

植物乳杆菌对大恒肉鸡生长性能、屠宰性能以及血清免疫和抗氧化功能的影响

宋小燕¹ 彭 涵¹ 余春林¹ 陈家磊² 杨 礼² 胡陈明² 张增荣¹ 邱莫寒¹
夏 波² 熊 霞² 蒋小松¹ 杜华锐¹ 李晴云¹ 杨朝武^{1*}

(1.四川省畜牧科学研究院,动物遗传育种四川省重点实验室,成都 610066;

2.四川大恒家禽育种有限公司,成都 610066)

摘 要: 本文旨在研究植物乳杆菌对大恒肉鸡生长性能、屠宰性能以及血清免疫和抗氧化功能的影响。选择健康的 1 日龄大恒商品代肉雏鸡 2 400 只,公母各占 1/2,分开饲养,公鸡和母鸡各随机分为 5 个组,每个组 6 个重复,每个重复 40 只鸡。对照组(I 组)饲喂基础饲料,II 组、III 组、IV 组和 V 组分别在基础饲料中添加 1×10^5 、 1×10^6 、 1×10^7 和 1×10^8 CFU/kg 植物乳杆菌,试验期 70 d。结果表明:1)与对照组相比,IV 组母鸡期末体重显著提高($P < 0.05$),其余各试验组与对照组相比差异不显著($P > 0.05$)。各组公鸡、母鸡平均日采食量、平均日增重和料重比差异均不显著($P > 0.05$),但随着植物乳杆菌添加水平的提高,料重比呈下降趋势。2)各组公鸡、母鸡屠宰性能差异均不显著($P > 0.05$)。3) V 组公鸡血清免疫球蛋白 G(IgG)含量显著高于对照组、II 组、III 组和 IV 组($P < 0.05$),血清免疫球蛋白 A(IgA)和干扰素- γ 含量显著高于 II 组、III 组和 IV 组($P < 0.05$),血清免疫球蛋白 M 和白细胞介素-2 含量显著高于 II 组和 III 组($P < 0.05$); V 组母鸡血清 IgA 和 IgG 含量显著高于对照组和 II 组($P < 0.05$)。4) V 组公鸡血清谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性最高,显著高于 II 组和 III 组($P < 0.05$),血清总超氧化物歧化酶活性显著高于 III 组($P < 0.05$); V 组母鸡血清 GSH-Px 活性最高,显著高于 III 组和 IV 组($P < 0.05$);各组公鸡、母鸡血清丙二醛含量差异均不显著($P > 0.05$)。综上所述,饲料添加高水平的植物乳杆菌能显著提高大恒肉鸡血清免疫功能,一定程度上增强血清抗氧化功能,对生长性能和屠宰性能无显著影响。

关键词: 植物乳杆菌;肉鸡;生长性能;屠宰性能;免疫和抗氧化功能

中图分类号:S816.7

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)02-0822-10

抗生素滥用导致的药物残留和抗药性问题受到越来越多的重视,欧盟自 2006 年开始严禁在饲料中添加抗生素,此后许多国家相继出台了相应政策控制抗生素的使用。我国宣布药物饲料添加剂在 2020 年全部退出。饲料端“禁抗”,养殖端“减抗、限抗”大势已定,寻找安全、高效的替代新产品成为当前畜牧产业的一项重要课题。

近年来益生菌用于家畜、家禽养殖的研究增多,结果表明相当多的益生菌制剂能有效调节动物胃肠道的微生态平衡,增强机体的免疫和抗病力,促进动物的生长性能^[1-5]。再加上安全、无耐药性、无残留等优点,益生菌有望成为一种理想的抗生素替代品。植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)是乳酸菌的一种,属乳杆菌科乳杆菌属,是典

收稿日期:2020-07-07

基金项目:四川省基本科研业务专项(SASA201903);四川省科技项目(2016NYZ0025,2018NZDZX0004,2019YFN0009);四川省财政运行专项(SASA2020CZYX002,SASA2020CZYX007)

作者简介:宋小燕(1982—),女,湖南衡阳人,助理研究员,硕士,主要从事家禽营养研究。E-mail: babalasy@163.com

* 通信作者:杨朝武,研究员,E-mail: cwyang@foxmail.com

型的兼性厌氧菌,发酵糖类的能力很强,且只发酵产生乳酸,广泛分布于发酵的蔬菜、果汁和乳制品中^[6],较耐盐,与其他乳酸菌的区别在于此菌的活菌数比较高,能大量的产酸,并与其他乳酸菌有协同作用。植物乳杆菌主要广泛应用于乳制品生产,包括功能性酸乳、发酵豆乳、干酪、功能性乳酸菌饮料中。随着畜牧产业的发展,植物乳杆菌开始作为饲料添加剂在畜禽生产领域应用。现有的一些研究表明,植物乳杆菌能促进动物肠道有益菌增殖,降低病原菌的数量,丰富肠道菌群的多样性,具有促生长、防腹泻、增强机体免疫和抗病力的效果^[7-10]。本文以植物乳杆菌为研究对象,研究饲料中添加不同水平的植物乳杆菌对地方优质品种肉鸡——大恒肉鸡生长性能、屠宰性能以及血清免疫和抗氧化功能的影响,为优质肉鸡无抗健康养殖提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 植物乳杆菌

试验用植物乳杆菌菌种由中国科学院成都生物研究所提供,经复活、传代培养,活菌数在 $1 \times$

$10^9 \sim 1 \times 10^{10}$ CFU/mL。每周做 1 次菌液培养,计数、稀释成试验中需要的菌液浓度,按 20 ~ 40 mL/kg 直接添加到饲料中,采用逐级混合法混合均匀,为保证植物乳杆菌活性,饲料未经高温制粒、未添加抗生素。

1.2 试验设计和基础饲料

大恒肉鸡是四川大恒家禽育种有限公司联合四川省畜牧科学研究院,利用我国地方鸡种遗传资源,采用现代家禽遗传育种技术育成的青脚、麻羽、白皮肉鸡。挑选健康的 1 日龄大恒商品代肉雏鸡 2 400 只,公母各占 1/2,分开饲养,公鸡和母鸡各随机分为 5 个组,每个组 6 个重复,每个重复 40 只鸡。对照组(I 组)饲喂基础饲料,基础饲料中不含抗生素;试验组在基础饲料中分别添加 1×10^5 (II 组)、 1×10^6 (III 组)、 1×10^7 (IV 组) 和 1×10^8 (V 组) CFU/kg 的植物乳杆菌。基础饲料参照《鸡饲养标准》(NY/T 33—2004) 中肉用仔鸡营养需要配制,采用玉米-豆粕型饲料,料型为粉料。整个试验期分 3 个饲养阶段,1~21 日龄饲喂肉小鸡料,22~42 日龄饲喂肉中鸡料,43~70 日龄饲喂肉大鸡料,各阶段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(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)

%

项目 Items	1~21 日龄 1 to 21 days of age	22~42 日龄 22 to 42 days of age	43~70 日龄 43 to 70 days of age
原料 Ingredients			
玉米 Corn	54.60	69.00	71.00
豆粕 Soybean meal	26.80	18.20	15.00
棉籽粕 Cottonseed meal	3.50	4.50	3.80
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	3.50	3.50	4.00
磷酸氢钙 CaHPO_4	1.80	1.25	1.10
石粉 Limestone	1.34	1.22	1.30
猪油 Lard oil		1.00	2.00
大豆油 Soybean oil	1.00		
面粉 Flour	6.00		
氯化钠 NaCl	0.30	0.34	0.30
氯化胆碱 Choline chloride	0.08	0.10	0.07
赖氨酸 Lys	0.38	0.36	0.60
蛋氨酸 Met	0.10	0.09	0.03
苏氨酸 Thr			0.04
预混料 Premix ¹⁾	0.60	0.44	0.76
合计 Total	100.00	100.00	100.00

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	43~70 日龄 43 to 70 days of age
营养水平 Nutrient levels ²⁾			
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.02	12.27	12.44
粗蛋白质 CP	19.50	17.70	16.60
钙 Ca	1.03	0.82	0.80
总磷 TP	0.68	0.55	0.50
赖氨酸 Lys	1.20	0.97	0.92
蛋氨酸 Met	0.45	0.41	0.34

1) 预混料为每千克 1~21 日龄饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet for 1 to 21 days of age: VA 8 000 IU, VD₃ 2 400 IU, VE 36 IU, VK₃ 2.76 mg, VB₁ 2.4 mg, VB₂ 7.2 mg, VB₆ 4 mg, VB₁₂ 28 μg, 生物素 biotin 0.2 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate 13.68 mg, 叶酸 folic acid 1.6 mg, 烟酸 nicotinic acid 44 mg, Fe 174 mg, Cu 20 mg, Mn 138 mg, Zn 125 mg, I 0.4 mg, Se 0.5 mg。

预混料为每千克 22~42 日龄饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet for 22 to 42 days of age: VA 7 600 IU, VD₃ 2 280 IU, VE 34.2 IU, VK₃ 2.622 mg, VB₁ 2.28 mg, VB₂ 6.84 mg, VB₆ 3.8 mg, VB₁₂ 26.6 μg, 生物素 biotin 0.19 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate 13 mg, 叶酸 folic acid 1.52 mg, 烟酸 nicotinic acid 41.8 mg, Fe 174 mg, Cu 20 mg, Mn 138 mg, Zn 125 mg, I 0.4 mg, Se 0.5 mg。

预混料为每千克 43~70 日龄饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet for 43 to 70 days of age: VA 7 000 IU, VD₃ 2 100 IU, VE 31.5 IU, VK₃ 2.415 mg, VB₁ 2.1 mg, VB₂ 6.3 mg, VB₆ 3.5 mg, VB₁₂ 24.5 μg, 生物素 biotin 0.175 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate 11.97 mg, 叶酸 folic acid 1.4 mg, 烟酸 nicotinic acid 38.5 mg, Fe 140 mg, Cu 15 mg, Mn 125 mg, Zn 135 mg, I 0.5 mg, Se 0.5 mg。

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

1.3 饲养管理

试验于 2019 年 8—10 月在四川大恒家禽育种有限公司进行,全程采用阶梯式笼养,自由采食和饮水,光照、免疫等日常管理均按公司管理手册进行。试验期共 70 d。

1.4 指标测定

1.4.1 生长性能

试验开始日、21 日龄、42 日龄和试验结束日对每只鸡进行空腹称重,计算各阶段的平均日增重(ADG);记录各个组每个重复的饲粮消耗量,计算平均日采食量(ADFI),根据平均日增重和平均日采食量计算料重比(F/G)。

1.4.2 屠宰性能

试验结束日从每个重复中选取 4 只接近平均体重的健康试验鸡进行屠宰,颈部放血处死,去毛,沥干水分后进行屠宰性能测定,包括屠宰率、全净膛率、半净膛率、腿肌率和腹脂率,测定方法参考《家禽生产性能名词术语和度量统计方法》^[11]。

1.4.3 血清免疫功能

试验第 70 天从各组随机抽出 8 只试验鸡,空

腹翅静脉采血 5 mL 于离心管中,37 ℃ 静置 30 min 后,室温 3 000 r/min 离心 10 min,取上清分装于 1.5 mL 离心管中,-20 ℃ 保存待测。血清免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 M(IgM)、免疫球蛋白 G(IgG)、白细胞介素-2(IL-2)和干扰素-γ(INF-γ)含量采用酶联免疫吸附试验(ELISA)试剂盒进行测定。往预先包被鸡免疫球蛋白抗体或细胞因子抗体的包被微孔中,依次加入标本、标准品、辣根过氧化物酶(HRP)标记的检测抗体,37 ℃ 温育 60 min 并彻底洗涤。用底物 3,3',5,5'-四甲基联苯胺(TMB)显色,TMB 在过氧化物酶的催化下转化成蓝色,并在酸的作用下转化成最终的黄色。颜色的深浅和样品中的鸡免疫球蛋白呈正相关。用酶标仪在 450 nm 波长下测定吸光度(OD)值,计算样品浓度。试剂盒均购自南京建成生物工程研究所,测定方法严格按照试剂盒说明书进行。

1.4.4 血清抗氧化功能

采集 70 日龄试验鸡血清进行抗氧化指标测定,检测血清谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性以及丙二醛

(MDA) 含量。GSH-Px 可以促进过氧化氢 (H_2O_2) 与还原型谷胱甘肽 (GSH) 反应生成水和氧化型谷胱甘肽 (GSSG), GSH-Px 的活性可用其酶促反应的速度来表示, 测定此酶促反应中 GSH 的消耗, 则可求出酶的活性。GSH 和二硫代二硝基苯甲酸作用生成 5-硫代二硝基苯甲酸阴离子呈现较稳定的黄色, 在 412 nm 处测其 OD 值即可算出 GSH 含量。由于 H_2O_2 和 GSH 在没有酶的条件下, 也能进行氧化还原反应 (称非酶促反应), 所以必须扣除非酶促反应引起的 GSH 减少的部分。测定主要步骤包括酶促反应和显色反应, 分别在酶管和非酶管中进行。T-SOD 活性采用羟胺法测定, 黄嘌呤及黄嘌呤氧化酶反应系统产生超氧阴离子自由基, 后者氧化羟胺形成硝酸盐, 在显色剂作用下呈紫红色, 于波长 550 nm 处有最大吸收峰。当被测样品含 T-SOD 时, 其对超氧阴离子自由基有专一性的抑制作用, 使形成的亚硝酸盐减少, 比色时测定管的 OD 值低于对照管的 OD 值, 通过公式可求出样品中的 T-SOD 的活性。MDA 含量采用硫代巴比妥酸 (TBA) 法测定, 过氧化脂

质降解产物中的 MDA 可与 TBA 缩合, 形成红色产物, 用酶标仪在 532 nm 波长测定 OD 值。试剂盒均购自南京建成生物工程研究所, 测定方法严格按照试剂盒说明书进行。

1.5 统计与分析

数据通过 SPSS 17.0 统计软件进行分析, 采用 one-way ANOVA 进行单因素方差分析, 采用 Duncan 氏法进行多重比较, 结果以“平均值±标准差”表示, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 饲粮添加植物乳杆菌对大恒肉鸡生长性能的影响

由表 2 可知, 与对照组 (I 组) 相比, 饲粮添加 1×10^7 CFU/kg 植物乳酸杆菌显著提高了母鸡 70 日龄体重 ($P < 0.05$); 公鸡、母鸡各阶段平均日采食量、平均日增重和料重比各组差异均不显著 ($P > 0.05$), 但随着植物乳杆菌添加水平的提高, 料重比呈下降趋势。

表 2 饲粮添加植物乳杆菌对大恒肉鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary *Lactobacillus plantarum* on growth performance of *Dahen* broilers

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
公鸡 Cocks					
1~21 日龄 1 to 21 days of age					
平均日增重 ADG/g	16.23±0.96	15.99±0.86	16.24±0.79	16.48±0.82	16.73±0.72
平均日采食量 ADFI/g	27.20±1.36	27.23±1.44	27.28±1.17	26.83±1.52	27.24±1.23
料重比 F/G	1.68±0.03	1.70±0.04	1.68±0.03	1.63±0.04	1.63±0.05
22~42 日龄 22 to 42 days of age					
平均日增重 ADG/g	40.93±1.34	40.64±1.25	41.36±1.39	40.31±1.07	39.93±1.41
平均日采食量 ADFI/g	85.63±1.84	84.32±2.04	84.33±2.29	83.92±1.57	83.35±2.16
料重比 F/G	2.09±0.03	2.07±0.03	2.04±0.05	2.08±0.04	2.09±0.03
43~70 日龄 43 to 70 days of age					
平均日增重 ADG/g	45.80±2.78	43.91±2.97	46.96±2.94	45.07±3.05	45.95±2.84
平均日采食量 ADFI/g	136.85±4.41	130.92±4.26	135.36±4.32	131.77±3.94	133.41±4.23
料重比 F/G	2.99±0.06	2.98±0.07	2.88±0.06	2.92±0.06	2.90±0.08
1~70 日龄 1 to 70 days of age					
70 日龄体重 BW at 70 days of age/g	2 521.11±260.49 ^{ab}	2 457.16±307.95 ^a	2 562.83±249.26 ^b	2 492.92±227.46 ^{ab}	2 514.84±242.38 ^{ab}
平均日增重 ADG/g	35.47±2.69	34.55±2.85	36.06±2.76	35.07±2.95	35.38±2.72
平均日采食量 ADFI/g	88.58±4.33	85.83±4.12	87.63±4.25	85.93±3.86	86.54±4.19
料重比 F/G	2.50±0.06	2.48±0.07	2.43±0.05	2.45±0.06	2.45±0.08

续表2

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
母鸡 Hens					
1~21 日龄 1 to 21 days of age					
平均日增重 ADG/g	16.45±0.69	15.46±0.78	16.05±0.89	16.05±0.57	16.46±0.83
平均日采食量 ADFI/g	25.95±1.34	25.27±1.18	25.29±1.36	25.71±1.49	25.90±1.27
料重比 F/G	1.58±0.03	1.63±0.05	1.58±0.04	1.60±0.04	1.57±0.03
22~42 日龄 22 to 42 days of age					
平均日增重 ADG/g	30.81±1.39	31.92±1.46	30.98±1.78	32.62±1.34	30.55±1.27
平均日采食量 ADFI/g	72.15±2.74	73.49±2.69	73.18±2.65	72.72±2.89	71.30±2.84
料重比 F/G	2.34±0.05	2.30±0.04	2.36±0.06	2.23±0.05	2.33±0.05
43~70 日龄 43 to 70 days of age					
平均日增重 ADG/g	32.72±2.25	34.55±2.73	32.86±3.19	34.27±2.94	34.21±2.27
平均日采食量 ADFI/g	115.01±4.12	120.74±4.34	115.25±3.81	118.80±4.64	117.17±4.16
料重比 F/G	3.52±0.08	3.50±0.08	3.51±0.07	3.47±0.06	3.42±0.06
1~70 日龄 1 to 70 days of age					
70 日龄体重 BW at 70 days of age/g	1 946.58±228.99 ^a	2 000.65±202.06 ^{ab}	1 945.84±221.26 ^a	2 019.80±207.47 ^b	1 983.38±253.18 ^{ab}
平均日增重 ADG/g	27.26±2.12	28.03±2.65	27.25±3.01	28.31±2.81	27.79±2.09
平均日采食量 ADFI/g	75.43±3.98	76.61±4.25	75.64±3.69	77.05±4.56	76.02±4.08
料重比 F/G	2.77±0.07	2.78±0.08	2.78±0.06	2.72±0.05	2.74±0.06

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

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

2.2 饲料添加植物乳杆菌对大恒肉鸡屠宰性能的影响

由表 3 可知, 与对照组相比, 饲料添加不同水平植物乳杆菌对大恒肉鸡屠宰率、半净膛

率、全净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率无显著影响 ($P>0.05$), 各组肉鸡屠宰性能无显著差异 ($P>0.05$)。

表 3 饲料添加植物乳杆菌对大恒肉鸡屠宰性能的影响

Table 3 Effects of dietary *Lactobacillus plantarum* on slaughter performance of *Dahen* broilers

%

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
公鸡 Cocks					
屠宰率 Slaughter rate	91.73±1.11	92.30±1.54	91.89±1.00	92.27±0.90	92.36±0.64
半净膛率 Semi-eviscerated rate	85.81±1.55	86.35±0.95	86.40±0.81	86.17±0.95	85.61±2.47
全净膛率 Eviscerated rate	72.01±1.38	72.34±1.03	72.31±0.95	71.84±0.96	72.33±1.30
胸肌率 Breast muscle rate	15.06±1.77	15.92±1.79	15.58±0.99	14.64±1.13	15.10±1.13
腿肌率 Let muscle rate	22.57±1.55	22.53±2.08	23.41±2.10	23.19±1.63	22.59±2.36
腹脂率 Abdominal fat rate	2.41±0.66	2.47±0.59	2.35±0.70	2.50±0.49	2.47±0.55
母鸡 Hens					
屠宰率 Slaughter rate	91.82±1.72	91.94±1.57	91.16±1.61	91.91±2.04	91.68±0.82
半净膛率 Semi-eviscerated rate	84.74±1.18	85.81±1.78	84.13±1.77	85.11±1.77	85.99±10.7
全净膛率 Eviscerated rate	71.79±1.18	71.69±1.52	72.55±1.79	72.47±1.64	72.40±1.32
胸肌率 Breast muscle rate	16.24±2.04	16.81±2.51	16.57±1.20	15.86±1.36	15.82±1.61
腿肌率 Let muscle rate	20.50±1.11	20.54±0.61	20.74±1.24	20.21±1.39	19.90±1.17
腹脂率 Abdominal fat rate	3.01±0.85	4.58±0.84	3.86±1.60	3.21±0.78	3.92±1.51

2.3 饲料添加植物乳杆菌对大恒优质肉鸡血清免疫功能的影响

由表 4 可知, V 组公鸡血清 IgA 和 INF- γ 含量显著高于 II 组、III 组和 IV 组 ($P < 0.05$), V 组公鸡血清 IgG 含量显著高于对照组、II 组、III 组和 IV 组

($P < 0.05$), V 组公鸡血清 IgM 和 IL-2 含量显著高于 II 组和 III 组 ($P < 0.05$); V 组母鸡血清 IgA 和 IgG 含量显著高于对照组和 II 组 ($P < 0.05$)。总体而言, 饲料添加高水平植物乳杆菌组大恒肉鸡的血清免疫功能得到了提高。

表 4 饲料添加植物乳杆菌对大恒肉鸡血清免疫功能的影响

Table 4 Effects of dietary *Lactobacillus plantarum* on serum immune function of *Dahen* broilers

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
公鸡 Cocks					
免疫球蛋白 A IgA/(g/L)	508.54±137.67 ^{ab}	433.72±60.40 ^a	453.31±17.69 ^a	480.95±92.75 ^a	606.87±100.71 ^b
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)	2 006.93±380.74 ^a	1 958.20±378.77 ^a	1 994.17±336.69 ^a	1 972.54±311.59 ^a	2 075.56±417.35 ^b
免疫球蛋白 M IgM/(g/L)	1 094.05±181.51 ^{ab}	888.52±157.79 ^a	935.65±104.95 ^a	1 052.57±148.50 ^{ab}	1 263.04±407.61 ^b
白细胞介素-2 IL-2/(μ g/mL)	492.67±159.10 ^{ab}	395.42±49.13 ^a	442.55±52.86 ^a	496.82±81.56 ^{ab}	588.93±140.24 ^b
干扰素- γ INF- γ /(μ g/mL)	77.52±38.32 ^{ab}	49.87±4.48 ^a	46.50±9.92 ^a	63.79±15.32 ^a	160.65±55.83 ^b
母鸡 Hens					
免疫球蛋白 A IgA/(g/L)	474.92±49.90 ^a	484.02±31.68 ^a	535.97±72.05 ^{ab}	496.79±82.83 ^a	648.75±173.92 ^b
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)	1 846.74±158.35 ^a	1 880.21±260.32 ^a	2 069.09±327.18 ^{ab}	2 132.84±314.21 ^{ab}	2 333.22±624.47 ^b
免疫球蛋白 M IgM/(g/L)	964.28±71.22	1 106.81±69.66	1 064.49±176.00	1 035.55±143.72	1 137.13±363.41
白细胞介素-2 IL-2/(μ g/mL)	492.67±159.10 ^{ab}	398.60±53.02 ^a	512.80±166.65 ^{ab}	498.55±89.21 ^{ab}	588.93±140.12 ^b
干扰素- γ INF- γ /(μ g/mL)	45.54±14.62	58.41±10.09	50.03±22.12	61.40±16.11	71.76±45.21

2.4 饲料添加植物乳杆菌对大恒肉鸡血清抗氧化功能的影响

由表 5 可知, V 组公鸡血清 GSH-Px 活性最高, 显著高于 II 组和 III 组 ($P < 0.05$), 血清 T-SOD

活性显著高于 III 组 ($P < 0.05$); V 组母鸡血清 GSH-Px 活性最高, 显著高于 III 组和 IV 组 ($P < 0.05$)。各组大恒肉鸡血清 MDA 含量差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 5 饲料添加植物乳杆菌对大恒肉鸡血清抗氧化功能的影响

Table 5 Effects of dietary *Lactobacillus plantarum* on serum antioxidant function of *Dahen* broilers

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
公鸡 Cocks					
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	370.51±54.39 ^{ab}	333.30±67.36 ^a	346.24±82.58 ^a	382.65±45.82 ^{ab}	440.09±18.62 ^b
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	3.57±2.26	4.09±2.74	1.75±0.99	2.56±1.61	2.53±1.69
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	102.58±6.46 ^{ab}	104.68±5.88 ^{ab}	84.82±22.11 ^a	89.04±23.57 ^{ab}	107.16±3.54 ^b
母鸡 Hens					
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	499.15±6.53 ^{ab}	539.60±41.61 ^{ab}	465.98±89.74 ^a	489.44±72.07 ^a	575.19±27.04 ^b
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	3.42±2.32	2.87±1.52	3.36±1.56	1.94±0.84	3.05±2.26
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	105.37±6.64 ^b	91.51±15.54 ^{ab}	75.31±27.86 ^a	97.57±15.31 ^{ab}	92.44±16.06 ^{ab}

3 讨论

3.1 饲粮添加植物乳酸菌对大恒肉鸡生长性能的影响

益生菌进入肠道后,会迅速繁殖,与有害菌群争夺营养,抑制有害微生物的生长。益生菌可直接调节肠道对营养物质的消化吸收,或通过调控消化酶活性,改善肠道对营养物质的消化吸收,进而促进动物的生长。陆银等^[12]在饲粮中添加复合益生菌(蜡样芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和粪肠球菌),结果表明复合益生菌能显著提高21~35日龄爱拔益加(AA)肉鸡的生长性能。Shokryazdan等^[13]研究表明,饲粮添加乳酸杆菌混合物可以显著提高肉鸡增重,改善饲料转化率。郭欣怡等^[14]报道饲粮添加乳酸菌、丁酸菌和复合菌制剂,其中复合菌制剂能显著提高肉鸡平均日增重,降低料重比,乳酸菌、丁酸菌在饲养后期使得料重比显著降低。县怡涵等^[15]研究发现,7日龄开始饲喂植物乳杆菌能显著提高断奶仔猪平均日采食量和平均日增重,降低料重比,促进断奶仔猪空肠和回肠绒毛发育,具有显著的促生长、抗腹泻效果。本试验结果表明,植物乳杆菌对大恒肉鸡生长性能无显著影响,但随着植物乳杆菌添加水平的提高,料重比呈下降趋势。此外,性别不同植物乳杆菌适宜的添加水平也不同,Ⅲ组公鸡体重最大,Ⅳ组母鸡体重最大。以上结果说明,植物乳杆菌的使用存在最佳添加水平,且可能受到动物品种、性别、生长阶段和益生菌制剂质量、实际饲养管理的条件等众多因素影响。

3.2 饲粮添加植物乳杆菌对大恒肉鸡屠宰性能的影响

屠宰性能是畜禽肉用性能的重要评定指标,直观地反映动物机体组成及其产肉性能。蔡中梅^[16]研究发现,饲粮添加不同水平的巨大芽孢杆菌,添加水平达到60 mg/kg时鹅全净膛率、半净膛率显著提高,各组胸肌率、腿肌率和腹脂率差异不显著。黄金华等^[17]研究结果表明,复合益生菌显著提高了肉鸡的半净膛率和全净膛率。本试验结果表明,各组肉鸡屠宰性能差异不显著。这与以上试验中益生菌表现出的效果差异较大,说明不同的益生菌种类、益生菌组合对屠宰性能的影响可能存在差异,具体机理有待进一步研究。

3.3 饲粮添加植物乳酸菌对大恒肉鸡血清免疫功能的影响

免疫球蛋白(IgG、IgA和IgM)具有抗菌、抗病毒等功效,是动物体液免疫系统的重要组成部分。IL-2、IFN- γ 等细胞因子具有免疫调节和效应功能,是常用的细胞免疫检测指标。免疫球蛋白和免疫细胞因子水平可直接反映机体的免疫状况。贾志新^[18]报道在饲粮中添加丁酸梭菌可以显著提高樱桃谷肉鸭血清IgG和IgM含量。徐基利^[19]发现适量的乳酸菌制剂能提高肉仔鸡血清IgG和IgA含量,使机体的体液免疫功能增强。甄玉国等^[20]研究表明,饲喂植物乳杆菌显著提高肉仔鸡血清IgG、IgA、IL-2和IFN- γ 含量。Liu等^[21]报道仔猪口服植物乳杆菌显著降低肠道梭菌属病原菌的数量,促进肠道健康发育。本试验结果与以上研究结果类似,饲粮添加高水平植物乳杆菌时,大恒肉鸡血清IgG含量和母鸡血清IgA含量显著提高,同时血清IgM、IL-2和IFN- γ 含量也有所提高,该结果预示植物乳杆菌能够提高大恒肉鸡的血清免疫功能,而免疫功能与机体抗病力、生长性能直接相关。

3.4 饲粮添加植物乳酸菌对大恒肉鸡血清抗氧化功能的影响

GSH-Px特异性催化GSH对H₂O₂的还原反应,是细胞内H₂O₂和脂质自由基的清除剂。T-SOD能清除自由基,保护细胞免受损伤。MDA是氧化应激的标志物,可反映机体内脂质过氧化的程度。田浪等^[22]研究发现,在黄羽肉鸡饲粮中添加复合益生菌,显著提高了肉鸡血清总抗氧化能力(T-AOC)以及T-SOD和过氧化氢酶(CAT)活性。袁文华等^[23]研究发现,饲粮添加丁酸梭菌和(或)乳酸菌显著提高青年鸽肝脏CAT、T-SOD和GSH-Px活性,2个菌种复合添加显著降低了肝脏MDA含量。廖秀冬^[24]研究表明,饲粮添加丁酸梭菌可以显著提高肉鸡肝脏和血清抗氧化能力。吴凡等^[25]研究发现,在低蛋白质水平饲粮中添加益生菌和有机酸复合制剂,青脚麻鸡血清GSH-Px活性提高,血清T-SOD活性降低,血清MDA含量差异不显著。本试验结果表明,与对照组相比,高添加水平植物乳杆菌组肉鸡血清GSH-Px和T-SOD活性较高,但差异不显著,同时各组间肉鸡血清MDA含量差异不显著。这与上述试验结果不完全一致,说明益生菌种类、添加水

平、单菌或复合制剂等都可能影响抗氧化机能的改善作用,需要进一步探究。

4 结 论

在本试验条件下,饲粮添加高水平的植物乳杆菌能够显著提高大恒肉鸡血清免疫功能,一定程度上增强血清抗氧化功能,对生长性能和屠宰性能无显著影响。

参考文献:

- [1] LIAO X D, MA G, CAI J, et al. Effects of *Clostridium butyricum* on growth performance, antioxidation, and immune function of broilers [J]. Poultry Science, 2015, 94(4) : 662-667.
- [2] PARK Y H, HAMIDON F, RAJANGAN C, et al. Application of probiotics for the production of safe and high-quality poultry meat [J]. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 2016, 36(5) : 567-576.
- [3] 田志梅, 蒋宗勇, 王丽, 等. 益生菌的功能及其在生猪养殖产业中的应用 [J]. 动物营养学报, 2019, 31(3) : 1020-1030.
- TIAN Z M, JIANG Z Y, WANG L, et al. Function and application of probiotics in pig breeding [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(3) : 1020-1030. (in Chinese)
- [4] 谢文惠. 复合益生菌制剂对肉鸡生长、免疫功能及肠道菌群的影响 [D]. 硕士学位论文. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2018.
- XIE W H. Effects of compound probiotics on growth, immunity indices and intestinal flora in broilers [D]. Master's Thesis. Daqing: Heilongjiang Bayi Agricultural University, 2018. (in Chinese)
- [5] 吴宇薇, 杨海明, 张泉. 饲粮添加益生菌对肉鸡免疫机能的影响 [J]. 中国家禽, 2019, 41(12) : 43-46.
- WU Y W, YANG H M, ZHANG Q. Effect of dietary probiotics on immune function of broilers [J]. China Poultry, 2019, 41(12) : 43-46. (in Chinese)
- [6] 马千里, 刘冬, 顾瑞霞. 植物乳杆菌的益生特性及其在乳制品中的应用 [J]. 中国奶牛, 2014(1) : 36-40.
- MA Q L, LIU D, GU R X. Probiotic properties of *Lactobacillus plantarum* and its application in dairy products [J]. China Dairy Cattle, 2014(1) : 36-40. (in Chinese)
- [7] 张龙林, 刘婧媛. 植物乳杆菌在动物生产中的应用 [J]. 湖南饲料, 2017(4) : 30-31.
- ZHANG L L, LIU J Y. Application of *Lactobacillus plantarum* in animal production [J]. Hunan Feed, 2017(4) : 30-31. (in Chinese)
- [8] 张光磊, 廖奇, 江书忠, 等. 植物乳杆菌在肉鸡生长中的应用研究进展 [J]. 饲料博览, 2019(5) : 35-37.
- ZHANG G L, LIAO Q, JIANG S Z, et al. Research progress of application of *Lactobacillus plantarum* in broiler growth [J]. Feed Review, 2019(5) : 35-37. (in Chinese)
- [9] 胡宗福, 牛化欣, 于建华, 等. 饲料中添加植物乳杆菌对细鳞鲑生长及肠道菌群多样性的影响 [J]. 动物营养学报, 2020, 32(1) : 346-356.
- HU Z F, NIU H X, YU J H, et al. Effects of *Lactobacillus plantarum* supplementation on growth and intestinal microbial flora diversity of *Brachymystax lenok* [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(1) : 346-356. (in Chinese)
- [10] PIEPER R, JANCZYK P, URUBSCHUROV V, et al. Effect of a single oral administration of *Lactobacillus plantarum* DSMZ 8862/8866 before and at the time point of weaning on intestinal microbial communities in piglets [J]. International Journal of Food Microbiology, 2009, 130(3) : 227-232.
- [11] 中华人民共和国农业部. NY/T 823—2004 家禽生产性能名词术语和度量统计方法 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. NY/T 823—2004 Terms and methods of measurement and statistics for poultry production performance [J]. Beijing: China Agriculture Press, 2004. (in Chinese)
- [12] 陆银, 武旭峰, 费拥军, 等. 复合益生菌对肉仔鸡的生长性能及屠体品质的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2013, 49(1) : 50-53.
- LU Y, WU X F, FEI Y J, et al. Effect of compound probiotics on growth performance and carcass quality of broilers [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2013, 49(1) : 50-53. (in Chinese)
- [13] SHOKRYAZDAN P, JAHROMI M F, LIANG J B, et al. Effects of a *Lactobacillus salivarius* mixture on performance, intestinal health and serum lipids of broiler chickens [J]. PLoS One, 2017, 12(5) : e0175959.
- [14] 郭欣怡, 张曼, 韩飞, 等. 不同益生菌制剂对肉鸡生产性能、免疫功能和肠道菌群的影响 [J]. 家畜生态学学报, 2016, 37(11) : 79-83.
- GUO X Y, ZHANG M, HAN F, et al. Effects of different probiotics on production performance, immunologic function and gut bacteria of broiler chickens [J].

- Journal of Domestic Animal Ecology, 2016, 37(11): 79-83. (in Chinese)
- [15] 县怡涵, 赵秀英, 李晨博, 等. 植物乳杆菌和干酪乳杆菌对仔猪生长性能、器官指数及小肠形态的影响[J]. 动物营养学报, 2015, 27(12): 3805-3811.
XIAN Y H, ZHAO X Y, LI C B, et al. Effects of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei* on growth performance, organ index and intestinal morphology of piglets [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27(12): 3805-3811. (in Chinese)
- [16] 蔡中梅. 饲料中添加巨大芽孢杆菌制剂对仔鹅生产性能、养分利用及肠道菌群的影响[D]. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学, 2016.
CAI Z M. Effect of *Bacillus megatherium* on the production performance, nutrient utilization and intestinal microflora of geese from 1 to 70 days of age [D]. Master's Thesis. Yangzhou: Yangzhou University, 2016. (in Chinese)
- [17] 黄金华, 李泰佑, 王士长, 等. 复合益生菌制剂对肉鸡生长性能、屠宰性能和肌肉品质的影响[J]. 畜牧与饲料科学, 2014, 35(5): 30-33.
HUANG J X, LI T Y, WANG S C, et al. Effects of complex-probiotic-preparation on growth performance, slaughter performance and meat quality of broiler [J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2014, 35(5): 30-33. (in Chinese)
- [18] 贾志新. 丁酸梭菌对樱桃谷肉鸭生长性能、免疫和抗氧化功能及肠道食糜 VFA 含量的影响[D]. 硕士学位论文. 南京: 南京农业大学, 2014.
JIA Z X. Effects of *Clostridium butyricum* on the growth performance, immune and antioxidant function and the intestinal tract chyme VFA concentration in cherry valley ducks [D]. Master's Thesis. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014. (in Chinese)
- [19] 徐基利. 不同乳酸菌及其添加量对肉仔鸡生长性能、盲肠菌群和免疫功能的影响[D]. 硕士学位论文. 哈尔滨: 东北农业大学, 2011.
XU J L. Effects of different *Lactobacillus* strains and dosages on growth performance, cecal microflora and immunity of broilers [D]. Master's Thesis. Harbin: Northeast Agricultural University, 2011. (in Chinese)
- [20] 甄玉国, 秦贵信, 赵巍, 等. 植物乳杆菌及其培养物对肉仔鸡生长性能和免疫功能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 52(13): 68-72.
ZHEN Y G, QIN G X, ZHAO W, et al. Effects of *Lactobacillus plantarum* and its culture on growth performance and immune function in broilers [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2019, 52(13): 68-72. (in Chinese)
- [21] LIU H, ZHANG J, ZHANG S H, et al. Oral administration of *Lactobacillus fermentum* I5007 favors intestinal development and alters the intestinal microbiota in formula-fed piglets [J]. International Journal of Food Microbiology, 2014, 62(4): 860-866.
- [22] 田浪, 何彦侠, 侯月娥, 等. 复合益生菌制剂对黄羽肉鸡生产性能、抗氧化指标及免疫功能的影响[J]. 中国兽医学报, 2017, 37(8): 1540-1544, 1582.
TIAN L, HE Y X, HOU Y E, et al. Effects of dietary mixed probiotics on the growth performance, antioxidant activity and immune function in yellow-feathered broilers [J]. Chinese Journal of Veterinary Science, 2017, 37(8): 1540-1544, 1582. (in Chinese)
- [23] 袁文华, 李国勤, 韩安法, 等. 益生菌对青年鸽生长、免疫和抗氧化性能及繁殖相关基因表达的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(7): 3294-3301.
YUAN W H, LI G Q, HAN A F, et al. Effects of probiotics on growth, immunity, antioxidation and expression of genes related to reproduction of young pigeons [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(7): 3294-3301. (in Chinese)
- [24] 廖秀冬. 丁酸梭菌的筛选及其对动物抗氧化能力和肉鸡肉品质影响的研究[D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2015.
LIAO X D. Screening of *Clostridium butyricum* and its effects on animal antioxidation and meat quality in broiler chickens [D]. Ph.D. Thesis. Beijing: China Agricultural University, 2015. (in Chinese)
- [25] 吴凡, 奚雨萌, 唐波, 等. 不同蛋白水平日粮中添加益生菌及有机酸复合制剂对青脚麻鸡免疫及抗氧化功能的影响[J]. 畜牧与兽医, 2016, 48(1): 10-15.
WU F, XI Y Y, TANG B, et al. Effects of dietary mixed probiotics and organic acids with different crude protein levels on the immune function and antioxidant activity in green feet broilers [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2016, 48(1): 10-15. (in Chinese)

Effects of *Lactobacillus plantarum* on Growth Performance, Slaughter Performance, Serum Immune and Antioxidant Function of *Dahen* Broilers

SONG Xiaoyan¹ PENG Han¹ YU Chunlin¹ CHEN Jialei² YANG Li² HU Chenming²
ZHANG Zengrong¹ QIU Mohan¹ XIA Bo² XIONG Xia² JIANG Xiaosong¹
DU Huarui¹ LI Qingyun¹ YANG Chaowu^{1*}

(1. Animal Breeding and Genetics Key Laboratory of Sichuan Province, Sichuan Animal Science Academy, Chengdu 610066, China; 2. Sichuan Daheng Poultry Breeding Company, Chengdu 610066, China)

Abstract: The present study was designed to investigate the effects of *Lactobacillus plantarum* on growth performance, slaughter performance, serum immune and antioxidant function of *Dahen* broilers. A total of 2 400 healthy one-day-old *Dahen* commercial broiler chickens (half male, half female and raised separately) were selected and cocks and hens were both randomly divided into 5 groups with 6 replicates per group and 40 broilers per replicate, respectively. Broilers in the control group (group I) were fed a basal diet, and those in groups II, III, IV and V were fed the basal diets supplemented with 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 and 1×10^8 CFU/kg *Lactobacillus plantarum*, respectively. The experiment lasted for 70 days. The results showed as follows: 1) the final body weight of hens in group V was significantly increased compared with the control group ($P < 0.05$), while there was no significant difference between the other experimental groups and the control group ($P > 0.05$). There was no significant difference in average daily feed intake, average daily gain and feed to gain ratio among groups both in cocks and hens ($P > 0.05$), but it could be seen that the feed to gain ratio was decreasing with the increase of *Lactobacillus plantarum* supplemental level. 2) There was no significant difference in slaughter performance among different groups both in cocks and hens ($P > 0.05$). 3) The serum immunoglobulin G (IgG) content of cocks in group V was significantly higher than that in the control group and groups II, III and IV ($P < 0.05$), the serum contents of immunoglobulin A (IgA) and interferon- γ (INF- γ) of cocks in group V were significantly higher than those in groups II, III and IV ($P < 0.05$), and the serum contents of immunoglobulin M and interleukin-2 of cocks in group V were significantly higher than those in groups II and III ($P < 0.05$). The serum contents of IgA and IgG of hens in group V were significantly higher than those in the control group and group II ($P < 0.05$). 4) The serum glutathione peroxidase (GSH-Px) activity of cocks in group V was the highest and significantly higher than that in groups II and III ($P < 0.05$), the serum total superoxide dismutase activity of cocks in group V was significantly higher than that in group III ($P < 0.05$). The serum GSH-Px activity of hens in group V was the highest and significantly higher than that in groups III and IV ($P < 0.05$). There was no significant difference in serum malonaldehyde content among different groups both in cocks and hens. In summary, the diet supplemented with high level of *Lactobacillus plantarum* can improve the serum immune function and enhance the serum antioxidant function in a certain extent, while has no significant effect on growth performance and slaughter performance of *Dahen* broilers. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(2):822-831]

Key words: *Lactobacillus plantarum*; *Dahen* broilers; growth performance; slaughter performance; immune and antioxidant function