

辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭生产性能、蛋品质、抗氧化性能、脂质代谢及免疫功能的影响

饶体宇^{1,2} 吴伯梅^{1,2} 鲜思美^{1,2*} 张友^{1,2} 杨倩^{1,2} 包涛涛^{1,2}

(1.贵州大学动物科学学院,贵阳 550025;2.贵州省动物疫病研究所,贵阳 550025)

摘要: 本试验旨在研究辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭生产性能、蛋品质、抗氧化性能、脂质代谢及免疫功能的影响。选取25周龄金定蛋鸭500只,随机分成5组,每组5个重复,每个重复20只。对照组饲喂基础饲料,试验1~4组在基础饲料中添加1.5 g/kg复合益生菌后,再分别添加0、1.0、1.5和2.0 g/kg的辣木叶提取物。预试期1周,正试期8周。结果表明:1)与对照组相比,试验1组的平均蛋重和料蛋比显著降低($P<0.05$)。与试验1组相比,试验3和4组的产蛋率显著降低($P<0.05$),试验3和4组的料蛋比显著增加($P<0.05$),试验4组的平均蛋重显著增加($P<0.05$)。2)与对照组相比,试验2、3和4组的蛋壳强度显著增加($P<0.05$),试验2和3组的蛋黄颜色显著提高($P<0.05$),试验4组的蛋壳厚度显著降低($P<0.05$)。与试验1组相比,试验2、3和4组的蛋壳强度显著增加($P<0.05$),试验2组的蛋黄颜色显著提高($P<0.05$)。3)与对照组相比,各试验组血清和蛋黄丙二醛(MDA)含量显著降低($P<0.05$),血清和蛋黄超氧化物歧化酶(SOD)活性显著增加($P<0.05$);各试验组血清谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性及试验2、3和4组蛋黄GSH-Px活性显著增加($P<0.05$)。与试验1组相比,试验2和3组血清和蛋黄SOD活性显著提高($P<0.05$),试验3组血清GSH-Px活性显著增加($P<0.05$),试验2、3和4组蛋黄GSH-Px活性显著增加($P<0.05$)。4)与对照组相比,各试验组血清和蛋黄甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量显著降低($P<0.05$),高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)含量显著增加($P<0.05$)。与试验1组相比,试验3组血清TC含量显著降低($P<0.05$),试验2、3和4组蛋黄TC含量显著降低($P<0.05$),试验3组血清和蛋黄LDL-C含量显著降低($P<0.05$),试验2和3组血清HDL-C含量显著升高($P<0.05$)。5)与对照组相比,各试验组血清免疫球蛋白G(IgG)、免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白M(IgM)和十二指肠分泌型免疫球蛋白A(sIgA)含量均显著提高($P<0.05$)。与试验1组相比,试验2组血清IgG含量显著提高($P<0.05$),试验3组血清IgM含量显著提高($P<0.05$)。由此可见,单独使用复合益生菌能显著降低料蛋比,增强蛋鸭抗氧化性能,改善脂质代谢,提高免疫球蛋白分泌量;辣木叶提取物和复合益生菌联用则可显著增强蛋壳强度,且在增强蛋鸭抗氧化性能、改善脂质代谢和提高免疫球蛋白分泌量方面综合效果优于单独使用复合益生菌,其中以试验3组(1.5 g/kg复合益生菌+1.5 g/kg辣木叶提取物)效果较好。

关键词: 辣木;提取物;复合益生菌;抗氧化性能;脂质代谢;免疫功能

中图分类号:S834

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)04-1684-09

收稿日期:2019-10-31

基金项目:贵州省农业攻关项目[黔科合支撑(2016)2506号];贵州省研究生教育创新计划项目(GZZ2017002)

作者简介:饶体宇(1993—),男,贵州遵义人,硕士研究生,预防兽医专业。E-mail:1439910356@qq.com

*通信作者:鲜思美,副教授,硕士生导师,E-mail:xiansimei2005@163.com

辣木 (*Moringa oleifera* Lam) 又称鼓槌树, 为辣木科、辣木属速生乔木树种, 其叶营养价值丰富, 内含黄酮类、多酚类等多种功能性成分^[1]。黄酮类化合物普遍存在于植物各个部位, 具有降血脂、抗氧化、抑菌等多种生理活性^[2]。Coppin 等^[3]、Kunyang 等^[4] 分析发现, 辣木叶中总黄酮含量为 0.18%~1.64% (干物质基础), 在抗氧化^[5]、调节血脂^[6-7] 和增强机体免疫力^[8] 等方面, 辣木叶黄酮均表现出积极的作用。

益生菌是一类含有大量有益微生物及其活性成分的活菌制剂, 研究报道, 在饲料中添加益生菌可以提高蛋鸡生产性能、改善饲料利用率和提高机体免疫功能等^[9]。在使用抗菌素导致细菌耐药性增加和动物源性食品中药物残留等问题日益严重的情况下, 中草药和益生菌依靠其作用广泛、副作用小、无残留、无耐药性等优点在实际生产中得到了较为广泛的应用和发展。实践证明, 益生菌和中草药在防病、促生长等方面是相辅相成的, 中草药可以促进益生菌的增殖, 益生菌可以促进中草药的吸收和利用^[10]。目前, 关于辣木叶提取物和益生菌联合应用的相关文献鲜见报道。因此, 本试验以 25 周龄金定蛋鸭为试验动物, 在基础饲料中添加不同水平的辣木叶提取物和复合益生菌, 探讨其对蛋鸭生产性能、蛋品质、抗氧化性能、脂质代谢及免疫功能的影响, 旨在为辣木叶提取物和益生菌在蛋鸭生产中的应用提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

辣木叶提取物购自兰州沃特莱斯生物科技有限公司, 有效成分辣木叶黄酮含量为 20%; 复合益生菌购自山东宝来利来生物工程股份有限公司, 主要由凝结芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、乳酸菌、丁酸梭菌和海洋红酵母 Y69 等组成 (活菌总数 $\geq 5.0 \times 10^8$ CFU/g, 推荐使用剂量为 0.1%~0.2%)。

1.2 试验设计和基础饲料

选择同一鸭舍内体况良好、产蛋率相近的 25 周龄金定蛋鸭 500 只, 随机分成 5 组, 每组 5 个重复, 每个重复 20 只。对照组饲喂基础饲料, 试验 1~4 组在基础饲料中添加 1.5 g/kg 复合益生菌后, 再分别添加 0、1.0、1.5 和 2.0 g/kg 的辣木叶提取物 (有效成分辣木黄酮含量分别为 0、200、300

和 400 mg/kg)。试验采用大棚早养模式, 试验鸭自由采食和饮水 (乳头式饮水器), 自然光加人工补光 (15 h/d), 每天人工喂料 2 次 (09:00 和 17:00), 每周带禽消毒 2 次。试验期共 9 周, 其中预试期 1 周, 正试期 8 周。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 the basal diet (air-dry basis)		%
项目 Items		含量 Content
原料 Ingredients		
玉米 Corn		39.78
小麦粉 Wheat flour		15.00
米糠 Rice bran		5.00
豆粕 Soybean meal		25.40
豆油 Soybean oil		2.16
磷酸氢钙 CaHPO_4		1.32
石粉 Limestone		8.89
膨润土 Bentonite		1.00
氯化钠 NaCl		0.25
碳酸氢钠 NaHCO_3		0.20
预混料 Premix ¹⁾		1.00
合计 Total		100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
代谢能 ME/(MJ/kg)		11.51
粗蛋白质 CP		18.00
钙 Ca		3.80
有效磷 AP		0.32
赖氨酸 Lys		1.10
蛋氨酸 Met		0.52

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kilogram of the diet: VA 8 000 IU, VD 1 000 IU, VE 35 mg, VB₁ 2 mg, VB₂ 4 mg, VB₆ 2 mg, VB₁₂ 0.01 mg, 烟酸 nicotinic acid 60 mg, 泛酸 pantothenic acid 8 mg, 叶酸 folic acid 2 mg, 生物素 biotin 1 mg, 胆碱 choline 1 000 mg, Fe (as ferrous sulfate) 70 mg, Cu (as copper sulfate) 10 mg, Mn (as manganese sulfate) 60 mg, Zn (as zinc sulfate) 70 mg, Se (as sodium selenite) 0.12 mg, I (as potassium iodide) 0.48 mg。

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

1.3 测定指标与方法

1.3.1 生产性能

试验期间以重复为单位, 每日记录投料量、剩余料量、产蛋数、蛋重与破蛋个数, 并计算平均日

采食量、产蛋率、平均蛋重、料蛋比和破蛋率。

1.3.2 蛋品质指标

饲养试验结束时,每个重复随机抽取6枚鸭蛋进行蛋品质测定。采用多功能蛋品质测定仪测定蛋重、蛋白高度、蛋黄颜色和哈夫单位;采用电子分析天平测定蛋黄重,计算蛋黄百分比;采用游标卡尺测量蛋的纵径、横径,计算蛋形指数(纵径/横径);采用游标卡尺分别测量蛋壳的锐端、中间和钝端厚度,计算蛋壳厚度的平均值;采用蛋壳强度测定仪测定蛋壳强度。

1.3.3 抗氧化指标

饲养试验结束前12 h禁食,自由饮水。每个重复随机抽取3只蛋鸭,翅静脉采血2 mL,3 000 r/min离心10 min,分离血清于-20 °C保存备用。另随机抽取3枚鸭蛋,分离蛋黄,将新鲜蛋黄置于平皿中,用玻棒搅拌均匀后抽取2 mL于EP管中,-20 °C保存备用。采用酶联免疫吸附测定(ELISA)试剂盒测定血清和蛋黄中丙二醛(MDA)含量及超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性。ELISA试剂盒购自上海科兴商贸有限公司。

1.3.4 脂质代谢指标

血清和蛋黄样本采集方法同1.3.3,用ELISA试剂盒分别测定血清和蛋黄中甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量。ELISA试剂盒购自上海科兴商贸有限公司。

1.3.5 免疫指标

血清样本的采集方法同1.3.3。另每个重复随

机抽取3份新鲜十二指肠样本,每份样本称取1 g左右,用预冷的磷酸缓冲盐溶液(PBS)(pH=7.2~7.4,浓度为0.01 mol/L)按1:9的体积比在冰浴上匀浆,5 000 r/min离心15 min取上清于-20 °C保存备用,分别测定血清免疫球蛋白G(IgG)、免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白M(IgM)和十二指肠分泌型免疫球蛋白A(sIgA)含量。ELISA试剂盒购自上海科兴商贸有限公司。

1.4 统计分析方法

试验数据采用SPSS 24.0软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),采用Duncan氏法进行多重比较,结果以平均值±标准差表示, $P<0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭生产性能的影响

由表2可知,与对照组相比,各试验组的平均日采食量和破蛋率无显著差异($P>0.05$);试验1、2和3组的产蛋率无显著差异($P>0.05$),试验4组的产蛋率显著降低($P<0.05$);试验2、3和4组的平均蛋重和料蛋比无显著差异($P>0.05$),试验1组的平均蛋重和料蛋比显著降低($P<0.05$)。

与试验1组相比,试验2、3和4组的平均日采食量和破蛋率无显著差异($P>0.05$);试验2组的产蛋率、平均蛋重和料蛋比无显著差异($P>0.05$),试验3和4组的产蛋率显著降低($P<0.05$),试验3和4组的料蛋比显著增加($P<0.05$),试验4组的平均蛋重显著增加($P<0.05$)。

表2 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭生产性能的影响

Table 2 Effects of *Moringa oleifera* leaf extract combined with compound probiotics on performance of laying ducks

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	1	2	3	4
产蛋率 Laying rate/%	86.54±7.54 ^{bc}	88.18±5.85 ^c	87.95±4.01 ^c	84.64±5.49 ^b	81.56±4.12 ^a
平均蛋重 Average egg weight/g	73.00±2.37 ^{bc}	71.96±1.94 ^a	72.54±1.87 ^{abc}	72.21±2.36 ^{ab}	73.22±1.97 ^c
平均日采食量 Average daily feed intake/g	148.74±13.43	142.29±14.28	145.06±15.91	145.23±17.51	143.22±16.30
料蛋比 Feed to egg ratio	2.37±0.23 ^{bc}	2.25±0.23 ^a	2.28±0.27 ^{ab}	2.38±0.32 ^c	2.40±0.28 ^c
破蛋率 Broken egg rate/%	0.40±0.27	0.00±0.00	0.00±0.00	1.10±0.45	0.70±0.37

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),相同或无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 the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭蛋品质的影响

由表 3 可知,各组间蛋形指数、蛋黄百分比和哈夫单位均差异不显著 ($P>0.05$)。与对照组相比,试验 1 组的蛋壳强度无显著差异 ($P>0.05$),试验 2、3 和 4 组的蛋壳强度显著增加 ($P<0.05$);试验 1 和 4 组的蛋黄颜色无显著差异 ($P>0.05$),试验 2 和 3 组的蛋黄颜色显著提高 ($P<0.05$);试验

1、2 和 3 组的蛋壳厚度无显著差异 ($P>0.05$),试验 4 组的蛋壳厚度显著降低 ($P<0.05$)。

与试验 1 组相比,试验 2、3 和 4 组的蛋壳强度显著增加 ($P<0.05$);试验 2、3 和 4 组的蛋壳厚度无显著差异 ($P>0.05$);试验 2 组的蛋黄颜色显著提高 ($P<0.05$),试验 3 和 4 组的蛋黄颜色无显著差异 ($P>0.05$)。

表 3 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭蛋品质的影响

Table 3 Effects of *Moringa oleifera* leaf extract combined with compound probiotics on egg quality of laying ducks

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	1	2	3	4
蛋形指数 Egg shape index	1.35±0.04	1.35±0.06	1.35±0.05	1.33±0.05	1.33±0.07
蛋壳强度 Eggshell strength/kg	44.47±9.65 ^a	47.23±9.65 ^{ab}	51.55±8.96 ^c	49.39±6.86 ^c	51.45±9.13 ^c
蛋黄颜色 Yolk color	11.97±0.56 ^a	12.07±0.37 ^{ab}	12.37±0.61 ^c	12.30±0.70 ^{bc}	12.03±0.32 ^{ab}
蛋黄百分比 Yolk percentage/%	36.44±3.19	35.53±3.06	35.22±3.92	34.86±2.83	36.21±3.02
蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm	0.32±0.02 ^{bc}	0.31±0.03 ^{abc}	0.32±0.02 ^c	0.31±0.02 ^{ab}	0.31±0.02 ^a
哈夫单位 Haugh unit	66.48±8.63	66.09±7.55	65.78±8.29	66.66±9.31	65.98±7.31

2.3 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭血清和蛋黄抗氧化指标的影响

由表 4 可知,与对照组相比,各试验组血清和蛋黄 MDA 含量显著降低 ($P<0.05$),血清和蛋黄 SOD 活性显著增加 ($P<0.05$);各试验组血清 GSH-Px 活性显著增加 ($P<0.05$),试验 1 组蛋黄 GSH-Px 活性无显著差异 ($P>0.05$),试验 2、3 和 4 组蛋黄 GSH-Px 活性显著增加 ($P<0.05$)。

与试验 1 组相比,试验 2、3 和 4 组血清和蛋黄 MDA 含量差异不显著 ($P>0.05$);试验 2 和 3 组血清和蛋黄 SOD 活性显著提高 ($P<0.05$),试验 4 组血清和蛋黄 SOD 活性差异不显著 ($P>0.05$);试验 3 组血清 GSH-Px 活性显著增加 ($P<0.05$),试验 2 和 4 组血清 GSH-Px 活性差异不显著 ($P>0.05$);试验 2、3 和 4 组蛋黄 GSH-Px 活性显著增加 ($P<0.05$)。

表 4 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭血清和蛋黄抗氧化指标的影响

Table 4 Effects of *Moringa oleifera* leaf extract combined with compound probiotics on serum and yolk antioxidant indexes of laying ducks

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	1	2	3	4
血清 Serum					
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	13.18±1.11 ^c	9.95±1.05 ^{ab}	9.32±1.52 ^{ab}	8.86±1.64 ^a	10.44±1.49 ^b
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	294.39±52.46 ^a	421.41±40.62 ^b	497.36±77.14 ^c	506.18±64.60 ^c	385.12±45.73 ^b
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/L)	163.15±19.09 ^a	195.44±15.24 ^b	202.92±15.79 ^b	223.47±10.99 ^c	196.87±13.87 ^b
蛋黄 Yolk					
丙二醛 MDA/(nmol/g)	87.93±13.74 ^b	66.90±17.04 ^a	54.95±5.75 ^a	57.95±11.01 ^a	65.98±10.25 ^a
超氧化物歧化酶 SOD/(U/g)	1 896.90±404.19 ^a	2 916.74±264.61 ^b	3 752.51±379.34 ^c	3 632.52±490.50 ^c	2 798.77±542.89 ^b
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/g)	1.16±0.13 ^a	1.25±0.16 ^a	1.48±0.17 ^b	1.58±0.08 ^b	1.48±0.06 ^b

2.4 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭血清和蛋黄脂质代谢指标的影响

由表5可知,与对照组相比,各试验组血清和蛋黄 TG、TC 和 LDL-C 含量均显著降低 ($P < 0.05$),各试验组血清和蛋黄 HDL-C 含量显著增加 ($P < 0.05$)。

与试验1组相比,试验2、3和4组血清和蛋黄 TG 含量无显著差异 ($P > 0.05$);试验2和4组血清

TC 含量无显著差异 ($P > 0.05$),试验3组血清 TC 含量显著降低 ($P < 0.05$),试验2、3和4组蛋黄 TC 含量均显著降低 ($P < 0.05$);试验2和4组血清和蛋黄 LDL-C 含量无显著差异 ($P > 0.05$),试验3组血清和蛋黄 LDL-C 含量显著降低 ($P < 0.05$);试验2和3组血清 HDL-C 含量显著升高 ($P < 0.05$),试验2、3和4组蛋黄 HDL-C 含量无显著差异 ($P > 0.05$)。

表5 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭血清和蛋黄脂质代谢指标的影响

Table 5 Effects of *Moringa oleifera* leaf extract combined with compound probiotics on serum and yolk lipid metabolism indexes of laying ducks

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	1	2	3	4
血清 Serum/(mmol/L)					
甘油三酯 TG	6.60±1.07 ^b	5.64±0.79 ^a	5.19±0.91 ^a	5.72±0.75 ^a	5.32±0.83 ^a
总胆固醇 TC	6.19±0.89 ^c	5.24±1.05 ^b	4.60±0.81 ^{ab}	4.02±0.77 ^a	5.02±1.17 ^b
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C	1.11±0.13 ^a	1.35±0.13 ^b	1.56±0.16 ^{cd}	1.63±0.16 ^d	1.46±0.18 ^{bc}
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C	4.97±0.83 ^c	3.78±0.76 ^b	3.29±0.89 ^{ab}	2.61±0.82 ^a	3.61±0.55 ^b
蛋黄 Yolk/(mmol/g)					
甘油三酯 TG	0.09±0.01 ^b	0.07±0.01 ^a	0.07±0.01 ^a	0.07±0.01 ^a	0.08±0.01 ^a
总胆固醇 TC	0.10±0.01 ^c	0.09±0.01 ^b	0.07±0.01 ^a	0.08±0.01 ^a	0.08±0.01 ^a
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C	0.020±0.002 ^a	0.024±0.003 ^{bc}	0.026±0.003 ^c	0.026±0.002 ^c	0.024±0.002 ^b
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C	0.084±0.010 ^c	0.065±0.008 ^b	0.059±0.011 ^{ab}	0.053±0.009 ^a	0.064±0.010 ^b

2.5 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭免疫指标的影响

由表6可知,各试验组血清 IgG、IgA、IgM 和十二指肠 sIgA 含量均显著增加 ($P < 0.05$)。

与试验1组相比,试验2、3和4组血清 IgA 含

量和十二指肠 sIgA 含量差异不显著 ($P > 0.05$);试验2组血清 IgG 含量显著提高 ($P < 0.05$),试验3和4组血清 IgG 含量差异不显著 ($P > 0.05$);试验3组血清 IgM 含量显著提高 ($P < 0.05$),试验2和4组血清 IgM 含量差异不显著 ($P > 0.05$)。

表6 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭免疫指标的影响

Table 6 Effects of *Moringa oleifera* leaf extract combined with compound probiotics on immune indexes of laying ducks

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	1	2	3	4
血清 Serum/($\mu\text{g/mL}$)					
免疫球蛋白 G IgG	1 651.20±226.61 ^a	2 076.39±287.80 ^b	2 390.19±299.10 ^c	2 351.03±310.70 ^{bc}	2 150.14±277.52 ^{bc}
免疫球蛋白 A IgA	127.52±28.15 ^a	200.05±42.07 ^b	225.18±34.44 ^b	224.63±28.36 ^b	215.36±22.03 ^b
免疫球蛋白 M IgM	230.56±76.18 ^a	319.11±70.48 ^b	370.29±56.77 ^{bc}	404.15±60.50 ^c	353.01±62.97 ^{bc}
十二指肠 Duodenum/(ng/mg)					
分泌型免疫球蛋白 A sIgA	18.69±5.27 ^a	37.77±8.14 ^b	39.03±7.23 ^b	39.87±6.93 ^b	42.05±8.46 ^b

3 讨论

3.1 辣木叶提取物与复合益生菌对蛋鸭生产性能的影响

本试验结果表明,与对照组相比,单独使用复合益生菌可显著降低料蛋比和平均蛋重。李万军^[11]研究表明,饲料中添加 0.10% 和 0.15% 的益生菌可显著降低海兰褐蛋鸡料蛋比,这与本试验研究结果基本一致。料蛋比的降低可能与益生菌能增强动物体内的饲料转化率有关^[12],而平均蛋重的下降则可能与单独使用复合益生菌组(试验 1 组)蛋鸭产蛋率的上升有关。辣木叶提取物的主要活性成分是辣木黄酮,黄酮类物质具有降血脂、抗氧化、抑菌等多种生理活性^[2],但在改善生产性能方面,许合金等^[13]证明大豆黄酮和蜂胶黄酮等类黄酮物质对蛋鸡的平均日采食量、料蛋比和产蛋率均无显著影响。当辣木叶提取物和复合益生菌联合应用时,相较于对照组和单独使用复合益生菌组而言,蛋鸭的生产性能未得到改善,证明辣木叶提取物和复合益生菌联用对蛋鸭生产性能的影响并无协同作用。

3.2 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭蛋品质的影响

本试验结果表明,与对照组相比,单独使用复合益生菌对蛋鸭蛋品质无显著影响。李万军^[14]研究结果显示,饲料中添加 1.5% 的复合益生菌使 55 周龄海兰褐蛋鸡的蛋黄颜色、哈夫单位和蛋黄比率等有所提高,但与对照组相比差异均不显著。目前,国内外关于益生菌在蛋禽生产上的效果报道较多,但结果却不尽相同,分析其主要原因可能与蛋禽的种类、日龄和试验所用的菌株搭配不同等因素有关。岳道友等^[15]研究证明,中草药和益生菌联合使用可显著增加海兰褐蛋鸡蛋黄颜色,这与本研究中试验 2 和 3 组的蛋黄颜色显著高于对照组相一致。家禽自身不能合成色素,蛋黄颜色的深浅主要取决于家禽从饲料中摄取的色素,试验所用辣木叶提取物的颜色为黄色,推测蛋黄颜色的增加可能和蛋鸭吸收辣木叶提取物中色素有关^[16]。与对照组和单独使用复合益生菌组相比,辣木叶提取物和复合益生菌联合使用时蛋壳强度显著增加,其原因可能与益生菌和黄酮类物质能够增强机体对钙、磷的吸收有关^[17-18]。

3.3 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭血清和蛋黄抗氧化指标的影响

正常生理情况下,机体内氧化和抗氧化之间维持着动态平衡,一旦平衡被打破,则可能导致大量自由基的形成,进而损伤细胞。据文献报道,益生菌可以通过其金属离子螯合能力、抗氧化系统、调节信号通路等多种不同的方式发挥其抗氧化作用^[19]。本试验结果表明,单独使用复合益生菌除不能显著改善蛋黄 GSH-Px 活性外,显著提高了其他抗氧化指标。研究表明,黄酮类化合物可抑制自由基对机体的氧化损伤,发挥抗氧化作用^[20]。孙朦等^[6]也证实了辣木黄酮能够显著降低小鼠血清 MDA 含量,提高血清 SOD 活性。本试验结果表明,试验 2、3 和 4 组对血清和蛋黄中抗氧化指标的改善作用均优于试验 1 组,其中以试验 3 组效果最佳。推测其原因可能与辣木叶提取物中含有大量生物活性物质、蛋白质、微量元素和维生素等多种成分,可以为益生菌的生长繁殖、新陈代谢提供营养物质,从而增加肠道益生菌的种类和数量等有关^[21]。

3.4 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭血清和蛋黄脂质代谢的影响

本试验结果表明,与对照组相比,单独使用复合益生菌对血清和蛋黄中各项脂质代谢指标均有显著优化作用。目前,益生菌的降脂作用机制尚不十分明确,国内外对降低胆固醇的机制研究较多。Liong 等^[22]证实了处于平衡期和衰亡期的益生菌细胞膜仍能结合胆固醇,Gilland 等^[23]推测嗜酸乳杆菌等菌体细胞对胆固醇有吸收作用。研究表明,黄酮类物质可能通过减少脂质合成、吸收和调控脂质代谢相关基因的表达调节脂质代谢^[24]。孙朦等^[6]试验结果表明,饲料中添加高、中剂量的辣木黄酮饲喂高脂血症小鼠,能极显著降低血清 TC、TG、LDH-C 含量,并极显著提高血清 HDL-C 含量。从辣木叶提取物和复合益生菌联用对血清和蛋黄脂质代谢指标的影响结果来看,与对照组和单独使用复合益生菌组相比,试验 2、3 和 4 组蛋黄 TC 含量均显著降低,与对照组相比分别降低了 30%、20% 和 20%,与单独使用复合益生菌组相比分别降低了 22%、11% 和 11%。这可能与益生菌能够代谢中药有效成分,从而增强中药活性成分的药理作用、增加机体对药物的吸收和提高活性物质的生物利用度有关^[23]。

3.5 辣木叶提取物与复合益生菌联用对蛋鸭免疫指标的影响

研究表明,肠道益生菌对中药有效成分药理活性发挥起重要作用,同时中药有效成分在调节肠道菌群失调、促进有益菌生长、抑制有害菌过度繁殖等方面作用显著^[25]。本试验结果表明,与对照组相比,单独使用复合益生菌能够显著增加血清和十二指肠中免疫球蛋白分泌量。已有研究表明,益生菌在提高机体免疫能力方面发挥着重要的作用,王佳丽等^[26]研究表明,复合益生菌可显著提高21日龄肉鸡血清IgG含量和42日龄肉鸡血清IgA含量;袁文华等^[27]在饲料中添加 5×10^9 CFU/kg乳酸菌以及 5×10^9 CFU/kg乳酸菌+ 1×10^8 CFU/kg丁酸梭菌可显著提高青年鸽血清中IgM含量。肠道黏膜免疫是机体免疫系统的重要组成部分,益生菌可在肠道黏附定植,发挥特异性免疫作用,活化相关淋巴组织,促进sIgA合成增加,从而提高黏膜免疫功能^[28]。杨汝才等^[29]在饲料中添加0.4%的辣木黄酮可显著提高蛋雏鸭血清IgA含量。黄茂林等^[30]在饲料中添加高、中、低剂量的辣木叶提取物饲喂小鼠,其血清IgG含量均显著提高。从本试验结果看,与试验1组相比,试验2组血清IgG含量和试验3组血清IgM含量显著提高;与对照组相比,试验2、3和4组蛋鸭的各项免疫球蛋白指标均有显著提升。究其原因可能是黄酮类物质可增加蛋鸭肠道内益生菌多样性与数量且益生菌也能够将黄酮类化合物转化为更容易被机体吸收的苷元有关^[31-32]。

4 结论

① 饲料中添加复合益生菌可显著降低料蛋比,增强蛋鸭抗氧化性能,改善脂质代谢,提升蛋鸭免疫球蛋白的分泌量。

② 辣木叶提取物和复合益生菌联用可显著增强蛋壳强度,改善蛋鸭抗氧化性能,提升蛋鸭免疫球蛋白的分泌量,综合效果优于单独使用复合益生菌,其中以试验3组(1.5 g/kg复合益生菌+1.5 g/kg辣木叶提取物)效果较好。

参考文献:

[1] GOPALAKRISHNAN L, DORIYA K, KUMARA D S. *Moringa oleifera*: a review on nutritive importance and its medicinal application[J]. Food Science & Hu-

man Wellness, 2016, 5(2): 49-56.

[2] MORIMOTO M, TANIMOTO K, NAKANO S, et al. Insect antifeedant activity of flavones and chromones against *spodoptera litura* [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(2): 389-393.

[3] COPPIN J P, XU Y, CHEN H, et al. Determination of flavonoids by LC/MS and anti-inflammatory activity in *Moringa oleifera* [J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(4): 1892-1899.

[4] KUNYANGA C N, IMUNGI J K, OKOTH M W, et al. Total phenolic content, antioxidant and antidiabetic properties of methanolic extract of raw and traditionally processed Kenyan indigenous food ingredients [J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 45(2): 269-276.

[5] SIDDHURAJU P, BECKER K. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(8): 2144-2155.

[6] 孙朦, 王鸿飞, 王凯凯, 等. 辣木叶黄酮对小鼠血脂调节作用研究 [J]. 核农学报, 2018, 32(8): 1597-1602.

[7] GHASI S, NWOBODO E, FILE J O. Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera* lam in high-fat diet fed wistar rats [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2000, 69(1): 21-25.

[8] 张幸怡, 李洋, 林聪, 等. 辣木叶粉对大鼠生长性能、血液与肝脏抗氧化及免疫指标的影响 [J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(11): 1724-1731.

[9] HADDADIN M, ABDULRAHIM S, HASHLAMOUN E, et al. The effect of *Lactobacillus acidophilus* on the production and chemical composition of hens eggs [J]. Poultry Science, 1996, 75(4): 491-494.

[10] 黎春辉, 陈铁桥, 肖兵南, 等. 益生菌联合中草药在畜牧业中的研究进展 [J]. 饲料与畜牧, 2007, 10(6): 48-50.

[11] 李万军. 益生菌对蛋鸡生产及生化指标的影响 [J]. 饲料研究, 2013(3): 56-58.

[12] 王静, 李晓颖, 李春风, 等. 益生菌对动物营养素吸收与代谢的影响研究 [J]. 饲料与畜牧, 2012(2): 49-51.

[13] 许合金, 张军民, 王修启, 等. 类黄酮对蛋鸡生产性能、蛋品质和血液生化特性的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2009, 36(6): 19-23.

[14] 李万军. 益生菌和中草药对蛋鸡饲养分代谢率及

- 蛋品质的影响[J].饲料研究,2013,16(4):52-54.
- [15] 岳道友,李亚明,赵杰.益生菌与中草药对海兰褐蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J].河南农业大学学报,2017,51(3):370-373.
- [16] 沈曼曼,王莹.影响蛋黄颜色沉积因素分析[J].广东饲料,2014,23(6):43-45.
- [17] 李叶涵,方山青,毕云天,等.益生菌对维生素 K 缺乏肉仔鸡骨骼健康的改善作用[J].中国家禽,2018,40(14):25-31.
- [18] NKUKWANA T, MUCHENJE V, MASIKA P, et al. The effect of *Moringa oleifera* leaf meal supplementation on tibia strength, morphology and inorganic content of broiler chickens[J]. South African Journal of Animal Science, 2014, 44(3):228-239
- [19] 贺驭,孔祥峰,王振勇,等.益生菌抗氧化机制的研究进展[J].中国家禽,2017,39(24):41-44.
- [20] 谢相悦,舒相华,白华毅,等.中草药黄酮类化合物在动物上的应用[J].中兽医医药杂志,2018,37(2):83-86.
- [21] 张谦,刘一尘,刘应鹏,等.益生菌与中草药协同作用及其在畜禽养殖中的应用[J].现代牧业,2018,2(1):30-34.
- [22] LIONG M T, SHAH N P. Acid and bile tolerance and cholesterol removal ability of *Lactobacilli* strains[J]. Journal of Dairy Science, 2005, 88(1):55-66.
- [23] GILLAND S E, NELSON C R, MAXWELL C. Assimilation of cholesterol by *Lactobacilli acidophilus* [J]. Applied Environment Microbiology, 1985, 49(2):377-381.
- [24] 李旭光,方莲花,杜冠华.黄酮类化合物的心血管保护作用机制研究进展[J].中国药理学通报,2018,34(6):741-744.
- [25] 戴承恩,李海龙,等.益生菌代谢中药有效成分的研究进展[J].中国中药杂志,2018,43(1):31-38.
- [26] 王佳丽,张玉科.复合益生菌对肉仔鸡免疫功能的影响[J].饲料研究,2013(8):65-67.
- [27] 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.
- [28] OUWEHAND A, ISOLAURI E, SALMINEN S. The role of the intestinal microflora for the development of the immune system in early childhood[J]. European Journal of Nutrition, 2002, 41(1):32-37
- [29] 杨汝才,杨胜林,谭斌,等.饲料中添加辣木黄酮对蛋雏鸭生长、免疫及抗氧化功能的影响[J].中国家禽,2019,41(1):31-34.
- [30] 黄茂林,林伟明,林晓玲,等.辣木叶提取物的制备工艺优化及其对免疫抑制小鼠免疫功能调节的研究[J].中国中药杂志,2018,43(13):2697-2704
- [31] 刘敏,陈奇超,胡瑞良,等.藤三七类黄酮组分对小鼠代谢综合征模型及其肠道菌群的调节作用[J].中国微生态学杂志,2017,29(4):390-394.
- [32] SERRA A, ALBA M, ROMERO M P, et al. Metabolic pathways of the colonic metabolism of flavonoids (flavonols, flavones and flavanones) and phenolic acids[J]. Food Chemistry, 2012, 130(2):383-393.

Effects of *Moringa oleifera* Leaf Extract Combined with Compound Probiotics on Performance, Egg Quality, Antioxidant Ability, Lipid Metabolism and Immune Function of Laying Ducks

RAO Tiyu^{1,2} WU Bomei^{1,2} XIAN Simei^{1,2*} ZHANG You^{1,2} YANG Qian^{1,2} BAO Taotao^{1,2}

(1. College of Animal Science of Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Institute of Animal Disease Research of Guizhou, Guiyang 550025, China)

Abstract: The aim of this study was to investigate the effects of *Moringa oleifera* leaf extract combined with compound probiotics on performance, egg quality, antioxidant ability, lipid metabolism and immune function of laying ducks. A total of 500 twenty-five-week-old *Jinding* ducks were randomly divided into 5 groups with 5 replicates per group and 20 ducks per replicate. Ducks in the control group were fed a basal diet, and others in trial groups 1 to 4 were fed the basal diets supplemented with 1.5 g/kg complex probiotics, then supplemented

with 0, 1.0, 1.5 and 2.0 g/kg *Moringa oleifera* leaf extract, respectively. The pre-experimental period lasted for 1 week, and the experimental period lasted for 8 weeks. The results showed as follows: 1) compared with the control group, the average egg weight and feed to egg ratio of trial group 1 were significantly decreased ($P<0.05$). Compared with trial group 1, the laying rate of trial groups 3 and 4 were significantly decreased ($P<0.05$), the feed to egg ratio of trial groups 3 and 4 were significantly increased ($P<0.05$), and the average egg weight of trial group 4 was significantly increased ($P<0.05$). 2) Compared with the control group, the eggshell strength of trial groups 2, 3 and 4 was significantly increased ($P<0.05$), the yolk color of trial groups 2 and 3 was significantly increased ($P<0.05$), and the eggshell thickness of trial group 4 was significantly decreased ($P<0.05$). Compared with trial group 1, the eggshell strength of trial groups 2, 3 and 4 was significantly increased ($P<0.05$), and the yolk color of trial group 2 was significantly increased ($P<0.05$). 3) Compared with the control group, the serum and yolk malondialdehyde (MDA) content of all trial groups was significantly decreased ($P<0.05$), and the serum and yolk superoxide dismutase (SOD) activity was significantly increased ($P<0.05$); the serum glutathione peroxidase (GSH-Px) activity of all trial groups and yolk GSH-Px activity of trial groups 2, 3 and 4 was significantly increased ($P<0.05$). Compared with trial group 1, the serum and yolk SOD activity was significantly increased ($P<0.05$), the serum GSH-Px activity of trial group 3 was significantly increased ($P<0.05$), and the yolk GSH-Px activity of trial groups 2, 3 and 4 was significantly increased ($P<0.05$). 4) Compared with the control group, the contents of triglyceride (TG), total cholesterol (TC) and low density lipoprotein cholesterol (LDL-C) in serum and yolk of all trial groups were significantly decreased ($P<0.05$), and the high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) was significantly increased ($P<0.05$). Compared with trial group 1, the serum TC content of trial group 3 was significantly decreased ($P<0.05$), the yolk TC content of trial groups 2, 3 and 4 was significantly decreased ($P<0.05$), the serum and yolk LDL-C content of trial group 3 was significantly decreased ($P<0.05$), and the serum HDL-C content of trial groups 2 the serum immunoglobulin G (IgG), immunoglobulin A (IgA), immunoglobulin M (IgM) contents and duodenal secretory immunoglobulin A (sIgA) content of all trial groups were significantly increased ($P<0.05$). Compared with trial group 1, the serum IgG content of trial group 2 was significantly increased ($P<0.05$), and the serum IgM content of trial group 3 was significantly increased ($P<0.05$). and 3 was significantly increased ($P<0.05$). 5) Compared with the control group, the serum immunoglobulin G (IgG), immunoglobulin A (IgA), immunoglobulin M (IgM) contents and duodenal secretory immunoglobulin A (sIgA) content of all trial groups were significantly increased ($P<0.05$). Compared with trial group 1, the serum IgG content of trial group 2 was significantly increased ($P<0.05$), and the serum IgM content of trial group 3 was significantly increased ($P<0.05$). In conclusion, use compound probiotics alone can significantly reduce the egg to egg ratio, enhance the antioxidant ability of laying ducks, improve lipid metabolism and increase the secretion of immunoglobulin; the combination of *Moringa oleifera* leaf extract and compound probiotics can significantly enhance eggshell strength, and the overall effect of enhancing the duck's antioxidant ability, improving lipid metabolism and increasing immunoglobulin secretion is better than using compound probiotics alone, the trial group 3 (1.5 g/kg compound probiotics and 1.5 g/kg *Moringa oleifera* leaf extract) has the better effects. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(4):1684-1692]

Key words: *Moringa oleifera*; extract; compound probiotics; antioxidant ability; lipid metabolism; immune function