中的方法测定; 剪切力(嫩度)参照 NY/T 1180—2006《肉嫩度的测定 剪切力测定法》中的方法测定。

1.4.4 抗氧化性能 取 5 g 胸肌, 用 0.9% 的生理盐水匀浆, 离心后收集上清用于测定抗氧化性能指标。胸肌的总抗氧化能力(T-AOC), 总超氧化物歧

化酶(T-SOD)、GSH-Px、过氧化氢酶(CAT)活性和 MDA 含量分别利用商业试剂盒测定(均购自南京建成生物工程研究所有限公司)。

1.4.5 抗氧化相关基因表达 以 Trizol Reagent Kit 试剂盒(Takara 公司)提取胸肌总 RNA, 再使用反转录试剂盒(Takara 公司)对总 RNA 进行反转录, 合成的 cDNA 保存于-20 °C 备用。按参考文献基因序列^[8]合成抗氧化相关基因 *SOD*、*GSH-Px*、*CAT*、*Nrf2* 及内参基因 β -*actin* 引物(表 2), 以反转录所获 cDNA 为模板, 按照 SYBR Green RT-PCR 试剂盒(Takara 公司)说明配制反应体系进行实时荧光定量检测。实时荧光定量 PCR 反应条件: 95 °C 30 s; 95 °C 10 s, 60 °C 20 s, 40 个循环。采用相对定量法(2^{- $\Delta\Delta$ CT})进行分析^[9]。

表 2 实时荧光定量 PCR 引物序列

Tab. 2 Primer sequence for real time fluorescent quantitative PCR

基因 Gene	引物序列(5'—3') Primer sequence(5'—3')	产物长度/bp Product length
<i>SOD</i>	F: CCGGCTTGTCTGATGGAGAT	124
	R: TGCATCTTTTGGTCCACCGT	
<i>GSH-Px</i>	F: TTGTAAACATCAGGGGCAAA	141
	R: ATGGGCCAAGATCTTTCTGTAA	
<i>CAT</i>	F: GGTTCGGTGGGGTTGTCTTT	211
	R: CACCAGTGGTCAAGGCATCT	
<i>Nrf2</i>	F: GATGTACCCCTGCCCTTAG	215
	R: CTGCCACCATGTTATTCC	
β - <i>actin</i>	F: TGCTGTGTTCCCATCTATCG	150
	R: TTGTTGACAATACCGTGTTC	

1.5 数据处理

采用 SPSS 19.0 软件对各重复试验数据进行分析,结果以平均值±标准误表示,以 Duncan 氏法进行组间多重比较。

2 结果与分析

2.1 日粮添加金银花提取物对肉鸡生产性能的影响

由表 3 可知,与对照组相比,添加 400 mg/kg 和 600 mg/kg 金银花提取物组的平均日增质量分别显著提高 9.47% 和 11.08%,料肉比分别显著降低 5.98% 和 7.07%。

由表 4 可知,随着日粮中金银花提取物添加量

的提高,肉鸡腹脂率有下降的趋势,但日粮添加金银花提取物对肉鸡的屠宰率、全净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率等屠宰性能指标均无显著影响 ($P>0.05$)。

2.2 日粮添加金银花提取物对肉鸡胸肌肉品质的影响

由表 5 可知,与对照组相比,日粮添加 400 mg/kg 和 600 mg/kg 金银花提取物组胸肌的 a^* 值分别显著提高 18.21% 和 18.99%;滴水损失分别显著降低 17.22% 和 19.33%;日粮添加 600 mg/kg 金银花提取物组胸肌的蒸煮损失显著降低 15.33%。日粮添加金银花提取物对肉鸡胸肌的 pH_{24h} 值、 L^* 值、 b^* 值和剪切力均无显著影响 ($P>0.05$)。

表 3 金银花提取物对肉鸡生产性能的影响

Tab. 3 Effects of *Lonicera japonica* Thunb. extract on the production performance of broilers

项目 Item	I (CK)	II	III	IV
平均日采食量/g ADFI	114.6±5.6 a	115.3±6.2 a	117.9±4.8 a	118.3±6.0 a
平均日增质量/g ADG	62.3±2.8 b	64.8±2.6 ab	68.2±2.3 a	69.2±1.9 a
料肉比 FCR	1.84±0.03 a	1.78±0.02 ab	1.73±0.03 b	1.71±0.02 b

注:组间不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$),下同。

Note: Different lowercase letters after the data in different treatment indicate significant differences ($P < 0.05$). The same below.

表 4 金银花提取物对肉鸡屠宰性能的影响

Tab. 4 Effects of *Lonicera japonica* Thunb. extract on the slaughter performance of broilers

项目 Item	I (CK)	II	III	IV
屠宰率/% Dressing percentage	89.77±0.65	90.23±0.78	90.35±0.61	90.61±0.58
全净膛率/% Eviscerating percentage	74.98±0.72	75.14±0.68	75.37±0.91	76.09±0.77
胸肌率/% Breast meat percentage	18.24±0.52	18.19±0.55	18.66±0.50	19.04±0.49
腿肌率/% Thigh meat percentage	16.02±0.46	16.72±0.41	16.65±0.47	16.89±0.43
腹脂率/% Abdominal fat percentage	2.45±0.08	2.41±0.04	2.37±0.07	2.29±0.09

表 5 金银花提取物对肉鸡胸肌肉品质的影响

Tab. 5 Effects of *Lonicera japonica* Thunb. extract on the meat quality of breast muscle in broilers

项目 Item	I (CK)	II	III	IV
pH_{24h}	5.86±0.03 a	5.78±0.02 a	5.83±0.04 a	5.89±0.03 a
L^*	55.71±0.68 a	56.76±0.71 a	57.95±0.63 a	57.12±0.79 a
a^*	16.22±1.12 b	17.95±1.26 ab	19.17±1.36 a	19.30±1.08 a
b^*	18.75±0.49 a	17.84±0.52 a	19.21±0.64 a	18.55±0.57 a
滴水损失/% Drip loss	2.38±0.07 a	2.14±0.10 ab	1.97±0.08 b	1.92±0.12 b
蒸煮损失/% Cooking loss	16.57±0.76 a	15.36±0.72 ab	15.04±0.82 ab	14.03±0.65 b
剪切力/N Shear force	29.62±1.21 a	30.23±1.07 a	29.87±0.86 a	29.35±0.95 a

2.3 日粮添加金银花提取物对肉鸡胸肌抗氧化性能的影响

由表 6 可知,与对照组相比,日粮添加 400 mg/kg 和 600 mg/kg 金银花提取物组胸肌的 T-AOC 分别显著提高 23.13% 和 27.21%,GSH-Px 活性分别显著提

高 25.84% 和 35.88%,MDA 含量分别显著降低 17.09% 和 22.70% ($P<0.05$);日粮添加 600 mg/kg 金银花提取物组的 GSH-Px 活性较 200 mg/kg 添加组显著提高 21.97% ($P<0.05$)。日粮添加金银花提取物对肉鸡胸肌的 T-SOD 和 CAT 活性均无显著影响 ($P>0.05$)。

表 6 金银花提取物对肉鸡胸肌抗氧化性能的影响

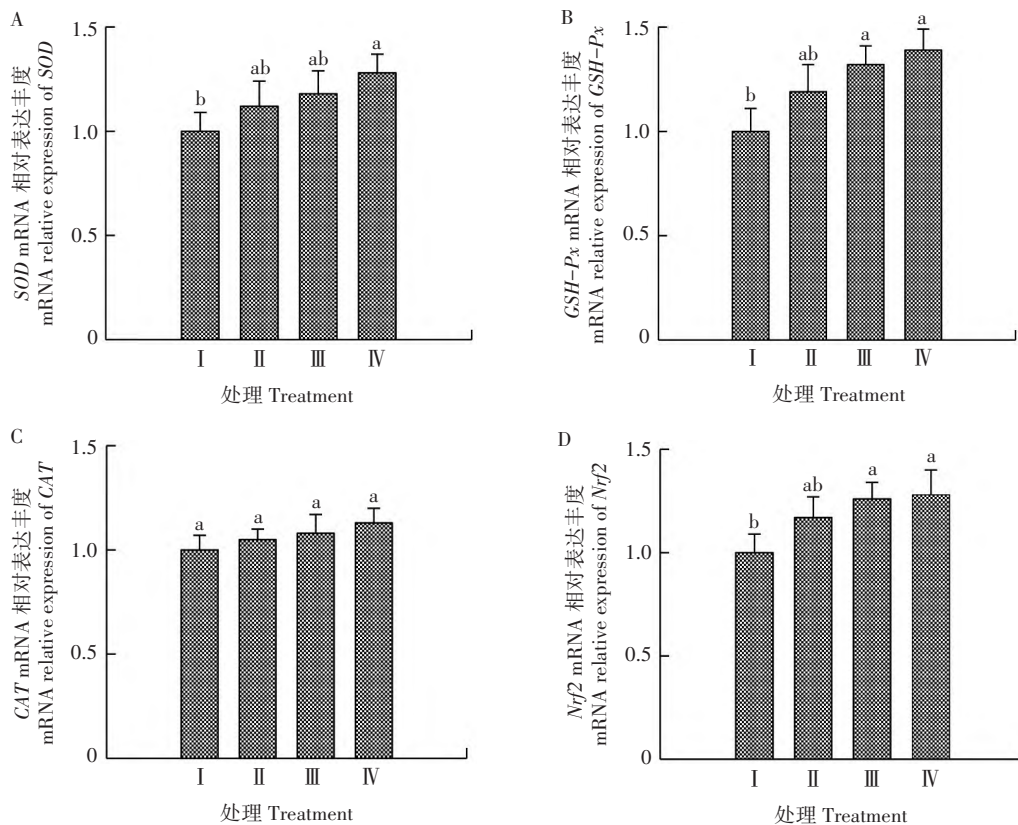
Tab. 6 Effects of *Lonicera japonica* Thunb. extract on the antioxidant capacity of breast muscle in broilers

项目 Item	I	II	III	IV
T-AOC/(U/mg)	1.47±0.08 b	1.68±0.12 ab	1.81±0.09 a	1.87±0.09 a
T-SOD/(U/mg)	32.72±2.59 a	33.29±1.98 a	33.54±2.32 a	34.13±2.10 a
GSH-Px/(U/mg)	9.56±0.89 c	10.65±0.71 bc	12.03±0.83 ab	12.99±0.92 a
CAT/(U/mg)	3.12±0.12 a	3.23±0.10 a	3.27±0.07 a	3.36±0.14 a
MDA/(nmd/mg)	10.53±0.85 a	9.26±0.68 ab	8.33±0.79 b	8.14±0.81 b

2.4 日粮添加金银花提取物对肉鸡胸肌抗氧化相关基因表达的影响

由图 1 可知,日粮添加 600 mg/kg 金银花提取物组胸肌的 *SOD* 基因表达水平显著高于对照组 ($P < 0.05$)

;日粮添加 400 mg/kg 和 600 mg/kg 金银花提取物组胸肌的 *GSH-Px*、*Nrf2* 基因表达水平显著高于对照组 ($P < 0.05$)。日粮添加金银花提取物对肉鸡胸肌的 *CAT* 基因表达水平无显著影响 ($P > 0.05$)。

图 1 金银花提取物对肉鸡胸肌抗氧化相关基因 *SOD*(A)、*GSH-Px*(B)、*CAT*(C)和 *Nrf2*(D)表达的影响Fig. 1 Effects of *Lonicera japonica* Thunb. extract on the expression of antioxidation-related genes *SOD*(A), *GSH-Px*(B), *CAT*(C), and *Nrf2*(D) in breast muscle of broilers

3 结论与讨论

3.1 金银花提取物对肉鸡生产性能的影响

徐斌武^[9]研究发现,日粮中添加 0.3% 金银花粉有提高肉鸡日增质量的趋势,但差异不显著;史沁芳^[10]的研究结果表明,在饮水中添加 1.5% 的金银花复合饲料添加剂(木香:金银花=1:1)能提高肉鸡的采食量和日增质量,并能改善料肉比。本研究结果表明,日粮中添加 400、600 mg/kg 的金银花绿原酸

提取物可改善肉鸡的平均日增质量和饲料转化效率。以上研究结果的差异可能与选用的试验材料不同有关。可见,饲料添加金银花产物对肉鸡生产性能的影响与金银花来源、添加方式和添加量有关。因此,制定金银花产品相关标准是评价其对肉鸡生产性能的影响和将其开发成绿色肉鸡饲料添加剂的前提。另有研究发现,金银花可促进肉鸡胸腺和法氏囊的发育,提高肉鸡的抗体滴度^[11],直接提高肉鸡的免疫力。同时,有研究指出,金银花中的

主要活性成分绿原酸具有抑制肠道有害微生物增殖的功能^[12]。金银花提取物可提高肠道营养物质的消化和吸收效率,从而改善生产性能。

3.2 金银花提取物对肉鸡胸肌肌肉品质的影响

肌肉的pH值、肉色、持水力和嫩度是衡量肉品质的重要指标,其中肉色是消费者选择肉品时最直观的判断标准^[13]。本研究发现,日粮中添加金银花提取物能提高肉鸡胸肌的a*值,保持鸡肉的鲜红,与刘静慧^[14]、黄涛^[15]的研究结果一致。肌肉的红色主要由其中所含的肌红蛋白决定,而肌红蛋白氧化成的高铁肌红蛋白含量过高是致使肉色变暗的主要原因^[16]。本研究中,金银花提取物提高肉鸡胸肌a*值,可能是由于绿原酸的抗氧化能力发挥了作用,延缓肌红蛋白的氧化,这与本研究中金银花提取物添加组肉鸡胸肌抗氧化能力显著提高的结果一致。本研究还发现,日粮添加金银花绿原酸提取物还能降低肉鸡胸肌的滴水损失和蒸煮损失,提高胸肌的持水力,这有利于改善鸡肉烹饪后的多汁性和风味,与ZHAO等^[8]的研究结果一致。日粮中添加杜仲绿原酸可提高热应激肉鸡胸肌的持水力。肌肉的持水力与其细胞膜和肌纤维蛋白的完整性高度相关,持续的氧化应激会破坏这种完整性,造成系水力的降低^[17]。本研究中,金银花绿原酸提取物提高了肉鸡胸肌的抗氧化能力,从而能保护肌肉细胞脂质和蛋白质免受氧化,减少水分的流失,提高胸肌的持水力。

3.3 金银花提取物对肉鸡胸肌抗氧化性能的影响

机体的抗氧化系统发挥着清除体内自由基的功能,抗氧化能力低下时过量自由基易于诱发脂质过氧化和组织损伤^[18]。MDA水平是衡量组织脂质过氧化的重要指标,本研究中,日粮添加金银花提取物能提高肉鸡胸肌的T-AOC和GSH-Px活性,降低胸肌MDA水平,这说明金银花提取物能够改善肉鸡胸肌的抗氧化性能。目前,有关金银花绿原酸提取物对肉鸡抗氧化性能影响的报道较少,而在其他动物的研究中,绿原酸的抗氧化功能得到了证实。黄少文等^[19]研究发现,热应激肉牛日粮中添加0.2%的金银花绿原酸提取物,可显著提高血清中GSH-Px活性和T-AOC,显著降低血清MDA含量;黄少文等^[20]研究发现,日粮中添加300 mg/kg的绿原酸可提高分娩和泌乳母猪血清中GSH-Px的活性;赖星等^[21]也发现,绿原酸可以提高断奶仔猪血浆和肝脏中的GSH-Px活性和T-AOC。金银花提取物中含有绿原酸可能是其改善肉鸡氧化应激状态的主要原

因之一。绿原酸分子结构中含有多个酚羟基,能够清除羟自由基、超氧阴离子自由基和二苯代苦味酰基自由基(DPPH自由基)^[22-23],同时还能通过螯合具有氧化催化作用的金属离子及激活机体的抗氧化防御系统来发挥抗氧化作用^[24-25]。

3.4 金银花提取物对肉鸡胸肌抗氧化相关基因表达的影响

本研究中,日粮添加金银花绿原酸提取物能提高肉鸡胸肌SOD和GSH-Px的基因表达水平,从而提高肉鸡胸肌中抗氧化酶的活性。王宇^[26]在断奶仔猪日粮中添加绿原酸,可提高胰腺SOD基因表达水平,与本研究结果相似。Nrf2是一种重要的抗氧化原件,是调节机体抗氧化酶基因表达的关键因子^[27]。王翔等^[28]研究发现,绿原酸可通过激活Nrf2信号通路,改善脓毒症大鼠自由基的生成和氧化应激反应;陈佳力等^[29]的研究结果表明,绿原酸可通过激活Nrf2通路缓解Diquat体外诱导猪肠上皮细胞的氧化损伤。本研究也发现,日粮添加金银花提取物能提高Nrf2基因表达,表明Nrf2也是金银花绿原酸提取物提高肉鸡胸肌抗氧化性能的关键调控因子。因此,日粮中添加金银花绿原酸提取物可能是通过激活肉鸡胸肌Nrf2,从而增强抗氧化酶基因的表达来提高抗氧化酶活性,改善胸肌的抗氧化能力,提升肉品质。

综上,肉鸡日粮中添加金银花提取物,添加量为400 mg/kg和600 mg/kg时,能提高肉鸡的生产性能,并通过调控胸肌中Nrf2,提高胸肌中GSH-Px基因表达量及其相应的抗氧化酶活性,进而提高胸肌的抗氧化性能,改善肉鸡胸肌肌肉品质。

参考文献:

- [1] 岳道友,李亚明,赵杰. 微生态制剂与其他绿色饲料添加剂在家禽生产中的联合应用[J]. 中国家禽,2016,38(24):60-62.
YUE D Y, LI Y M, ZHAO J. Combined application of microecological agents and other green feed additives in poultry production [J]. Chinese Poultry, 2016, 38 (24) : 60-62.
- [2] 王发国,叶华谷,马其侠,等. 金银花及其药理作用[J]. 生物学通报,2004,39(5):17-18.
WANG F G, YE H G, MA Q X, et al. *Lonicera japonica* Thunb. and its pharmacological action [J]. Bulletin of Biology, 2004, 39(5): 17-18.
- [3] 徐斌武. 金银花在肉鸡饲料中的应用效果研究[J]. 中兽医医药杂志,2014,33(2):59-61.
XU B W. Study on application effect of *Lonicera japonica*

- Thunb. in broiler feed [J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2014, 33(2): 59-61.
- [4] 苗舒, 万发春, 沈维军, 等. 金银花及其副产物在畜禽生产中的应用研究进展 [J]. 中国畜牧杂志, 2022, 58(2): 27-31.
- MIAO S, WAN F C, SHEN W J, et al. Review on the application of *Lonicera japonica* Thunb. and its by-products in livestock and poultry production [J]. Chinese Journal of Animal Husbandry, 2022, 58(2): 27-31.
- [5] 白盼盼, 张晨, 徐美利, 等. 绿原酸类化合物的生物活性及其在畜牧生产中的应用 [J]. 饲料研究, 2022, 45(6): 127-130.
- BAI P P, ZHANG C, XU M L, et al. Biological activity of chlorogenic acids and their application in animal husbandry [J]. Feed Research, 2022, 45(6): 127-130.
- [6] HUANG X, LIU Y, SHEN H, et al. Chlorogenic acid attenuates inflammation in LPS-induced human gingival fibroblasts via CysLT1R/Nrf2/NLRP3 signaling [J]. International Immunopharmacology, 2022, 107: 108706.
- [7] ZHANG K, LI X, ZHAO J, et al. Protective effects of chlorogenic acid on the meat quality of oxidatively stressed broilers revealed by integrated metabolomics and antioxidant analysis [J]. Food Function, 2022, 13(4): 2238-2252.
- [8] ZHAO J S, DENG W, LIU H W. Effects of chlorogenic acid-enriched extract from *Eucommia ulmoides* leaf on performance, meat quality, oxidative stability, and fatty acid profile of meat in heat-stressed broilers [J]. Poultry Science, 2019, 98(7): 3040-3049.
- [9] LIVAK K J, SCHNITZGEN T D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta Ct}$ method [J]. Methods, 2001, 25(4): 402-408.
- [10] 史沁芳. 金银花复合饲料添加剂对肉鸡生长、免疫、组织形态学的影响研究 [D]. 重庆: 重庆师范大学, 2019.
- SHI Q F. Effects of *Lonicera japonica* Thunb. compound feed additive on growth, immunity and histomorphology of broilers [D]. Chongqing: Chongqing Normal University, 2019.
- [11] 李玉杰, 陈海蛟, 崔贞爱, 等. 金银花叶对鸡免疫功能影响的研究 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2011(19): 120-121.
- LI Y J, CHEN H J, CUI Z A, et al. Effects of *Lonicera japonica* Thunb. leaves on immune function in chickens [J]. Heilongjiang Animal Husbandry and Veterinary, 2011(19): 120-121.
- [12] 孙德梅. 金银花叶提取物的抗氧化活性和抑菌作用研究 [J]. 河南科学, 2002, 20(5): 511-513.
- SUN D M. Study on antioxidant activity and antibacterial activity of extracts from *Lonicera japonica* Thunb. leaves [J]. Henan Science, 2002, 20(5): 511-513.
- [13] 巨晓军, 刘一帆, 章明, 等. 鸡肉品质性状评价指标与方法研究进展 [J]. 中国家禽, 2019, 41(2): 44-48.
- JU X J, LIU Y F, ZHANG M, et al. Review on evaluation indexes and methods of chicken quality traits [J]. China Poultry, 2019, 41(2): 44-48.
- [14] 刘静慧. 绿原酸对肉兔生产性能、肉品质及抗氧化性能的影响 [D]. 保定: 河北农业大学, 2020.
- LIU J H. Effects of chlorogenic acid on production performance, meat quality and antioxidant performance of meat rabbits [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2020.
- [15] 黄涛. 金银花提取物对夏季高温条件下肉牛骨骼肌纤维形态和肌肉晶质的影响 [D]. 南昌: 江西农业大学, 2015.
- HUANG T. Effects of *Lonicera japonica* Thunb. extract on fiber morphology and muscle crystal quality of beef cattle skeletal muscle under high temperature in summer [D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2015.
- [16] 吴桂苹. 肉的颜色变化机理及肉色稳定性因素研究进展 [J]. 肉类工业, 2006(6): 32-34.
- WU G P. Review on the mechanism of meat color change and meat color stability factors [J]. Meat Industry, 2006(6): 32-34.
- [17] 樊路杰, 窦鸣乐, 王小宇, 等. 宰后肌肉抗氧化能力与肉品质的关系 [J]. 动物营养学报, 2018, 30(5): 1676-1680.
- FAN L J, DU M L, WANG X Y, et al. Relationship between antioxidant capacity of postmortem muscle and meat quality [J]. Journal of Animal Nutrition, 2018, 30(5): 1676-1680.
- [18] 高冬, 任成蓉, 宋光运. 氧化-抗氧化状态与临床疾病的相关性 [J]. 海峡预防医学杂志, 2015, 21(2): 24-26.
- GAO D, REN C R, SONG G Y. Correlation between oxidation antioxidant status and clinical diseases [J]. Strait Journal of Preventive Medicine, 2015, 21(2): 24-26.
- [19] 符运斌. 金银花绿原酸的提取及其对热应激肉牛抗氧化功能的影响研究 [D]. 南昌: 江西农业大学, 2016.
- FU Y B. Study on extraction of chlorogenic acid from *Lonicera japonica* Thunb. and its effect on antioxidant function of heat stressed beef cattle [D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2016.
- [20] 黄少文, 魏金涛, 赵娜, 等. 绿原酸和维生素E对母猪繁殖和抗氧化性能的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2015,

- 51(24):79-83.
HUANG S W, WEI J T, ZHAO N, et al. Effects of chlorogenic acid and vitamin E on reproduction and antioxidant performance of sows[J]. Chinese Journal of Animal Husbandry, 2015, 51(24):79-83.
- [21] 赖星,陈庆菊,卢昌文,等.日粮添加绿原酸和橙皮苷对断奶仔猪生长性能与肠道功能的影响[J].畜牧兽医学报,2019,50(3):570-580.
LAI X, CHEN Q J, LU C W, et al. Effects of chlorogenic acid and hesperidin on growth performance and intestinal function of weaned piglets [J]. Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2019, 50(3):570-580.
- [22] 关炳峰.金银花中绿原酸类物质的提取、抗氧化及抑菌特性研究[D].武汉:华中农业大学,2007.
GUAN B F. Study on extraction, antioxidant and antibacterial properties of chlorogenic acids from *Lonicera japonica* Thunb. [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2007.
- [23] 刘亚敏,刘玉民,李琼,等.超声波辅助提取山银花绿原酸工艺及其抗氧化性研究[J].食品工业科技,2014,35(1):186-190,195.
LIU Y M, LIU Y M, LI Q, et al. Ultrasonic assisted extraction of chlorogenic acid from *Lonicera japonica* Thunb. and its antioxidant activity [J]. Food Industry Science and Technology, 2014, 35(1):186-190, 195.
- [24] 杨割舟.绿原酸抗氧化活性及其自协同抗氧化机理研究[D].北京:中国农业大学,2016.
YANG J Z. Study on antioxidant activity of chlorogenic acid and its self synergistic antioxidant mechanism [D]. Beijing: China Agricultural University, 2016.
- [25] 王文龙,文超越,郭秋平,等.绿原酸的生物活性及其作用机制[J].动物营养学报,2017,29(7):2220-2227.
WANG W L, WEN C Y, GUO Q P, et al. Biological activity and mechanism of chlorogenic acid [J]. Journal of Animal Nutrition, 2017, 29(7):2220-2227.
- [26] 王宇.绿原酸对断奶仔猪生产性能、肠道健康及抗氧化能力的影响[D].成都:四川农业大学,2019.
WANG Y. Effects of chlorogenic acid on performance, intestinal health and antioxidant capacity of weaned piglets [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2019.
- [27] BOETTLER U, VOLZ N, PAHLKE G, et al. Coffees rich in chlorogenic acid or N-methylpyridinium induce chemopreventive phase II -enzymes via the Nrf2/ARE pathway *in vitro* and *in vivo* [J]. Molecular Nutrition and Food Research, 2011, 55(5):798-802.
- [28] 王翔,何平,王微,等.绿原酸减轻脓毒症模型大鼠肺组织损伤的相关机制研[J].免疫学杂志,2020,36(9):770-776.
WANG X, HE P, WANG W. Study on the mechanism of reducing lung injury by chlorogenic acid in sepsis model rats [J]. Journal of Immunology, 2020, 36(9):770-776.
- [29] 陈佳力.绿原酸对断奶仔猪肠道上皮屏障氧化损伤的保护作用及其机制研究[D].成都:四川农业大学,2019.
CHEN J L. Protective effect of chlorogenic acid on oxidative damage of intestinal epithelial barrier in weaned piglets and its mechanism [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2019.