

蓝咫尺,王韩可,赖世雄,等. 添加牛樟芝多糖和锌对麻黄肉鸡屠宰性能、肉品质及肌肉抗氧化能力的影响[J]. 江苏农业学报 2024, 40(4): 690-697.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2024.04.013

添加牛樟芝多糖和锌对麻黄肉鸡屠宰性能、肉品质及肌肉抗氧化能力的影响

蓝咫尺^{1,2}, 王韩可^{1,2}, 赖世雄^{1,2}, 郑玉才^{1,2}, 李志雄^{1,2}, 唐 林³, 饶开晴^{1,2}

(1.西南民族大学畜牧兽医学院,四川 成都 610041; 2.动物医学四川省高等学校重点实验室,四川 成都 610041; 3.四川丹棱巨星禽业有限公司,四川 眉山 610095)

摘要: 本研究旨在探究饲料中添加牛樟芝多糖和锌对麻黄肉鸡生长性能、屠宰性能及肌肉品质、抗氧化能力的影响,为牛樟芝多糖和锌在肉鸡生产中的应用提供理论依据。选取 35 日龄健康的麻黄肉鸡公鸡 180 羽,随机分为如下 3 组:饲喂基础饲料的对照、饲喂添加 500 mg/kg 牛樟芝多糖(ACP)的基础饲料组(ACP 处理)、饲喂添加 500 mg/kg 牛樟芝多糖+100 mg/kg 锌的基础饲料组(ACP+锌处理),每组设 6 个重复,每个重复设 10 羽鸡。试验期为 28 d,其间记录鸡的生长性能相关指标;63 日龄时,每个重复分别选取 1~2 羽鸡屠宰、采样,测定与屠宰性能、肉品质及肌肉抗氧化性能相关的指标。结果显示,与对照相比,ACP、ACP+锌处理胸肌在屠宰后 45 min 测量所得 pH 值($pH_{45\text{ min}}$ 值)显著升高($P<0.05$),且滴水损失率显著降低($P<0.05$)。与对照、ACP+锌处理相比,ACP 处理胸肌的咀嚼性显著升高($P<0.05$)。与对照相比,ACP、ACP+锌处理胸肌中的丙二醛含量均显著降低($P<0.05$)。由结果看出,在饲料中单独添加牛樟芝多糖或联合添加牛樟芝多糖+锌均可以减少肉鸡胸肌的滴水损失,调节其 pH 值,提高肌肉品质和肉鸡胸肌的抗氧化能力。

关键词: 牛樟芝; 麻黄肉鸡; 屠宰性能; 肉品质; 抗氧化能力

中图分类号: S816.11 文献标识码: A 文章编号: 1000-4440(2024)04-0690-08

Effects of *Antrodia cinnamomea* polysaccharide and zinc on slaughter performance, meat quality and muscle antioxidant capacity of Mahuang broilers

LAN Zhi-lin^{1,2}, WANG Han-ke^{1,2}, LAI Shi-xiong^{1,2}, ZHENG Yu-cai^{1,2}, LI Zhi-xiong^{1,2}, TANG Lin³, RAO Kai-qing^{1,2}

(1.College of Animal and Veterinary Sciences, Southwest Minzu University, Chengdu 610041, China; 2.Key Laboratory of Veterinary Medicine of Universities in Sichuan Province, Chengdu 610041, China; 3.Sichuan Danling Juxing Poultry Industry Co., Ltd., Meishan 610095, China)

Abstract: The purpose of this study was to explore the effects of the addition of *Antrodia cinnamomea* polysaccharides

收稿日期: 2023-09-19

基金项目: 西南民族大学中央高校优秀学生培养工程项目(2023NYXXS112); 四川省科技计划项目(2021YFYZ0031、2023NSFSC0236)

作者简介: 蓝咫尺(1998-), 女, 广东罗定人, 硕士研究生, 主要从事动物生长调控研究。(E-mail) 269213677@qq.com

通讯作者: 饶开晴, (E-mail) 709661082@qq.com

and zinc in the diet on growth performance, slaughter performance, meat quality and antioxidant capacity of Mahuang broilers, and to provide theoretical and experimental basis for the application of *Antrodia cinnamomea* polysaccharides and zinc in broilers production. A total of 180 35-day-old healthy Mahuang broilers were randomly divided into three groups: basal diet group (CK), the basal

diet supplemented with 500 mg/kg *Antrodia cinnamomea* polysaccharides (ACP) group and the basal diet supplemented with 500 mg/kg *Antrodia cinnamomea* polysaccharides and 100 mg/kg zinc (ACP+Zn) group, with six replicates per group and 10 broilers per replicate. The experiment lasted for 28 days, and growth performance related indexes were recorded during the experiment. At 63 days of age, one to two chickens from each replicate group were slaughtered and sampled to determine indexes related to slaughter performance, meat quality and antioxidant activity. The results showed that compared with the control, pH_{45 min} values of breast muscle in ACP and ACP+Zn treatments were significantly increased ($P<0.05$), and drip loss rate was significantly decreased ($P<0.05$). Compared with control and ACP+Zn treatment, the chewiness of breast muscle in ACP treatment was significantly increased ($P<0.05$). Compared with the control, malondialdehyde (MDA) content in breast muscle in ACP and ACP+Zn treatments was significantly decreased ($P<0.05$). The results indicated that dietary supplementation of *Antrodia cinnamomea* polysaccharides alone or combined supplementation of *Antrodia cinnamomea* polysaccharides and zinc could reduce the drip loss of breast muscle, regulate its pH, improve muscle quality and antioxidant capacity of broilers breast muscle.

Key words: *Antrodia cinnamomum*; Mahuang broiler; slaughter performance; meat quality; antioxidant capacity

随着人们生活水平的不断提高,消费者对鸡肉的肉质、口感等要求也越来越高。在此背景下,如何提高肉鸡肌肉的品质成为研究者们关注的热点。目前,国内外研究者对肌肉品质进行评定的指标体系主要集中在感官评价、理化指标评定方面。感官评价的可比性、重现性受人为因素的影响较大,不易标准化,适用于消费者角度的评价。理化指标则是用仪器设备检测的肉色、嫩度、持水力和与风味有关的化学物质等,因此基于理化指标的评价提高了评价的准确性与科学性。总体来说,肉色、pH值、失水率等是评价肌肉品质的常规指标,通过营养调控的方式促进肉鸡健康生长、改善肉品质是目前禽类养殖研究的重要思路。

鸡肉的品质与机体本身的抗氧化能力密切相关,丙二醛(MDA)在鸡体内的含量是评判鸡抗氧化能力的重要指标^[1-2]。研究发现,随着储存时间变长,宰后肉鸡胴体肌肉中的活性氧(ROS)含量随之增多,产生大量MDA^[3],使肌肉pH值下降,滴水损失增加,从而造成鸡肉品质下降^[4]。由此可以看出,提高鸡肌肉的抗氧化性能是改善鸡肌肉品质的有效途径之一。

牛樟芝多糖(ACP)是一种从中国特有药用真菌牛樟芝中提炼出的活性成分,具有抗氧化、消炎的作用^[5]。马维梅等^[6]研究发现,ACP可通过提高机体抗氧化酶的活性,增强机体的抗氧化能力。锌作为机体的一种必需微量元素,是酶促反应的辅助因子^[7],体内多种酶都需要通过锌的催化来参与家禽生长、繁殖等多种生理活动。同时,锌是铜/锌超氧化物歧化酶(SOD)的辅助因子,它可以促进SOD的

合成,而SOD在保护细胞免受氧自由基侵害方面起着抗氧化作用^[8]。现有研究发现,在日粮中添加锌可以提升蛋鸡的免疫能力^[9]和机体的抗氧化性能^[10],并改善肉鸡肌肉品质^[11]。另外有研究发现,在多糖的保护下,锌不仅可以显著提高鸡胚对锌的吸收能力,还可以保护胃肠道^[12]。

以上研究结果表明,多糖、锌都能够提高鸡机体的抗氧化能力,但单独添加ACP或联合添加ACP和锌对肉鸡肌肉品质影响的研究较少。本研究拟通过在饲料中单独添加ACP及联合添加ACP+锌,研究其对麻黄肉鸡生长性能、屠宰性能、肉品质及肌肉抗氧化性能的影响,探究其能否提高肌肉品质,并比较不同添加方式的影响效果,以期ACP、锌在肉鸡养殖生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

麻黄肉鸡公鸡购自丹棱巨星禽业有限责任公司种鸡场;牛樟芝多糖(主要成分为 β -葡聚糖,纯度为87.0%)购自陕西本禾生物工程有限公司;七水硫酸锌($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,纯度为99.5%)购自福晨(天津)化学试剂有限公司。

1.2 试验设计

选择180羽健康的35日龄麻黄肉鸡公鸡,随机分为3组:A组为对照,饲喂基础饲料;B组为ACP处理,饲喂基础饲料+500 mg/kg ACP;C组为ACP+锌处理,饲喂基础饲料+500 mg/kg ACP+100 mg/kg锌。每组设6个重复,每个重复设10羽鸡,各组麻黄肉鸡的初始体质量无显著差异($P>0.05$),试验期为28 d。

在本试验中,ACP 的添加剂量参考 Liu 等^[13]的研究,Zn 的添加剂量参考 Wang 等^[14]的研究。

1.3 饲料组成

基础饲料的配制参考美国国家研究委员会(NRC)制定的饲料营养需求标准(1994 年)和黄羽肉鸡营养需要量相关的最新国标《黄羽肉鸡营养需要量》(NY/T 3645-2020),试验按照 35~63 日龄阶段配制粉状玉米-豆粕型基础饲料,风干的基础饲料组成如下:67.70%玉米,24.00%豆粕,4.65%粗制大豆油,0.30%氯化钠,0.85%石粉,1.70%磷酸氢钙,0.20% DL-赖氨酸,0.20% DL-甲硫氨酸,0.10% DL-苏氨酸,0.22% 预混料,0.08% 玉米淀粉。营养水平(计算值)如下:13.07 MJ/kg 代谢能,16.86% 粗蛋白质,0.82% 钙,0.37% 有效磷,0.90% 赖氨酸,0.44% 甲硫氨酸,0.63% 苏氨酸,0.67% 甲硫氨酸+半胱氨酸(上述营养物质含量为其质量占全部营养成分质量的比例)。另外,预混料可为 1 kg 饲料(风干)提供如下营养:5 000.0 IU 维生素 A,5 100.0 IU 维生素 D₃,19.2 IU 维生素 E,12.400 mg 维生素 K₃,1.200 mg 维生素 B₁,2.400 mg 维生素 B₆,0.012 mg 维生素 B₁₂,12.000 mg 泛酸钙,39.000 mg 烟酸,1.200 mg 叶酸,0.189 mg 生物素,700.000 mg 胆碱,8.000 mg 铜(以 CuSO₄·5 H₂O 计),60.000 mg 锌(以 ZnSO₄·7 H₂O 计),110.000 mg 锰(以 MnSO₄·H₂O 计),0.150 mg 硒(以 NaSeO₃ 计),0.350 mg 碘(以 KI 计)。

1.4 饲养管理及样品采集

1.4.1 饲养管理 饲养试验在四川丹棱巨星禽业有限公司种鸡场进行,试验肉鸡以笼为单位饲养在不锈钢鸡笼中,自由采食和饮水,每个处理的鸡笼均匀分布在鸡舍内,全天光照,按正常程序进行免疫接种^[15]。

1.4.2 样品采集 试验进行 28 d 后,鸡禁食不禁水。试验进行 12 h 后,每组、每个重复随机选 1~2 羽体质量接近该重复平均体质量的麻黄肉鸡,分别用于屠宰及采样。通过颈静脉放血处死鸡后,采集鸡右侧胸肌、腿肌用于常规肉品质的检测,采集鸡左侧胸肌、腿肌样品放入液氮中,用于抗氧化相关指标的测定。

1.5 指标的测定

1.5.1 生长性能指标 试验期间,每天准确记录每个处理鸡的加料量、余料量,分别于鸡 35 日龄、63 日龄时称质量,以重复笼为单位记录鸡的采食量、增

质量。计算各组的平均日采食量(ADFI)、平均日增质量(ADG)、料质比(F/G , F 表示饲料质量, G 表示鸡增质量)。若有死鸡则于当天记录日龄、质量及余料质量,重新统计采食量、增质量^[12]。

1.5.2 屠宰性能指标 试验 28 d 后,从每个重复中选取 1 羽鸡,称取活体质量后放血屠宰,称取屠体质量、全净膛质量,计算其所占宰前体质量的比例。称取胸肌质量、腿肌质量和腹脂质量,计算其所占全净膛质量的比例^[16]。相关计算公式如下:

屠宰率=(屠体质量/宰前体质量)×100%;

全净膛率=(全净膛质量/宰前体质量)×100%;

胸肌率=(两侧胸肌质量/全净膛质量)×100%;

腿肌率=(两侧腿肌质量/全净膛质量)×100%;

腹脂率=(腹脂质量/全净膛质量)×100%。

1.5.3 肉品质指标 在每个重复中选择 1~2 羽体质量相近的麻黄肉鸡(每组共选择 8 羽)进行肉品质的测定及采样。采集肉鸡右侧胸肌、腿肌用于肉品质的测定。根据《畜禽肉质的测定》(NY/T 1333-2007)中的方法在肉鸡屠宰后 45 min 测量所得肌肉 pH 值(pH_{45 min})、滴水损失率、蒸煮损失率,用全自动色差计测定肌肉亮度(L^*)、红度(a^*)、黄度(b^*)^[17]。

1.5.4 质构性质指标 分别将煮熟后的鸡胸肌、腿肌切成大小相同、厚度一致的方块,用质构仪进行肌肉硬度、弹性、黏附性、咀嚼性、内聚性和恢复性的测定^[18]。

1.5.5 肌肉抗氧化相关指标 称取 1 g 胸肌,与生理盐水按 1:9 的质量体积比进行混合,并用组织匀浆器将肌肉组织破碎,于 2 500 r/min 离心 10 min,取上清液待测^[19]。按照试剂盒说明书测定胸肌的抗氧化相关指标。SOD 活性采用 WST-1 法(试剂盒批号:A001-3)测定,MDA 含量采用硫代巴比妥酸法(试剂盒批号:A003-1)测定,过氧化氢酶(CAT)活性采用钼酸铵法(试剂盒批号:A007-1-1)测定。以上指标使用酶标仪(SoftMax Pro 7 Software SMP7 TY2021004336)进行检测,所有试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.6 数据统计与分析

试验数据用 SPSS 22.0 软件进行统计分析,并进行方差分析(ANOVA),用 Duncan's 法进行多重比较检验。 $P>0.05$ 表示差异不显著, $P<0.05$ 表示差异显著。结果均用“平均值±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 ACP、ACP+锌处理对麻黄肉鸡生长性能的影响

由表 1 可知,在对照、ACP 处理、ACP+锌处理

之间,麻黄肉鸡平均统计末期体质量、平均日采食量、平均日增质量和料质比均无显著差异($P>0.05$)。

表 1 牛樟芝多糖(ACP)、ACP+锌处理对麻黄肉鸡生长性能的影响

Table 1 Effects of *Antrodia cinnamomea* polysaccharides (ACP), ACP and zinc on growth performance of Mahuang broilers

处理	平均初始质量 (1羽,g)	平均统计末期体质量 (1羽,g)	平均日采食量 (1羽,g/d)	平均日增质量 (1羽,g)	料质比
对照	977.04±11.29a	2 082.67±33.74a	124.12±3.29a	63.83±1.82a	1.95±0.08a
ACP 处理	969.67±16.51a	2 069.83±22.60a	123.78±2.02a	63.20±1.62a	1.96±0.04a
ACP+锌处理	1 000.08±14.29a	2 091.67±38.07a	129.26±2.75a	63.28±2.07a	2.05±0.06a

ACP:牛樟芝多糖。同列数据后标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 ACP、ACP+锌处理对麻黄肉鸡器官质量的影响

由表 2 可知,麻黄肉鸡肝脏、脾脏、胰腺、法氏

囊、心脏、胸腺质量在对照、ACP 处理、ACP+锌处理之间均无显著差异($P>0.05$)。

表 2 牛樟芝多糖(ACP)、ACP+锌处理对麻黄肉鸡器官质量的影响

Table 2 Effects of *Antrodia cinnamomea* polysaccharides (ACP), ACP and zinc on weight of organs of Mahuang broilers

处理	心脏质量 (g)	肝脏质量 (g)	脾脏质量 (g)	胰腺质量 (g)	法氏囊质量 (g)	胸腺质量 (g)
对照	7.79±0.26a	41.47±3.30a	4.93±0.40a	3.85±0.25a	1.48±0.28a	8.48±1.18a
ACP 处理	8.89±0.54a	38.50±5.48a	4.15±0.49a	4.30±0.19a	1.40±0.13a	7.92±0.74a
ACP+锌处理	7.76±0.46a	41.41±2.15a	3.89±0.42a	3.69±0.40a	1.69±0.40a	8.79±0.94a

ACP:牛樟芝多糖。同列数据后标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。表中器官质量为 8 羽鸡的总和。

2.3 ACP、ACP+锌处理对麻黄肉鸡屠宰性能的影响

由表 3 可知,麻黄肉鸡的屠宰率、全净膛率、胸肌率、腿肌率及腹脂率在对照、ACP 处理、ACP+锌

处理之间均无显著差异($P>0.05$),对照、ACP 处理、ACP+锌处理麻黄肉鸡的全净膛率均达到 65.00%以上,表明肉用价值较好。

表 3 牛樟芝多糖(ACP)、ACP+锌处理对麻黄肉鸡屠宰性能的影响

Table 3 Effects of *Antrodia cinnamomea* polysaccharides (ACP), ACP and zinc on slaughter performance of Mahuang broilers

处理	屠宰率(%)	全净膛率(%)	胸肌率(%)	腿肌率(%)	腹脂率(%)
对照	91.66±0.30a	68.63±0.65a	16.32±0.60a	20.75±1.04a	2.44±0.50a
ACP 处理	92.13±0.61a	68.67±0.55a	16.40±0.40a	20.51±1.30a	2.65±0.54a
ACP+锌处理	91.47±0.44a	68.89±0.90a	16.30±0.79a	20.18±1.00a	2.99±0.41a

ACP:牛樟芝多糖。同列数据后标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.4 ACP、ACP+锌处理对麻黄肉鸡胸肌、腿肌肉品质的影响

由表 4 可知,ACP、ACP+锌处理麻黄肉鸡胸肌的 pH_{45 min} 值显著高于对照($P<0.05$),提升幅度分别为 1.7%、1.0%;ACP 处理、ACP+锌处理麻黄肉鸡胸肌的滴水损失率均显著低于对照($P<0.05$),分别较对照降低了 13.8%、13.1%;在各处理之间,蒸煮损失率无显著差异($P>0.05$)。上述结果

表明,添加 ACP、ACP+锌能够减少麻黄肉鸡胸肌的滴水损失。

2.5 ACP、ACP+锌处理对麻黄肉鸡胸肌、腿肌质构特性的影响

由表 5 可知,与对照、ACP+锌处理相比,ACP 处理麻黄肉鸡胸肌的咀嚼性显著升高($P<0.05$),分别提高 87.1%、55.9%,表明在基础饲料中单独添加 ACP 能改善麻黄肉鸡胸肌肌肉的口感。麻黄肉鸡

胸肌、腿肌的硬度、弹性、黏附性、内聚性及恢复性在各处理之间均无显著差异($P>0.05$)。

表 4 牛樟芝多糖(ACP)、ACP+锌处理对麻黄肉鸡胸肌、腿肌肉品质的影响

Table 4 Effects of *Antrodia cinnamomea* polysaccharides (ACP), ACP and zinc on breast muscle and leg muscle quality of Mahuang broilers

处理	处理	亮度 (L^*)	红度 (a^*)	黄度 (b^*)	pH _{45 min} 值	滴水损失率 (%)	蒸煮损失率 (%)
胸肌	对照	37.46±1.32a	2.35±0.43a	6.07±0.60a	7.17±0.02b	2.75±0.09a	15.56±0.59a
	ACP 处理	38.39±0.83a	2.44±0.45a	5.10±1.06a	7.29±0.03a	2.37±0.13b	14.66±0.58a
	ACP+锌处理	39.95±1.26a	3.63±0.58a	4.56±0.75a	7.24±0.04a	2.39±0.08b	14.38±0.44a
腿肌	对照	45.46±1.36a	2.54±0.62a	6.06±1.15a	7.50±0.02a	1.98±0.12a	16.11±0.51a
	ACP 处理	48.26±1.75a	2.57±0.65a	3.96±1.03a	7.48±0.03a	1.85±0.07a	16.07±0.69a
	ACP+锌处理	48.76±1.04a	2.99±1.51a	5.51±0.95a	7.36±0.12a	1.89±0.08a	15.84±0.76a

ACP:牛樟芝多糖。同列数据后标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$);pH_{45 min}值:屠宰后 45 min 所测肌肉 pH 值。

表 5 牛樟芝多糖(ACP)、ACP+锌处理对麻黄肉鸡胸肌和腿肌质构特性的影响

Table 5 Effects of *Antrodia cinnamomea* polysaccharides (ACP), ACP and zinc on breast muscle and leg muscle texture characteristics of Mahuang broilers

组织	处理	硬度 (g)	弹性 (mm)	黏附性 (N×mm)	咀嚼性 (mJ)	内聚性	恢复性
胸肌	对照	479.13±116.97a	0.75±0.03a	8.46±1.57a	136.75±29.59b	0.51±0.03a	0.28±0.02a
	ACP 处理	458.60±108.77a	0.76±0.03a	8.66±2.88a	255.80±46.78a	0.54±0.02a	0.32±0.02a
	ACP+Zn 处理	355.95±68.55a	0.75±0.04a	5.07±0.72a	164.04±27.08b	0.57±0.03a	0.32±0.02a
腿肌	对照	107.63±15.34a	0.93±0.01a	7.38±2.29a	74.16±11.70a	0.73±0.03a	0.42±0.04a
	ACP 处理	207.03±45.60a	0.87±0.03a	6.19±1.13a	113.00±18.85a	0.69±0.03a	0.38±0.02a
	ACP+Zn 处理	217.79±48.75a	0.88±0.03a	5.91±2.38a	141.39±33.54a	0.74±0.01a	0.44±0.01a

ACP:牛樟芝多糖。同列数据后标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.6 ACP、ACP+锌处理对麻黄肉鸡胸肌抗氧化相关指标的影响

由表 6 可知,与对照相比,ACP、ACP+锌处理麻黄肉鸡的胸肌 MDA 含量显著降低($P<0.05$),降幅分别为 18.4%、14.4%。上述结果表明,添加 ACP、ACP+锌能减少麻黄肉鸡胸肌中的 MDA 含量,起到抗氧化作用;胸肌 SOD、CAT 活性在各处理之间均无显著差异($P>0.05$)。

表 6 牛樟芝多糖(ACP)、ACP+锌处理对麻黄肉鸡胸肌抗氧化相关指标的影响

Table 6 Effects of *Antrodia cinnamomea* polysaccharides (ACP), ACP and zinc on breast muscle antioxidant indexes of Mahuang broilers

处理	超氧化物歧化酶 活性(U/mg)	过氧化氢酶活性 (U/mg)	丙二醛含量 (nmol/mg)
对照	1.03±0.02a	0.36±0.07a	1.74±0.13a
ACP 处理	1.01±0.02a	0.32±0.05a	1.42±0.06b
ACP+锌处理	0.95±0.04a	0.35±0.05a	1.49±0.05b

ACP:牛樟芝多糖。同列数据后标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 ACP、ACP+锌处理对麻黄肉鸡生长性能、屠宰性能和各器官质量的影响

植物中的多糖类化合物能够有效提高肉鸡的生长性能。姬普雨等^[20]研究发现,刺五加多糖可以提高肉鸡的平均日增质量,降低料质比。梁英等^[21]研究发现,黄芩多糖能促进肉鸡的生长发育。本研究中,在麻黄肉鸡饲料中单独添加 500 mg/kg ACP 和联合添加 500 mg/kg ACP+100 mg/kg 锌后,对麻黄肉鸡平均日增质量、平均日采食量和料质比均无显著影响,可能是由于多糖和锌的种类、添加剂量的不同及受环境等因素影响。有研究发现,屠宰率、全净膛率、胸肌率、腿肌率及腹脂率等具体指标能够反映肉鸡的肉用性能,并能反映畜禽全身组成和食用部分的比例,因此这些指标可作为评判畜禽生长情况与经济效益的重要参考^[22]。在本试验中,在麻黄肉鸡饲料中添加

ACP、联合添加 ACP+锌处理对出栏麻黄肉鸡屠宰性能没有显著影响,但其肉用性能良好,屠宰率在 90.00% 以上,全净膛率在 65.00% 以上^[23]。另外,麻黄肉鸡各器官质量在各处理之间无显著差异,具体机制还有待进一步研究。

3.2 ACP、ACP+锌处理对麻黄肉鸡肌肉品质及质构特性的影响

肉的品质可以根据肉色、pH 值、滴水损失及蒸煮损失等^[24-27]指标进行判断。一般情况下,肉色的鲜艳程度与肉质好坏相关^[28],肉色如果呈淡红色,可增加消费者对肉品的购买欲望。如果肌肉亮度(L^*)较低、不发白、红度(a^*)较高、黄度(b^*)低,表明肌肉颜色较好^[29]。肌肉的红度取决于其中的肌红蛋白含量,但是当肌红蛋白氧化生成的高铁肌红蛋白的含量过高时,会使肉色变暗^[30]、光泽度降低。

肌肉的 pH 值也是影响鸡肉风味的主要因素之一^[31],鸡肉存放得越久,肌肉中的酸性物质使其 pH 值下降,减弱了水与蛋白质的结合力,使肌肉的锁水能力变弱,液体大量流出,滴水损失随之增加,肌肉变得干涩无味,造成肉品质降低^[32]。由此可见,肌肉表面渗出的水分越少、pH 值越高,其保水力就越强,从而可以延长其储存时间^[33-34]。李伟等^[35]研究发现,在饲料中添加一定量的香菇多糖能够有效提升肌肉红度、改善鸡肉品质。廖秀冬等^[11]研究发现,在饲料中添加锌可以减少肌肉的滴水损失。本试验发现,单独添加 ACP 对麻黄肉鸡胸肌肉色没有明显影响,添加 ACP 或 ACP+锌均使麻黄肉鸡胸肌肌肉 pH_{45 min} 值保持在适宜的范围,并降低了滴水损失率。由此可见,在饲料中添加 ACP、ACP+锌均可以提高麻黄肉鸡胸肌肌肉品质。

肌肉的质构测定结果可用于直观地评判肉品质的适口性并作出客观评价^[36]。郝红涛等^[37]在进行肉类制品质构特性的研究中发现,肌肉内部蛋白质基质结构的紧密程度与内聚力相关,当内聚力增大时,蛋白质基质之间的结合变得紧密,肉品质就会变得更好。有研究发现,多糖能促进凝胶形成,从而加固蛋白质的空间网络结构,并且在氢键作用下,多糖分子可使凝胶网络结构更加稳固^[38],让肌肉口感更佳。本试验结果表明,在饲料中添加 ACP 可增加肉鸡胸肌的咀

嚼性。上述结果说明,添加 ACP 可以使肉鸡胸肌的口感更好。

3.3 ACP、ACP+锌处理对麻黄肉鸡胸肌抗氧化能力的影响

肉品质的好坏与抗氧化能力密切相关,增强肉鸡机体自身的抗氧化能力,减少其受到的氧化应激,就能提高肉品质^[39]。当 ROS 含量快速增多时,脂质的过氧化程度也逐渐升高,这是肌肉中抗氧化物质活性或含量下降造成的结果,随后肌肉中 MDA 含量升高,肌肉细胞的糖酵解过程加快,从而使肌肉 pH 值下降^[40],肌肉锁水能力降低,细胞变得容易失水,并伴随着肌肉肉色逐渐变差。由此可见,肌肉的抗氧化能力会直接影响肌肉的肉品质^[41]。有研究发现,植物多糖可降低机体中 MDA 的含量,间接减少自由基对机体造成的伤害,从而起到抗氧化的作用^[42]。还有研究发现,在饲料中添加具有抗氧化功能的物质(如多糖),可在提高肌肉抗氧化能力的同时使肌肉细胞膜的完整性得到保护,从而提高肉鸡的肌肉品质^[43]。王坤等^[44]研究发现,添加蒲公英多糖可减少胸肌中的 MDA 含量。姬普雨等^[20]研究发现,添加刺五加多糖可以显著降低 MDA 含量,这与本试验研究结果较一致。在本试验中,在饲料中单独添加 ACP 或添加 ACP+锌均能显著降低肉鸡胸肌中 MDA 含量,起到减少氧化损伤的作用,同时提高胸肌 pH 值,减少胸肌滴水损失,改善肉质,延长肉品的存放时间,这与牛樟芝多糖和锌具有增强机体的抗氧化功能有关。

4 结 论

由本研究结果可以看出,在鸡饲料中添加 ACP、ACP+锌均可以有效提升麻黄肉鸡的胸肌抗氧化能力,减少胸肌肌肉滴水损失,并调节胸肌肌肉 pH 值,从而提升肌肉品质。

参考文献:

- [1] ZHAO C Y, TAN S X, XIAO X Y, et al. Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers[J]. Biological Trace Element Research, 2014, 160(3): 361-367.
- [2] MSEDDEI M, BEN M R, GARGOURI B, et al. Protein oxidation and auto antibodies reactively against malondialdehyde and hydrogen peroxide modified thyroid antigens in plasma of patients with

- graves' disease and hashimoto thyroiditis[J]. *Chemico-Biological Interactions*, 2017, 272: 145-152.
- [3] 齐婷婷, 张一敏, 杨啸吟, 等. 氧化应激对牛肉肉色及其稳定性的影响研究进展[J]. *食品科学*, 2023, 44(7): 260-266.
- [4] COETZEE G J M, HOFFMAN L C. Effect of dietary vitamin E on the performance of broilers and quality of broiler meat dueing refrigerate and frozen storage[J]. *South African Society of Animal Science*, 2001, 31(3): 158-173.
- [5] 李 晶, 冯 娜, 王升阳, 等. 牛樟芝化学成分及其药理作用研究进展[J]. *生物技术通报*, 2021, 37(11): 14-31.
- [6] 马维梅, 赖世雄, 杨 佳, 等. 牛樟芝多糖和锌对肉鸡生长性能、血清生化指标以及抗氧化能力的影响[J]. *动物营养学报*, 2023, 35(6): 3684-3697.
- [7] 于素芳, 白忠贞. 精液微量元素锌、铜及铅对精子质量的影响[J]. *中国男科学杂志*, 2000(2): 137-140.
- [8] 李大刚, 王 宏, 周桂莲. 微量元素锌的抗氧化作用研究[J]. *饲料研究*, 2008(11): 38-41.
- [9] 郑爱娟, 陈 将, 白 洁. 日粮添加不同水平硫酸锌对京红蛋鸡免疫机能和蛋品质的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2018, 45(10): 2707-2715.
- [10] 张亚男, 齐晓龙, 武书庚, 等. 硫酸锌和蛋氨酸对产蛋后期蛋鸡生产性能、蛋品质及抗氧化性能的影响[J]. *动物营养学报*, 2013, 25(12): 2873-2882.
- [11] 廖秀冬, 吕 林, 王光瑛, 等. 日粮锌水平对4~6周龄肉仔鸡生长性能、胴体性能及肉品质的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2011, 38(9): 5-9.
- [12] SUN X, LU L, LIAO X, et al. Effect of in ovo zinc injection on the embryonic development and epigenetics related indices of zinc-deprived broiler breeder eggs[J]. *Biological Trace Element Research*, 2018, 185(2): 456-464.
- [13] LIU Z, WANG X, OU S, et al. Effects of achyranthes bidentata polysaccharides on intestinal morphology, immune response, and gut microbiome in yellow broiler chickens challenged with *Escherichia coli* K88[J]. *Polymers*, 2018, 10(11): 1233.
- [14] WANG X, KIESS A S, PEEBLES E D, et al. Effects of bacillus subtilis and zinc on the growth performance, internal organ development, and intestinal morphology of male broilers with or without sub-clinical coccidia challenge[J]. *Poultry Science*, 2018, 97(11): 3947-3956.
- [15] 李小平. 商品肉鸡免疫程序的制定[J]. *江西畜牧兽医杂志*, 2021(4): 47-51.
- [16] 中华人民共和国农业部. 家禽生产性能名词术语和度量统计方法: NY/T 823-2004[S]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 5-6.
- [17] 中华人民共和国农业部. 畜禽肉质的测定: NY/T 1333-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [18] 芮汉明, 蒋宁飞. 微波处理对白切鸡肌肉质构的影响[J]. *食品工业科技*, 2008, 3: 138-139.
- [19] WANG L, PIAO X L, KIM S W, et al. Effects of *Forsythia suspensa* extract on growth performance, nutrient digestibility and antioxidant activities in broiler chickens under high ambient temperature[J]. *Poultry Science*, 2008, 87(7): 1287-1294.
- [20] 姬普雨, 王慧景. 刺五加多糖对肉鸡生长性能、免疫功能和抗氧化能力的影响[J]. *饲料研究*, 2022, 45(4): 52-55.
- [21] 梁 英, 姜 宁, 何雯娟, 等. 黄芩多糖对肉仔鸡生长性能和免疫功能的影响[J]. *动物营养学报*, 2010, 22(4): 1031-1036.
- [22] 陈 露, 赵道远, 吴建民, 等. 橙皮苷和迷迭香酸对白羽肉鸡生长性能、肉品质及抗氧化功能的影响[J]. *南京农业大学学报*, 2023, 46(4): 756-763.
- [23] 张 城, 徐源扬, 李 冲, 等. 马站红鸡公鸡屠宰性能、肌肉品质与营养成分评价分析[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2022(4): 59-63.
- [24] FERNÁNDEZ-BARROSO M Á, SILIÓ L, RODRÍGUEZ C, et al. Genetic parameter estimation and gene association analyses for meat quality traits in open-air free-range Iberian pig[J]. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 2020, 137(6): 581-598.
- [25] 范铭良, 郝淑贤, 李来好, 等. 真空冷藏条件下罗非鱼内源蛋白酶对鱼片质构劣化的作用[J]. *南方农业学报*, 2023, 54(2): 555-563.
- [26] 施 帅, 吴 平, 高勤学, 等. 苏姜猪与淮猪营养成分及肉质的研究[J]. *江苏农业科学*, 2022, 50(19): 192-196.
- [27] 张秀花, 杨 光, 杨 波. 过热蒸汽处理对猪肉品质及氧化稳定性的影响[J]. *生物加工过程*, 2023, 21(1): 98-106.
- [28] HUGHES J M, CLARKE F M, PURSLOW P P, et al. Meat color is determined not only by chromatic heme pigments but also by the physical structure and achromatic light scattering properties of the muscle[J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2020, 19(1): 44-63.
- [29] STRANGE E D. Simplified methodology for measuring meat color[J]. *Journal of Food Science*, 1974, 39: 988-992.
- [30] 马彦博, 白东英, 董淑丽, 等. 果寡糖对固始鸡生产性能、胴体组成和肉品质的影响[J]. *中国饲料*, 2006(20): 16-18, 21.
- [31] 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.
- [32] 吴 涛, 江小帆, 杨发荣, 等. 日粮中不同藜麦添加水平对芦花鸡肉品质及微量元素的影响[J]. *浙江农业学报*, 2022, 34(5): 897-907.
- [33] YANG T, WANG X Y, WEN M, et al. Effect of manganese supplementation on the carcass traits, meat quality, intramuscular fat, and tissue manganese accumulation of Pekin duck[J]. *Poultry Science*, 2021, 100(5): 101064.
- [34] REN Q C, XUAN J J, YAN X C, et al. Effects of dietary supplementation of guanidino acetic acid on growth performance, thigh meat quality and development of small intestine in Partridge-Shank broilers[J]. *The Journal of Agricultural Science*, 2018, 156(9): 1130-1137.
- [35] 李 伟, 艾勇波. 饲料添加香菇多糖对肉鸡生产性能、肉品质和免疫功能的影响[J]. *中国饲料*, 2022(10): 40-43.
- [36] 郭 焘, 胡宇超, 杨 毅, 等. 复合营养素对羔羊生长性能、屠宰性能、肉品质及肌肉抗氧化能力的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2022, 58(10): 268-275.

- [37] 郝红涛,赵改名,柳艳霞,等. 肉类制品的质构特性及其研究进展[J]. 食品与机械,2009,25(3):125-128.
- [38] 张英萍,高爱武,成立新,等. 芥末粗多糖对牛肉糜质构特性及氧化稳定性的影响[J]. 畜牧与饲料科学,2022,43(2):95-104.
- [39] 杨耀翔,杨 玉,董晓芳,等. 苜蓿多糖对不同性别肉仔鸡生长性能、屠宰性能、肉品质及抗氧化性能的影响[J]. 动物营养学报,2017,29(2):488-501.
- [40] 杨 密,宋宇朵,陈 瑞,等. 饲粮甜菜碱水平对雪山草鸡腿肌肉品质、糖酵解水平和抗氧化能力的影响[J]. 南京农业大学学报,2022,45(3):578-586.
- [41] LIU S J, WANG J, HE T F, et al. Effects of natural capsicum extract on growth performance, nutrient utilization, antioxidant status, immune function, and meat quality in broilers [J]. Poultry Science, 2021, 100(9): 101301.
- [42] 宋晨光. 植物多糖抗氧化活性研究进展[J]. 中国果菜, 2022, 42(4): 25-33.
- [43] 乔 敏,张生楠,郭世伟,等. 黄花蒿多糖对肉仔鸡生长性能、肌肉抗氧化指标及肉品质的影响[J]. 饲料工业, 2023, 44(3): 59-65.
- [44] 王 珅,毕聪明,陈 强,等. 蒲公英多糖对肉鸡血清生化指标及抗氧化指标的影响[J]. 畜牧与兽医, 2015, 47(5): 74-76.

(责任编辑:徐 艳)