魏盼琪,杨　佳,郑玉才,等. 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡生产性能、抗氧化能力及免疫性能的影响[J]. 江苏农业学报,2024,40(10):1882-1890.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2024.10.013

饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡生产性能、抗氧化能力及免疫性能的影响

魏盼琪[1]，　杨　佳[1]，　郑玉才[1]，　李志雄[1]，　倪建华[2]，　冯卫东[3]，　饶开晴[1]
(1.西南民族大学畜牧兽医学院/动物医学四川省高等学校重点实验室,四川 成都 610041；2.乡城县藏咯咯农业开发有限公司,四川 甘孜 626700；3.四川省甘孜藏族自治州畜牧业科学研究所,四川 甘孜 626000)

摘要： 本研究在饲料中分别添加非淀粉多糖复合酶制剂、抗菌肽及二者联合添加,探究其对藏鸡生产性能、抗氧化能力及免疫性能的影响。挑选 240 羽 14 日龄健康藏鸡(公母各半),将藏鸡随机分为 4 组:基础饲料组(CK)、基础饲料添加 300 mg/kg复合酶制剂组(NSP 处理)、基础饲料添加 200 mg/kg抗菌肽组(AMPs 处理)及基础饲料添加 300 mg/kg复合酶制剂+200 mg/kg抗菌肽的酶肽组(NSP+AMPs 处理)。在 42 日龄、63 日龄于每个重复中选取 2 只体重相近的藏鸡统计生产性能相关指标。结果表明,(1)与 CK 相比,NSP 处理、AMPs 处理及NSP+AMPs 处理均能显著增加21~42 日龄藏鸡平均日采食量($P<0.05$);NSP+AMPs 处理能显著提升藏鸡平均日增重($P<0.05$)。(2)NSP+AMPs 处理可显著降低 42 日龄、63 日龄藏鸡血清中丙二醛(MDA)含量($P<0.05$),显著提高超氧化物歧化酶(*SOD*)及谷胱甘肽过氧化物酶(*GSH-Px*)活性($P<0.05$)。NSP 处理可显著降低 42 日龄及 63 日龄藏鸡血清中 MDA 含量,提升 42 日龄及 63 日龄藏鸡血清中 *GSH-Px* 的活性($P<0.05$)。AMPs 处理可显著提升 42 日龄藏鸡血清中 *GSH-Px* 活性及 63 日龄藏鸡血清中 *SOD* 活性($P<0.05$),可显著降低 63 日龄藏鸡血清中 MDA 含量;NSP+AMPs 处理可显著降低 42 日龄及 63 日龄藏鸡肝脏中 MDA 含量($P<0.05$),可显著提高 *GSH-Px* 活性($P<0.05$)。NSP 处理可显著降低 42 日龄藏鸡肝脏中 MDA 含量,显著提高 *GSH-Px* 活性($P<0.05$),各处理均可提升 42 日龄及 63 日龄藏鸡肝脏中 *SOD* 活性($P<0.05$)。(3)AMPs 处理与NSP+AMPs 处理能显著提升 42 日龄藏鸡的法氏囊指数($P<0.05$),且NSP+AMPs 处理能显著提升 63 日龄藏鸡法氏囊指数($P<0.05$),所有试验组均能显著提升 42 日龄、63 日龄藏鸡血清新城疫抗体效价($P<0.05$);AMPs 处理与NSP+AMPs 处理均显著提升 42 日龄、63 日龄藏鸡血清中免疫球蛋白 Y(IgY)含量($P<0.05$)。饲料中酶制剂与抗菌肽联合添加可显著提高藏鸡的抗氧化能力与免疫性能,且显著提高藏鸡的生产性能,酶制剂与抗菌肽联合添加效果优于酶制剂或抗菌肽单独添加。

关键词： 藏鸡；酶制剂；抗菌肽；抗氧化；免疫
中图分类号： S816.7　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1000-4440(2024)10-1882-09

Effects of enzyme preparations and antibacterial peptides on production performance, antioxidant capacity and immune performance of Xizang chickens

WEI Panqi[1], YANG Jia[1], ZHENG Yucai[1], LI Zhixiong[1], NI Jianhua[2], FENG Weidong[3], RAO Kaiqing[1]
(1.*College of Animal and Veterinary Sciences, Southwest Minzu University/Key Laboratory of Veterinary Medicine of Universities in Sichuan Province, Chengdu* 610041, *China*; 2.*Xiangcheng County Zanggege Agricultural Development Co., Ltd., Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture, Ganzi* 626700, *China*; 3.*Sichuan Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture Animal Husbandry Research Institute, Ganzi* 626000, *China*)

收稿日期:2024-05-17
基金项目:西南民族大学研究生创新型科研项目(ZD2023320);四川省科技计划项目(2021YFYZ0031、2023NSFSC0236)
作者简介:魏盼琪(1998-),男,山东德州人,硕士研究生,主要从事动物生长调控研究。(E-mail)1956867307@qq.com
通讯作者:饶开晴,(E-mail)wkxwzz6@163.com

Abstract: The effects of non-starch polysaccharide complex enzyme preparations, antimicrobial peptides and

their combination on production performance, antioxidant capacity and immune performance of Xizang chickens were investigated. A total of 240 14-day-old healthy Xizang chickens (half male and half female) were randomly divided into four groups: basal diet group (CK), basal diet supplemented with 300 mg/kg compound enzyme preparation group (NSP treatment), basal diet supplemented with 200 mg/kg antimicrobial peptide group (AMPs treatment) and 300 mg/kg compound enzyme preparation + 200 mg/kg antimicrobial peptide group (NSP+AMPs treatment). At 42 and 63 days of age, two Xizang chickens with similar body weight were selected from each replicate to calculate the production performance related indicators. The results showed that compared with CK, NSP treatment, AMPs treatment and NSP + AMPs treatment could significantly increase the average daily feed intake of Xizang chickens aged 21 days to 42 days ($P<0.05$). NSP + AMPs treatment significantly increased the average daily gain of Xizang chickens ($P<0.05$). NSP + AMPs treatment significantly reduced the content of malondialdehyde (MDA) in serum of 42-day-old and 63-day-old Xizang chickens ($P<0.05$), and significantly increased the activities of superoxide dismutase (*SOD*) and glutathione peroxidase (*GSH-Px*) ($P<0.05$). NSP treatment could significantly reduce the content of MDA in serum of 42-day-old and 63-day-old Xizang chickens, and increase the activity of *GSH-Px* in serum of 42-day-old and 63-day-old Xizang chickens ($P<0.05$). AMPs treatment significantly increased the activity of *GSH-Px* in serum of 42-day-old Xizang chickens and the activity of *SOD* in serum of 63-day-old Xizang chickens ($P<0.05$), and significantly decreased the content of MDA in serum of 63-day-old Xizang chickens. NSP + AMPs treatment significantly decreased the content of MDA ($P<0.05$) and increased the activity of *GSH-Px* ($P<0.05$) in the liver of 42-day-old and 63-day-old Xizang chickens. NSP treatment could significantly reduce the content of MDA in the liver of 42-day-old Xizang chickens and significantly increase the activity of *GSH-Px* ($P<0.05$). All treatments could increase the activity of *SOD* in the liver of 42-day-old and 63-day-old Xizang chickens ($P<0.05$). AMPs treatment and NSP + AMPs treatment could significantly increase the bursal index of 42-day-old Xizang chickens ($P<0.05$), and NSP + AMPs treatment could significantly increase the bursal index of 63-day-old Xizang chickens ($P<0.05$). All experimental groups could significantly increase the serum Newcastle disease antibody titer of 42-day-old and 63-day-old Xizang chickens ($P<0.05$). Both AMPs treatment and NSP + AMPs treatment significantly increased the content of immunoglobulin Y (IgY) in serum of 42-day-old and 63-day-old Xizang chickens ($P<0.05$). The combined addition of enzyme preparations and antimicrobial peptides in feed can significantly improve the antioxidant capacity, immune performance and production performance of Xizang chickens. The combined addition of enzyme preparations and antimicrobial peptides is better than the single addition of enzyme preparations or antimicrobial peptides.

Key words: Xizang chickens; enzyme preparations; antibacterial peptides; antioxidant; immune

藏鸡主要生长在青藏高原高海拔地区,是高原地区农户长期驯养和培育的一种独特的地方品种[1]。藏鸡肌肉富含多种营养成分,肉质细嫩,深受消费者喜爱。但是,藏鸡生长周期长,体型小,并且其饲养方式一般为农户户外散养,导致藏鸡的生产性能较低[2]。近年来随着全面脱贫攻坚政策的展开,藏区旅游业快速发展,大量游客涌入藏区,藏鸡产品因此被更多人所了解。但传统的藏鸡饲养方式生产效率较低,不能满足市场对藏鸡产品的需求。为了提高藏鸡养殖效率和藏鸡产量,目前藏鸡的饲养模式已逐步由自由放养向大规模的舍内饲养模式转化。但藏鸡在舍内饲养过程中容易感染并传播疾病,增加了养殖中潜在的风险。在中国禁抗背景下,结合藏鸡生产现状,探寻一种安全、高效、绿色的饲料添加剂的需求已经迫在眉睫。

酶制剂是一种新型的替抗饲料添加剂,可有效改善饲料转化率,从而提高动物的生产性能。复合酶制剂的主要作用是分解植物饲料的细胞壁,将饲料中不能被机体利用的非淀粉多糖分解为可被机体利用的糖,使机体对饲料内营养成分的吸收利用更加高效,同时可以降低消化道内食糜的黏度,加快肠道排空速度;另外,酶制剂还可以改善肠道菌群的多样性结构,有利于益生菌的繁殖,促进肠道内源性酶的分泌并提高其活性,从而提高机体抵抗力与生产性能[3]。自 1975 年美国科学家将微生物酶添加到饲料中并取得显著效果以来,酶制剂已被广泛应用于动物饲料中。

抗菌肽(AMPs)是由特定基因编码的多肽类小分子物质,它由外界刺激产生,携带正电荷,具有双亲性的分子结构。AMPs 具有广谱抗菌活性和免疫调节的功能,相较于抗生素,AMPs 除具有抗菌和免疫调节的功能外,还具有高选择性和低毒的特

点[4]。有研究结果表明,AMPs 在提高动物生产性能、增强免疫功能和维持肠道菌群稳态方面都有积极作用[5-6]。当前在面临全面饲料禁抗的现状下,酶制剂和 AMPs 作为饲料替抗添加剂已成为养殖领域的研究热点,但关于其在生产中单独及两者联合应用对藏鸡生产性能、抗氧化性能与免疫性能影响的研究较少。本研究拟通过在藏鸡饲料中分别添加酶制剂、抗菌肽及二者组合添加的方式,对比研究不同添加剂及添加方式对藏鸡抗氧化性能、免疫性能与生产性能的影响,并比较不同添加剂与添加方式的效果,以期为复合酶制剂和抗菌肽在藏鸡养殖生产中的科学应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

鸡免疫球蛋白 Y(IgY)酶联免疫试剂盒购自泉州睿信生物研究所;超氧化物歧化酶(*SOD*)活性、丙二醛(MDA)含量、谷胱甘肽过氧化物酶(*GSH-Px*)活性测定所用试剂盒购自南京建成生物工程研究所;复合酶制剂购自北京挑战生物技术有限公司,其主要成分包括β-葡聚糖酶、淀粉酶、蛋白酶等;抗菌肽购自广东海纳川生物科技股份有限公司,主要由天蚕和柞蚕部分氨基酸片段杂合末端加入天冬酰胺组成;试验所用藏鸡均由甘孜藏族自治州乡城县藏咯咯国家级藏鸡保种场提供。

1.2 试验设计

本试验采用单因素完全随机的方式进行试验设计,选取体重相近且健康的 14 日龄藏鸡共 240 羽(公母数量各半),随机分为 4 组,包括:基础饲料组(对照,CK)、基础饲料添加 300 mg/kg复合酶制剂组(NSP 处理)、基础饲料添加 200 mg/kg抗菌肽组(AMPs 处理)及基础饲料添加 300 mg/kg复合酶制剂+200 mg/kg抗菌肽的酶肽组(NSP+AMPs 处理),每组 6 个重复,每个重复 10 羽。预饲 7 d 后进行为期 42 d 的试验。酶制剂与抗菌肽的添加量参考生产厂家建议并结合藏鸡生产现状确定。

1.3 试验饲料

本研究中以玉米-豆粕型饲料为基础饲料,饲料参照美国国家研究委员会(NRC)肉仔鸡饲养标准(1998)和《鸡饲养标准》(NY/T 33-2004)并结合藏鸡生产实际配制。试验饲料为粉料型,其组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲料组成及营养水平

Table 1 Basal diet composition and nutrient level

项目	含量(%)	营养物质	含量(%)
玉米	65.52	粗蛋白	18.47
豆粕	25.20	钙	1.35
菜籽粕	2.00	总磷	0.66
大豆油	2.00	有效磷	0.49
磷酸氢钙	2.00	赖氨酸	0.89
石粉	1.50	蛋氨酸	0.41
L-赖氨酸硫酸盐(70%)	0.10		
氯化胆碱	0.10		
蛋氨酸(98.5%)	0.05		
黄金多维	0.03		
氯化钠	0.30		
预混料	1.20		
合计	100.00		

预混料为每 1 kg 饲料提供维生素 A 9 600.0 IU、维生素 D_3 3 600.0 IU、维生素 E 26.4 IU、维生素 K_3 2.400 mg、维生素 B_1 2.400 mg、维生素 B_2 7.680 mg、维生素 B_6 3.600 mg、维生素 B_{12} 0.024 mg、泛酸钙 12.000 mg、烟酸 43.200 mg、叶酸 1.200 mg、生物素 0.120 mg、胆碱 600.000 mg、铜($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 9.600 mg、锰($MnSO_4\ H_2O$) 96.000 mg、铁($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 36.000 mg、碘[$Ca(IO_3)_2 \cdot H_2O$] 0.420 mg、硒(Na_2SeO_3) 0.180 mg。基础饲料代谢能为 12.43 MJ/kg。

1.4 饲养管理

甘孜藏族自治州乡城县藏咯咯国家级藏鸡保种场海拔约3 200 m,空气氧含量约为 16.7%。本试验分为21~42 日龄和43~63 日龄 2 个阶段。依照常规免疫新程序进行免疫,疫苗均购买于江苏南农高科技股份有限公司。采用立体式单笼饲养(各笼公母各半)模式进行试验,保证试验藏鸡自由采食和饮水,光暗时间循环比例为2∶1,圈舍温度为 22 ℃,相对湿度为55%~65%。每日观察并记录试验藏鸡健康状况,每 7 d 以重复笼为单位详细称量每个料槽的剩余饲料量,以计算每周的耗料量。

1.5 样品采集

在试验期第 20 d、41 d 晚 20 时开始对藏鸡禁食。在 42 日龄、63 日龄于每个重复中选取 2 只体重相近的藏鸡进行空腹称重后进行屠宰。于颈静脉处采集血液,室温静置 1 h 后,于离心机内以 3 000 r/min离心 15 min 分离出血清装入冻存管;另外采集肝脏于冻存管中,并快速将装有组织的冻存管放入液氮罐冷冻,再转入-80 ℃冰箱中保存待用。

1.6 测定指标及测定方法

1.6.1 生产性能指标测定 试验以 7 d 为 1 个周期,详细称取并记录每笼料槽余料重量及每笼鸡重,用以计算每周的采食量及平均日增重。分别于藏鸡 42 日龄和 63 日龄,以笼为单位,禁食 1 夜(不禁水)后称重,统计每笼的平均日增重(*ADG*)和平均日采食量(*ADFI*)。以笼为单位,计算试验21~42 日龄、43~63 日龄两试验阶段和21~63 日龄整个试验期藏鸡的 *ADFI*、*ADG*、料重比(*F/G*)及死淘率。

死淘率=死亡淘汰蛋鸡数量/试验蛋鸡数量×100%。

1.6.2 抗氧化性能指标测定 于 42 日龄、63 日龄在各试验组随机选取 6 个样品进行藏鸡血清和肝脏中 *SOD* 活性、*GSH-Px* 活性和 MDA 含量的测定。

1.6.3 免疫性能指标测定 于 42 日龄、63 日龄在每个重复中选取 2 只体重相近的藏鸡进行屠宰并采集脾脏及法氏囊,采集时去除器官表面黏附的血迹及其他组织,称重并计算器官指数(器官指数=器官重/活体重)。使用鸡 IgY 酶联免疫试剂盒检测血液中 IgY 水平,其操作方法按照试剂盒说明书严格执行。新城疫抗体效价的测定严格按照《新城疫诊断技术》(GB/T 16550-2008)进行。

1.7 数据统计与分析

试验数据采用平均数±标准差表示,使用 SPSS26.0 软件的单因素方差分析程序检验各组数据间的差异显著性,并采用 LDS 多重比较法进行比较。

2 结果与分析

2.1 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡生产性能的影响

由表 2 可知,在藏鸡21~42 日龄阶段,与 CK 相比,NSP 处理、AMPs 处理和NSP+AMPs 处理藏鸡平均日采食量均显著提升($P<0.05$),NSP 处理与NSP+AMPs 处理21~42 日龄藏鸡的平均日增重显著增加($P<0.05$),CK 和 AMPs 处理的平均日增重差异不显著($P>0.05$);各试验组的料重比差异不显著($P>0.05$)。相较于 CK,NSP 处理、AMPs 处理以及NSP+AMPs 处理的死淘率分别减少了 1.67 个百分点、5.00 个百分点、5.00 个百分点。

在藏鸡43~63 日龄阶段,各试验组平均日采食量与 CK 相比差异不显著($P>0.05$),与 CK 相比,NSP+AMPs 处理显著提升藏鸡平均日增重($P<0.05$),而AMPs 处理对藏鸡平均日增重无显著影响($P>0.05$);该阶段的料重比各组间差异不显著($P>0.05$)。CK 与 NSP 处理藏鸡的死淘率均为 3.33%,而 AMPs 处理与NSP+AMPs 处理的死淘率为 0。

在藏鸡 21~63 日龄阶段,与 CK 相比,NSP+AMPs 处理的平均日增重显著提高($P<0.05$),而NSP 处理和 AMPs 处理间藏鸡的平均日增重无显著差异($P>0.05$),各处理间料重比也无显著差异($P>0.05$),但 AMPs 处理与NSP+AMPs 处理能有效降低藏鸡死淘率。

表 2 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡生产性能的影响

Table 2 Effects of adding enzyme preparations and antibacterial peptides in feed on production performance of Xizang chickens

日龄	处理	平均日采食量(g)	平均日增重(g)	料重比	死淘率
21~42 日龄	CK	23.88±0.44b	5.94±0.13b	4.01±0.04a	8.33%
	NSP	26.01±0.69a	6.80±0.23a	3.81±0.32a	6.66%
	AMPs	25.27±0.36a	6.63±0.36b	3.98±0.33a	3.33%
	NSP+AMPs	27.42±0.54a	6.89±0.44a	3.72±0.16a	3.33%
43~63 日龄	CK	25.96±0.32a	7.25±0.66b	3.58±0.09a	3.33%
	NSP	27.64±0.12a	8.52±0.51b	3.24±0.14a	3.33%
	AMPs	26.36±0.52a	7.61±0.32b	3.55±0.12a	0
	NSP+AMPs	28.63±0.52a	8.98±0.69a	3.18±0.04a	0
21~63 日龄	CK	24.92±0.36a	6.59±0.35b	3.78±0.10a	11.66%
	NSP	26.82±0.19a	7.66±0.41b	3.52±0.34a	10.00%
	AMPs	25.99±0.41a	7.12±0.38b	3.76±0.22a	3.33%
	NSP+AMPs	28.00±0.53a	7.94±0.59a	3.45±0.14a	3.33%

CK:对照,基础饲料;NSP 处理:基础饲料添加 300 mg/kg复合酶制剂; AMPs 处理:基础饲料添加 200 mg/kg抗菌肽;NSP+AMPs 处理:基础饲料添加 300 mg/kg复合酶制剂+200 mg/kg抗菌肽。相同日龄同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡血清中与抗氧化相关的指标的影响

由表 3 可知,在藏鸡 42 日龄时,与 CK 相比,NSP 处理与NSP+AMPs 处理显著降低藏鸡血清中 MDA 含量($P<0.05$),AMPs 处理藏鸡血清中 MDA 含量与 CK 差异不显著($P>0.05$);NSP+AMPs 处理可显著提高藏鸡血清中 *SOD* 活性($P<0.05$);各试验组藏鸡血清中 *GSH-Px* 活性均显著高于 CK($P<0.05$)。以上结果表明,NSP 处理可提高 42 日龄藏鸡血清中 *GSH-Px* 活性,降低 MDA 含量。AMPs 处理可提高藏鸡血清中 *GSH-Px* 活性。NSP+AMPs 处理既降低藏鸡血清中 MDA 含量,又提高了血清中 *SOD* 和 *GSH-Px* 的活性。

在藏鸡 63 日龄时,各试验组血清 MDA 含量均显著低于 CK ($P<0.05$);与 CK 相比,AMPs 和NSP+AMPs 处理显著提升藏鸡血清中 *SOD* 活性($P<0.05$);NSP 处理与NSP+AMPs 处理藏鸡血清中 *GSH-Px* 活性显著高于 CK($P<0.05$),而 AMPs 处理藏鸡血清中 *GSH-Px* 活性与 CK 相比差异不显著($P>0.05$)。以上结果表明,NSP 处理可提高 63 日龄藏鸡血清中 *GSH-Px* 活性,降低 MDA 含量;AMPs 处理可提高血清中 *SOD* 活性,降低 MDA 含量;而NSP+AMPs 处理不仅可降低血清中 MDA 含量,还提高了血清中 *SOD* 和 *GSH-Px* 的活性。

表 3 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡血清中与抗氧化相关指标的影响

Table 3 Effects of adding enzyme preparations and antibacterial peptides in feed on antioxidant related indexes in serum of Xizang chickens

日龄	处理	MDA 含量(nmol/mL)	*SOD* 活性(U/mL)	*GSH-Px* 活性(U/mL)
42 日龄	CK	2.56±0.28a	117.27±2.67b	546.63±9.55b
	NSP	2.06±0.12b	125.74±3.31ab	607.43±18.41a
	AMPs	2.14±0.27a	126.60±9.69ab	637.13±22.66a
	NSP+AMPs	1.89±0.32b	143.54±7.31a	705.54±6.55a
63 日龄	CK	3.60±0.27a	211.09±8.06b	442.12±18.21b
	NSP	2.53±0.43b	239.68±11.55b	511.90±13.97a
	AMPs	2.14±0.07bc	278.30±6.05a	468.79±9.55b
	NSP+AMPs	1.99±0.13c	256.53±9.63a	547.84±7.22a

CK、NSP、AMPs、NSP+AMPs 见表 2 注。MDA:丙二醛;*SOD*:超氧化物歧化酶;*GSH-Px*:谷胱甘肽过氧化物酶。相同日龄同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.3 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡肝脏中与抗氧化相关的指标的影响

由表 4 可知,在藏鸡 42 日龄时,NSP 处理、NSP+AMPs 处理藏鸡肝脏中 MDA 含量显著低于 CK($P<0.05$),而 AMPs 处理藏鸡肝脏中 MDA 含量与 CK 相比差异不显著($P>0.05$);各试验组肝脏中 *SOD* 活性均显著高于 CK ($P<0.05$);NSP 处理、NSP+AMPs 处理藏鸡肝脏中 *GSH-Px* 活性显著高于 CK ($P<0.05$),AMPs 处理藏鸡肝脏中 *GSH-Px* 活性与 CK 相比差异不显著($P>0.05$)。以上结果表明,AMPs 处理仅可提高 42 日龄藏鸡肝脏中 *SOD* 的活性,NSP 处理及NSP+AMPs 处理可降低藏鸡肝脏中 MDA 含量,还可提高肝脏中 *SOD* 和 *GSH-Px* 的活性。

在藏鸡 63 日龄时,NSP+AMPs 处理藏鸡肝脏中 MDA 含量显著低于 CK ($P<0.05$),NSP 处理、AMPs 处理与 CK 相比藏鸡肝脏中 MDA 含量无显著差异($P>0.05$);各处理组藏鸡肝脏中 *SOD* 活性与 CK 相比均显著提高($P<0.05$);NSP+AMPs 处理藏鸡肝脏中 *GSH-Px* 活性显著高于 CK ($P<0.05$),而 *GSH-Px* 活性在 NSP 处理、AMPs 处理与 CK 间无显著差异($P>0.05$)。以上结果表明,63 日龄时,NSP 处理和 AMPs 处理仅可提高藏鸡肝脏中 *SOD* 活性,而 NSP+AMPs 处理可降低肝脏中 MDA 含量,还可提高肝脏中 *SOD* 和 *GSH-Px* 的活性。

表 4 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡肝脏与抗氧化相关指标的影响

Table 4 Effects of adding enzyme preparations and antibacterial peptides in feed on antioxidant related indexes in the liver of Xizang chickens

日龄	处理	MDA 含量(nmol/mg)	*SOD* 活性(U/mg)	*GSH-Px* 活性(U/mg)
42 日龄	CK	3.06±0.62a	295.79±6.36b	545.90±15.48b
	NSP	2.08±0.49b	325.43±3.56a	724.35±6.52a
	AMPs	2.82±0.87a	302.25±5.63a	578.54±20.19b
	NSP+AMPs	2.66±0.98b	370.09±9.24a	798.69±9.98a
63 日龄	CK	2.91±0.18a	268.97±11.48b	575.42±5.35b
	NSP	2.71±0.16a	325.73±9.28a	586.40±3.96b
	AMPs	2.51±0.87a	319.6±14.22a	588.72±9.43b
	NSP+AMPs	1.96±0.06b	399.60±11.79a	707.96±10.86a

CK、NSP、AMPs、NSP+AMPs 见表 2 注。MDA、*SOD*、*GSH-Px* 见表 3 注。相同日龄同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.4 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡免疫器官指数的影响

由表 5 可知,在藏鸡 42 日龄时,与 CK 相比,AMPs 处理与NSP+AMPs 处理均显著增加藏鸡法氏囊指数($P<0.05$),而各组间脾脏指数均无显著差异($P>0.05$)。

在藏鸡 63 日龄时,与 CK 相比,NSP+AMPs 处理显著提升法氏囊指数($P<0.05$),而 NSP 处理、AMPs 处理与 CK 相比藏鸡法氏囊指数无显著差异($P>0.05$),且各组间藏鸡脾脏指数均无显著差异($P>0.05$)。

表 5 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡免疫器官指数的影响

Table 5 Effects of adding enzyme preparations and antibacterial peptides in feed on immune organ index of Xizang chickens

分组	42 日龄		63 日龄	
	法氏囊指数	脾脏指数	法氏囊指数	脾脏指数
CK	0.38±0.02b	0.23±0.01a	0.44±0.03b	0.17±0.01a
NSP	0.40±0.02b	0.24±0.02a	0.49±0.04b	0.17±0.18a
AMPs	0.52±0.04a	0.23±0.01a	0.53±0.28b	0.18±0.01a
NSP+AMPs	0.50±0.08a	0.24±0.01a	0.56±0.03a	0.19±0.01a

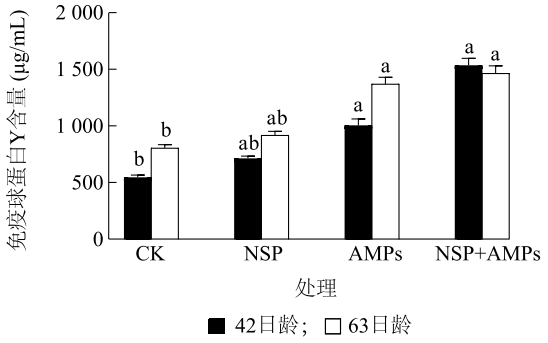
CK、NSP、AMPs、NSP+AMPs 见表 2 注。同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.5 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡血清中 IgY 含量的影响

由图 1 可见,在藏鸡 42 日龄和 63 日龄时,与 CK 相比,AMPs 处理和NSP+AMPs 处理均显著提升藏鸡血清中 IgY 含量($P<0.05$),而 NSP 处理藏鸡血清中 IgY 含量与 CK 相比差异不显著($P>0.05$)。

2.6 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡新城疫抗体效价的影响

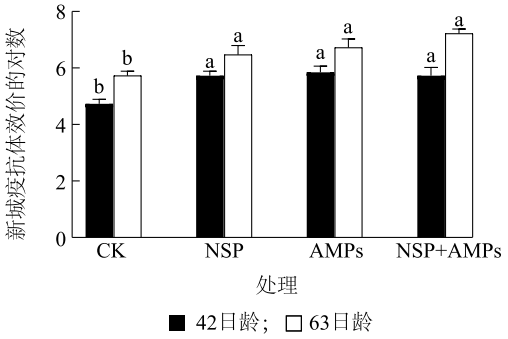
由图 2 可知,在藏鸡 42 日龄和 63 日龄时,与 CK 相比,各试验组均能显著提升新城疫抗体效价($P<0.05$)。



CK、NSP、AMPs、NSP+AMPs 见表 2 注。不同小写字母表示相同日龄藏鸡不同处理之间免疫球蛋白 Y 含量差异显著($P<0.05$)。

图 1 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡血清中免疫球蛋白 Y 含量的影响

Fig.1 Effects of adding enzyme preparations and antimicrobial peptides in feed on immunoglobulin Y (IgY) content in serum of Xizang chickens



CK、NSP、AMPs、NSP+AMPs 见表 2 注。不同小写字母表示相同日龄藏鸡不同处理之间新城疫抗体效价差异显著($P<0.05$)。

图 2 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡新城疫抗体效价的影响

Fig.2 Effects of adding enzyme preparations and antimicrobial peptides in feed on Newcastle disease antibody titer of Xizang chickens

3 讨 论

3.1 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡生产性能的影响

动物的生产性能是反应其摄入饲料营养多少的最终表现形式,因此饲料添加剂是否促进生产性能的提高可作为评价其营养效果的主要标准之一。研究结果表明,因植物型饲料原料中的营养物质都被封闭在细胞壁内无法被肉鸡吸收利用[7],所以向肉鸡饲料内添加复合酶制剂可有效提高肉鸡生产性能。Olukosi 等[8]研究发现,在低磷低能量水平玉米-豆粕型饲料中添加复合酶制剂能显著提升 7 日龄肉鸡的养分利用率。Stefanello 等[9]研究发现,在玉米-豆粕型肉鸡饲料中复合添加木聚糖酶和淀粉酶可提高氮校正表观代谢能,且与未添加木聚糖酶和淀粉酶的对照相比具有显著差异,同时可提升肉鸡的空肠和回肠淀粉酶活性,提高肉鸡的养分利用率。抗菌肽是取代抗生素的新一代促生长剂,具有

广谱抗菌作用。研究结果表明,慢性热应激的艾拔益佳 AA 肉仔鸡口服 0.2 mg 的抗菌肽,可显著提升其平均日增重与饲料转化率,改善肠道结构,从而有效抵抗慢性热应激对肉鸡的不利影响[10]。本研究中,饲料中添加酶制剂与抗菌肽均可以提高21~42 日龄藏鸡的平均日采食量,且酶制剂与抗菌肽联合添加能显著增加43~62 日龄藏鸡的平均日增重,这与前人的研究结果相符。出雏后 21 d 内藏鸡肠道发育尚未完善,对肠道内营养物质的吸收效率较差,因此在藏鸡的雏鸡期饲料中添加酶制剂能更好地发挥其分解饲料原料的功能,提高藏鸡机体对饲料原料的利用率。同时酶制剂与抗菌肽还能起到调节肠道 pH 的作用,适宜的肠道 pH 促进了内源酶的分泌并提高了内源酶的活性,从而提高了藏鸡的生产性能。

3.2 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡抗氧化性能的影响

机体在正常新陈代谢过程中会产生自由基,包括羟自由基、氧自由基等,统称为活性氧(ROS)。通常机体可以通过酶和非酶系统清除机体内 ROS[11],以维持机体内 ROS 处于动态平衡的状态,当动物机体处于病理状态时,体内大量的自由基不能被及时消除,这将导致机体过度氧化和氧化损伤[12],进而影响肌肉品质[13]。有研究发现复合酶制剂能提升肉鸡肝脏中 *SOD* 和 *GSH-Px* 的活性,并且降低肝脏中 MDA 含量[14]。

研究结果表明,饲料中添加酶制剂及抗菌肽能提升畜禽机体的抗氧化性能。有学者研究发现,饲料中添加 0.05%和 0.15%的复合酶(主要成分为酸性蛋白酶、真菌淀粉酶、酸性纤维素酶等)均能显著提高断奶仔猪血清总抗氧化能力(T-AOC)以及 *GSH-Px* 与 *SOD* 的活性,降低 MDA 含量[15]。Sharma 等[16]的研究结果表明,适量的抗菌肽 Hispidalin 可消除 2,2-联苯基-1-苦基肼基(DPPH)自由基,能够抑制脂质发生相关的氧化反应,减少丙二醛的产生。同时孙全友等[17]的研究结果也表明,抗菌肽能显著提升 21 日龄肉鸡血清 *SOD* 活性、降低 MDA 含量。Landy 等[18]在肉鸡饲料中添加棉籽生物活性肽的研究结果表明,饲料中添加 6 g/kg 的棉籽生物活性肽能显著提升肉鸡免疫功能与血清总抗氧化能力。本研究在饲料中添加酶制剂显著提升了 42 日龄藏鸡血清中 *GSH-Px* 活性,同时显著降低了 MDA 含量;并显著提升了 63 日龄藏鸡血清中 *GSH-Px* 活性,降低了 MDA 含量。添加抗菌肽显著提升了 42 日龄藏鸡血清中 *GSH-Px* 活性,并显著提升 63 日龄藏鸡血清中 *SOD* 活性,显著降低了藏鸡血清中 MDA 含量,但对 *GSH-Px* 活性无显著影响,这与前人的研究结果较一致。

抗氧化性能的提升可能与酶制剂促进机体对营养物质的消化吸收,进而促进器官的生长发育有关[19-20]。而抗菌肽本质上为由氨基酸组成的多肽分子,其在肠道被分解后,多种氨基酸被释放,氨基酸能起到直接或间接的抗氧化作用。例如,含有较多疏水性氨基酸、芳香性氨基酸或具备亲水性与亲脂性的肽更可能具有抗氧化性能,从而降低 MDA 含量,降低 ROS 对机体的伤害,提高动物机体的抗氧化功能[21-22]。

3.3 饲料中添加酶制剂和抗菌肽对藏鸡免疫性能的影响

法氏囊和脾脏是机体重要的免疫器官,其器官重量占机体总重的比例即器官指数,器官指数大小能在一定程度上反映机体免疫能力的大小。在本试验中 AMPs 处理与NSP+AMPs 处理均能显著增加 42 日龄藏鸡的法氏囊指数,同时NSP+AMPs 处理也能显著增加 63 日龄藏鸡的法氏囊指数。

免疫球蛋白是由 B 细胞分化成熟为浆细胞后所分泌的一种具有能与抗原特异性结合,且有免疫功能的球蛋白。张永红等[23]指出,免疫球蛋白能与相应的抗原发生特异性结合,达到中和抗原的作用,以抵抗病毒、过敏原、细菌和毒素等物质的侵袭。根据其分子结构,可分为 IgG、IgA、IgM、IgD 和 IgE 5 大类[24],其中免疫球蛋白 IgY 与哺乳动物的 IgG 相似,由蛋鸡产生的 IgY 经转移聚集在卵黄中,是禽类动物体内的主要抗体。王靖[25]在对京海黄鸡的研究中指出,血清中免疫球蛋白含量的高低可以直接反应动物免疫功能的强弱。Xie 等[6]在 1 日龄 818 肉鸡饲料中组合添加 100 mg/kg Plectasin 和 100 mg/kg Cecropins 的抗菌肽,可显著提升 21 日龄肉鸡的脾脏指数,且在 21 日龄与 50 日龄时胸腺指数与法氏囊指数均有提升的趋势。本研究中,与对照相比,整个饲养阶段酶制剂对藏鸡血清中 IgY 含量无显著影响,这可能与酶制剂的添加水平、酶制剂种类及试验动物品种不同有关。抗菌肽可以对抗病原菌等对机体的侵袭,参与调节并增强机体的免疫性能。

本研究中 AMPs 处理和 NSP+AMPs 处理均显著增加了 42 日龄、63 日龄藏鸡血清中的 IgY 含量。

抗体效价在一定的程度上可以反映出肉鸡的免疫效果,也在很大程度上反映了肉鸡抵抗病毒入侵的能力。谭俊荣[26]通过试验发现 4 种人工合成的不同类型的小肽均能增强肉鸡血清新城疫抗体效价。Bai 等[27]的研究结果表明,向肉鸡饲料中添加海带粉与天蚕素抗菌肽可显著提升 21 日龄与 42 日龄肉鸡的血清新城疫病毒抗体滴度。本试验中 NSP 处理、AMPs 处理、NSP+AMPs 处理均显著提升了 42 日龄、63 日龄藏鸡血清中新城疫抗体效价,这与前人研究结果相符,研究结果表明 NSP 处理、AMPs 处理、NSP+AMPs 处理均能提升藏鸡的免疫性能。酶制剂增强机体免疫性能的机制可能是饲料中的蛋白质在蛋白酶的作用下产生具有免疫活性的小肽,参与免疫功能的调节。Bao 等[28]研究发现肉鸡饲料中添加猪源抗菌肽显著增加肠道黏膜 *sIgA* 的表达,卜华超[29]的研究结果表明,添加不同剂量的天蚕素抗菌肽可以显著提高感染鼠伤寒沙门氏菌肉鸡血清中 IgM、IgA 和 IgG 的含量,IgM 含量、IgA 含量在 14 日龄显著高于对照组,可见抗菌肽能促进免疫球蛋白的合成并增加其活性,从而提高藏鸡的抗病力。

本研究结果表明,饲料中复合添加酶制剂与抗菌肽能显著提升藏鸡的平均日增重,增强藏鸡的免疫性能,使藏鸡在21~63 日龄死淘率相较于基础饲料组减少 8.33 个百分点。在藏鸡 42 日龄时,抗菌肽以及酶肽复合添加显著提升藏鸡法氏囊指数、血清 IgY 含量以及血清新城疫抗体效价。

参考文献:

[1] ZHANG H, WANG X T, CHAMBA Y, et al. Influences of hypoxia on hatching performance in chickens with different genetic adaptation to high altitude[J]. Poultry Science,2008,87(10):2112.

[2] 张 燕,吴锦波,何世明,等. 阿坝州藏鸡生长曲线拟合与分析[J]. 中国家禽,2017,39(19):56.

[3] CHEN Y X, SHEN D D, ZHANG L L, et al. Supplementation of non-starch polysaccharide enzymes cocktail in a corn-miscellaneous meal diet improves nutrient digestibility and reduces carbon dioxide emissions in finishing pigs[J]. Animals,2020,10(2):232.

[4] 孙建祥,李泽民,范凯利,等. 抗菌肽对荷斯坦奶公牛产肉性能的影响[J]. 动物营养学报,2022,34(6):3686-3698.

[5] WEI X Y, TSAI T, KNAPP J, et al. ZnO modulates swine gut microbiota and improves growth performance of nursery pigs when combined with peptide cocktail[J]. Microorganisms,2020,8(2):146.

[6] XIE Z, ZHAO Q Q, WANG H, et al. Effects of antibacterial peptide combinations on growth performance,intestinal health,and immune function of broiler chickens[J]. Poultry Science,2020,99(12):6481.

[7] PARK J H, KIM I H. Effects of a protease and essential oils on growth performance,blood cell profiles,nutrient retention,ileal microbiota,excreta gas emission,and breast meat quality in broiler chicks[J]. Poultry Science, 2018,1,97(8):2854.

[8] OLUKOSI O A, COWIESON A J, ADEOLA O. Age-related influence of a cocktail of xylanase,amylase,and protease or phytase individually or in combination in broilers[J]. Poultry Science,2007,86(1):77.

[9] STEFANELLO C, VIEIRA S L, SANTIAGO G O, et al. Starch digestibility,energy utilization,and growth performance of broilers fed corn-soybean basal diets supplemented with enzymes[J]. Poultry Science,2015,94(10):2472.

[10] HU F, GAO X, SHE R, et al. Effects of antimicrobial peptides on growth performance and small intestinal function in broilers under chronic heat stress[J]. Poultry Science,2017,96(4):798.

[11] KUMAR S, SHARMA U K, SHARMA A K, et al. Protective efficacy of *Solanum xanthocarpum* root extracts against free radical damage:phytochemical analysis and antioxidant effect[J]. Cellular and Molecular Biology (Noisy-le-grand),2012,58(1):174.

[12] El-BAHR S M. Biochemistry of free radicals and oxidative stress[J]. Science International,2013,1(5):111.

[13] 贾聪慧,杨彩梅,曾新福,等. 丁酸梭菌对肉鸡生长性能、抗氧化能力、免疫功能和血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报,2016,28(3):908.

[14] KEITA L K. 复合酶制剂对肉鸡生长性能、抗氧化、免疫及肉品质的影响[D]. 南京:南京农业大学,2013.

[15] 杨丽娜. 复合酶制剂对仔猪生长性能,抗氧化能力和免疫力的影响[D]. 杭州:浙江大学,2014.

[16] SHARMA S, VERMA H N, SHARMA N K. Cationic bioactive peptide from the seeds of benincasa hispida[J]. International Journal of Peptide Research and Therapeutics,2014. DOI:10.1155/2014/156060.

[17] 孙全友,徐 彬,王琳燚,等. 抗菌肽和姜黄素对肉仔鸡生长性能、抗氧化功能及肠道微生物的影响[J]. 中国家禽,2015,37(20):32.

[18] LANDY N, KHEIRI F, FAGHANI M. Effects of periodical application of bioactive peptides derived from cottonseed on performance,immunity,total antioxidant activity of serum and intestinal development of broilers[J]. Animal Nutrition,2021,7(1):134.

[19] NUNES J O, ABREU R D, BRITO J A G, et al. Enzyme supplementation of broiler feeds with reduced mineral and energy levels[J]. Brazilian Journal of Poultry Science,2015,17:15-21.

[20] LIN W C, LEE M T, LO C T, et al. Effects of dietary supplementaion of *Trichoderma pseudokoningi* fermented enzyme powder on growth performance, intestinal morphology, microflora and serum

antioxidantive status in broiler chickensy[J]. Italian Journal of Animal Science,2018,17(1):153-164.

[21] AGYEI D, TSOPMO A, UDENIGWE C C. Bioinformatics and peptidomics approaches to the discovery and analysis of food-derived bioactive peptides[J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry,2018,410(15):3463-3472.

[22] FREITAS A C, ANDRADE J C, SlLVA F M, et al. Antioxidative peptides:trends and perspectives for future research [J]. Current Medicinal Chemistry,2013,20(36):4575-4594.

[23] 张永红,李岩异,刘容麟,等. IgY 在抗病毒医学领域中的应用[J]. 生物技术进展,2024,14(1):35-41.

[24] 肖汉杰,卢辰思,刘梦雨,等. 绵羊初乳免疫活性物质动态变化及白利度法评估初乳品质有效性研究[J]. 家畜生态学报,2024,45(6):1-7.

[25] 王 靖. 香菇多糖对京海黄鸡生长性能和免疫功能的影响[J]. 畜禽业,2023,34(10):24-26.

[26] 谭俊荣. 人工合成小肽对肉鸡新城疫疫苗免疫效果影响的研究[D]. 南昌:江西农业大学,2017.

[27] BAI J, WANG R, YAN L, et al. Co-supplementation of dietary seaweed powder and antibacterial peptides improves broiler growth performance and immune function[J]. Brazilian Journal of Poultry Science,2019,21(2):1.

[28] BAO H, SHE R, LIU T, et al. Effects of pig antibacterial peptides on growth performance and intestine mucosal immune of broiler chickens[J]. Poultry Science,2009,88(2):291-297.

[29] 卜华超. 抗菌肽对肉鸡感染鼠伤寒沙门氏菌的保护作用[D]. 泰安:山东农业大学,2022.

(责任编辑:陈海霞)