

# 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

袁文华<sup>1,2</sup> 李国勤<sup>1,3</sup> 韩安法<sup>4</sup> 王 森<sup>5</sup> 李浙烽<sup>5</sup> 刁新平<sup>2\*</sup> 卢立志<sup>1,3\*</sup>

(1.浙江省农业科学院畜牧兽医研究所,杭州 310021;2.东北农业大学动物科学技术学院,哈尔滨 150030;

3.农业部农产品信息溯源重点实验室,杭州 310021;4.苍南恭喜养殖专业合作社,

温州 325000;5.杭州康德权饲料有限公司,杭州 311107)

**摘要:** 本试验旨在研究丁酸梭菌和乳酸菌对青年鸽生长性能、血清免疫指标和生化指标、肝脏抗氧化指标及与繁殖相关基因表达的影响。选取 80 日龄左右的雌性青年鸽 384 只,将其随机分成 4 组,每组 6 个重复,每个重复 16 只。其中 A 组饲喂基础饲料, B、C 和 D 组分别在基础饲料中添加  $1 \times 10^8$  CFU/kg 丁酸梭菌、 $5 \times 10^9$  CFU/kg 乳酸菌和  $5 \times 10^9$  CFU/kg 乳酸菌 +  $1 \times 10^8$  CFU/kg 丁酸梭菌。预试期 7 d, 试验期 28 d。结果表明: 1) 与 A 组相比, B、C 和 D 组青年鸽的平均日增重分别提高了 22.0%、32.0% 和 22.0%, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ )。2) 与 A 组相比, C 和 D 组青年鸽血清中的免疫球蛋白 M (IgM) 含量显著提高 ( $P < 0.05$ ), 各组间血清中免疫球蛋白 A (IgA) 和免疫球蛋白 G (IgG) 含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。3) 与 A 组相比, D 组青年鸽血清中的总胆固醇 (TC) 含量显著降低 ( $P < 0.05$ ), B、C 和 D 组血清中的甘油三酯 (TG) 含量均显著下降 ( $P < 0.05$ )。4) 与 A 组相比, B、C 和 D 组青年鸽肝脏中的过氧化氢酶 (CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性均显著提高 ( $P < 0.05$ ), C 和 D 组青年鸽肝脏中的超氧化物歧化酶 (SOD) 活性和总抗氧化能力 (T-AOC) 显著提高 ( $P < 0.05$ ), D 组青年鸽肝脏中的丙二醛 (MDA) 含量显著降低 ( $P < 0.05$ )。5) 与 A 组相比, C 和 D 组青年鸽卵巢中的骨形态发生蛋白 15 (BMP15)、促卵泡素受体 (FSHR) 基因表达水平显著提高 ( $P < 0.05$ )。综上所述, 在饲料中添加丁酸梭菌和乳酸菌能够提高青年鸽肝脏抗氧化功能并增强机体免疫力, 促进新陈代谢, 从而提高青年鸽的生长性能, 对青年鸽的繁殖潜力也起到促进作用。

**关键词:** 益生菌; 青年鸽; 生长性能; 免疫性能; 抗氧化; 繁殖

中图分类号: S836

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2019)07-3294-08

青年鸽指从童鸽至 6 月龄的鸽子, 也称育成鸽或后备种鸽。该时期的鸽子相对童鸽新陈代谢旺盛, 同时抗应激能力减弱, 群养接触增加, 环境应激较多, 易受沙门氏菌、球虫、毛虫、念珠菌和鸽新城疫病毒等感染<sup>[1]</sup>。因此, 如何增强青年鸽的免疫力和抗病能力成了养殖户和科学工作者共同

关注的问题。益生菌是一类对宿主有益的活性微生物, 是定植于机体肠道、生殖系统内, 能产生确切健康功效从而改善宿主微生态环境、发挥有益作用的活性有益微生物的总称<sup>[2]</sup>。其中丁酸梭菌和乳酸菌均为肠道有益菌, 二者在动物肠道内可以互生, 为有益菌提供良好的生长繁殖环境, 同时

收稿日期: 2018-12-17

基金项目: 浙江省农业(畜禽)新品种选育重大科技专项(2016C02054-16); 浙江省农业科学院地方科技合作项目(WZ2017002); 苍南县科技项目“益生菌调控青年鸽生产和免疫性状的作用研究”

作者简介: 袁文华(1993—), 女, 河南周口人, 硕士研究生, 研究方向为单胃动物营养与饲料科学。E-mail: 18846089683@163.com

\* 通信作者: 刁新平, 副教授, 硕士生导师, E-mail: ldiaoxp63@163.com; 卢立志, 研究员, 硕士生导师, E-mail: lulizhibox@163.com

通过产酸等作用抑制有害菌的生长<sup>[3-4]</sup>,从而增强动物机体免疫力,减少畜禽发病率和死亡率。近几年有关益生菌在种鸽和乳鸽方面的应用已有了相关报道,但有关益生菌在青年鸽方面的应用研究尚属空白。本文旨在研究丁酸梭菌和乳酸菌对青年鸽生长性能、免疫性能、肝脏抗氧化指标以及与繁殖相关基因表达的影响,从而为益生菌在养鸽生产中的应用提供理论依据。

## 1 材料与方

### 1.1 试验材料

试验所用丁酸梭菌制剂由湖北绿雪生物科技有限公司惠赠(活菌数为 $2 \times 10^8$  CFU/g),乳酸菌购自山东向日葵生物科技有限公司(活菌数为 $1 \times 10^{10}$  CFU/g)。试验青年鸽品种为泰深鸽,双母拼对笼养,由苍南恭喜养殖专业合作社提供。

表 1 基础饲料组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis)

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>	含量 Content
玉米 Corn	61.0	代谢能 ME/(MJ/kg)	11.85
小麦 Wheat	8.0	粗蛋白质 CP	13.33
豌豆 Pea	24.5	赖氨酸 Lys	0.86
高粱 Broomcorn	3.5	蛋氨酸 Met	0.40
食盐 NaCl	0.5	钙 Ca	0.54
石粉 Limestone	1.5	总磷 TP	0.40
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.0		
合计 Total	100.0		

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kilogram of the diet: VA 8 000 00 IU, VD<sub>3</sub> 1 725.00 IU, VE 34.00 IU, VK<sub>3</sub> 2 mg, VB<sub>1</sub> 3.2 mg, VB<sub>2</sub> 10.2 mg, VB<sub>12</sub> 0.1 mg, 生物素 biotin 1.44 mg, 叶酸 folic acid 0.55 mg, 烟酸 nicotinic acid 27.40 mg, 泛酸 pantothenic acid 16.00 mg, Cu 9.20 mg, Fe 60.00 mg, Zn 53.00 mg, Mn 58.00 mg, I 1 mg。

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

### 1.3 饲养管理

饲养试验在苍南恭喜养殖专业合作社进行,采用4层阶梯式笼养,双母拼对饲养,自动喂料机给料,喂料时间为09:00—11:00,15:00—17:00,自由饮水。每天早上在喂料前打扫鸽舍,随后清理水杯1次。鸽舍四周通风,定期对鸽舍进行消毒和防疫。每天观察并记录试验鸽的精神状况和健康情况。

### 1.4 样品采集

试验期末,各组以重复为单位,每个重复选取1只青年鸽进行屠宰,颈部采血,分离血清,将血清

### 1.2 试验设计

试验选取体重相近的80日龄左右的雌性青年鸽384只,随机分为4组,每组6个重复,每个重复16只。其中A组(对照组)饲喂基础饲料,B组(丁酸梭菌组)在基础饲料中添加 $1 \times 10^8$  CFU/kg 丁酸梭菌制剂,C组(乳酸菌组)在基础饲料中添加 $5 \times 10^9$  CFU/kg 乳酸菌,D组(复合菌组)在基础饲料中添加 $5 \times 10^9$  CFU/kg 乳酸菌+ $1 \times 10^8$  CFU/kg 丁酸梭菌。预试期7d(让试验动物逐渐适应所供给饲料的适口性以及确定各组青年鸽平均日采食量),试验期28d。基础饲料组成及营养水平见表1。保健砂组成:中粗砂32.5%、红土18.0%、贝壳粉27.5%、熟石膏5.5%、木炭粉5.0%、明矾1.5%、甘草1.5%、多维1.5%、骨粉6.0%、微量元素1.0%。

转移到离心管中分装,最后放入-20℃保存待测<sup>[5]</sup>;取部分肝脏组织放在自封袋中,最后放入-20℃保存待测;取青年鸽卵巢,并立即放入冻存管中,最后放在-80℃保存待测。

### 1.5 测定指标与方法

#### 1.5.1 生长性能测定

在试验初期和末期对试验鸽进行称重并记录,以每个重复为单位,计算各组平均日增重(ADG)。

$$ADG [g/(d \cdot 只)] = [总末重 - (初始总重 - 初始均重 \times 死淘数)] / [试验天数 \times$$

(试验只数-死淘数)]。

### 1.5.2 血清免疫指标和生化指标测定

血清免疫指标包括免疫球蛋白(Ig)A、IgG、IgM,所用试剂盒购自北京华英生物技术研究所,采用迈瑞BS-420全自动生化仪测定。血清生化指标包括总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、尿素氮(UN),所用试剂盒购自中生北控生物技术股份有限公司,测定仪器为A6半自动生化仪。

### 1.5.3 肝脏抗氧化指标测定

肝脏抗氧化指标包括超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、过氧化

氢酶(CAT)活性、总抗氧化能力(T-AOC)及丙二醛(MDA)含量,所用试剂盒购自北京华英生物技术研究所,测定仪器为A6半自动生化仪。

### 1.5.4 基因表达水平检测

骨形态发生蛋白15(BMP15)、促卵泡素受体(FSHR)基因和内参基因 $\beta$ -肌动蛋白( $\beta$ -actin)引物序列(表2)来源于文献或利用NCBI引物设计软件设计,上海捷瑞生物工程有限公司合成。卵巢RNA的提取、cDNA以及荧光定量所需试剂盒均购自南京诺唯赞生物科技有限公司,操作步骤参照试剂盒有关说明进行。目的基因相对表达量用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 法计算。

表2 引物序列  
Table 2 Primer sequences

基因 Genes	引物序列 Primer sequences (5'-3')	产物大小 Product size/bp	退火温度 Tm/°C
骨形态发生蛋白15 BMP15	F:CTACAGCCCCATCAGTGTCTCT R:CAGGCAGAGCAAGACAAACCC	179	60
促卵泡素受体 FSHR	F:ATAGACTGGCAAACCTGGGGC R:CGAAATCGAACCTTGCGGTC	152	60
$\beta$ -肌动蛋白 $\beta$ -actin	F:CCCATCTACGAAGGCTACGC R:CTTGATGTACGCACAATTC	149	60

## 1.6 数据统计分析

试验数据用Excel 2016软件进行初步整理后,利用SPSS 22.0中one-way ANOVA程序进行统计分析,采用Duncan氏法进行多重比较,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性判断标准,试验结果以“平均值 $\pm$ 标准差”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽生长性能的影响

由表3可知,各组间青年鸽末重和平均日增重存在一定的差异,但均差异不显著( $P > 0.05$ )。与A组相比,B、C、D组青年鸽的平均日增重分别提高了22.0%、32.0%、22.0%。

表3 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽生长性能的影响

Table 3 Effects of *Clostridium butyrate* and *Lactobacillus* on growth performance of young pigeons

组别 Groups	初重 IBW/g	末重 FBW/g	平均日增重 ADG/[g/(d·只)]
A	438.93 $\pm$ 24.71	453.77 $\pm$ 17.64	0.50 $\pm$ 0.19
B	425.57 $\pm$ 18.15	443.97 $\pm$ 13.23	0.61 $\pm$ 0.17
C	437.40 $\pm$ 16.87	457.13 $\pm$ 14.39	0.66 $\pm$ 0.10
D	440.17 $\pm$ 18.53	458.50 $\pm$ 14.79	0.61 $\pm$ 0.14
P值 P-value	0.23	0.43	0.22

同列数据肩标不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),相同字母或无字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )。下表同。

Values in the same column with different 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 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽血清免疫指标的影响

由表 4 可知,与 A 组相比,C、D 组青年鸽血清中的 IgM 含量显著提高 ( $P<0.05$ ),B 组血清中的 IgM 含量增加了 10.67%,但差异不显著 ( $P>$

0.05);与 A 组相比,B、C、D 组青年鸽血清中的 IgA 含量分别增加了 2.24%、4.04%、4.93%,IgG 含量分别增加了 1.20%、0.72%、1.20%,但差异不显著 ( $P>0.05$ )。

表 4 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽血清免疫指标的影响

Table 4 Effects of *Clostridium butyrate* and *Lactobacillus* on serum immune indexes of young pigeons g/L

组别 Groups	免疫球蛋白 A IgA	免疫球蛋白 G IgG	免疫球蛋白 M IgM
A	2.23±0.17	4.16±0.14	1.50±0.21 <sup>b</sup>
B	2.28±0.19	4.21±0.15	1.66±0.31 <sup>ab</sup>
C	2.32±0.15	4.19±0.14	1.81±0.10 <sup>a</sup>
D	2.34±0.27	4.21±0.25	1.82±0.20 <sup>a</sup>
P 值 P-value	0.32	0.65	0.03

## 2.3 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽血清生化指标的影响

由表 5 可知,与 A 组相比,D 组青年鸽血清中的 TC 含量显著降低 ( $P<0.05$ ),B、C 组血清中的 TC 含量分别降低了 1.64%、16.94%,但差异不显

著 ( $P>0.05$ );与 A 组相比,B、C、D 组血清中的 TG 含量均显著降低 ( $P<0.05$ );各组间 TP、ALB、UN 含量差异不显著 ( $P>0.05$ ),但相比 A 组,各试验组的这些指标均有改善。

表 5 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽血清生化指标的影响

Table 5 Effects of *Clostridium butyrate* and *Lactobacillus* on serum biochemical indexes of young pigeons

组别 Groups	总蛋白 TP/(g/L)	白蛋白 ALB/(g/L)	总胆固醇 TC/(mmol/L)	甘油三酯 TG/(mmol/L)	尿素氮 UN/(mmol/L)
A	20.04±2.69	8.40±1.49	6.08±0.82 <sup>a</sup>	2.35±0.21 <sup>a</sup>	4.03±0.31
B	21.02±1.50	9.14±1.47	5.98±0.78 <sup>a</sup>	1.91±0.24 <sup>b</sup>	3.99±0.14
C	20.35±2.38	8.73±1.09	5.05±0.68 <sup>ab</sup>	1.87±0.31 <sup>b</sup>	4.00±0.22
D	21.55±2.59	9.30±0.93	4.72±1.02 <sup>b</sup>	1.76±0.36 <sup>b</sup>	3.97±0.31
P 值 P-value	0.41	0.48	0.02	0.03	0.70

## 2.4 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽肝脏抗氧化指标的影响

由表 6 可知,与 A 组相比,B、C、D 组青年鸽肝脏中的 CAT 活性显著提高 ( $P<0.05$ );C、D 组肝脏中的 SOD 活性、T-AOC 显著提高 ( $P<0.05$ ),B 组肝脏中的 SOD 活性、T-AOC 分别增加了 7.68%、8.00%,但差异不显著 ( $P>0.05$ );D 组肝脏中的 MDA 含量显著降低 ( $P<0.05$ );B、C、D 组肝脏中的 GSH-Px 活性显著增加 ( $P<0.05$ )。

## 2.5 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽与繁殖相关基因表达量的影响

由表 7 可知,与 A 组相比,C、D 组青年鸽卵巢中的 *BMP15*、*FSHR* 基因的表达量显著提高 ( $P<$

0.05),B 组与 A 组相比,*BMP15*、*FSHR* 基因的表达量分别提高了 27.9%和 14.0%,但差异不显著 ( $P>0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽生长性能的影响

益生菌在畜禽肠道内能通过产酸等途径调节肠道菌群平衡,促进肠道健康;同时,益生菌能代谢产生大量营养物质参与机体的生长代谢,有利于改善机体对营养物质的消化和吸收,促进家禽的生长发育<sup>[6]</sup>。Zhou 等<sup>[7]</sup>发现在广西黄羽肉鸡饲料中添加不同浓度梯度的单一益生菌显著提高肉鸡末重和平均日增重。Bai 等<sup>[8]</sup>研究发现,与对



对照组相比,饲料中添加不同浓度的复合益生菌的1~21日龄肉鸡的平均日增重和饲料转化率显著提高。邓文等<sup>[9]</sup>研究表明在饲料中同时添加丁酸梭菌和低聚木糖能显著提高肉鸡平均日增重,降低料重比。Yang等<sup>[10]</sup>发现在饲料中添加 $2 \times 10^7$ 、 $3 \times 10^7$  CFU/kg 丁酸梭菌制剂和抗生素均显著提高了肉仔鸡的平均日增重。本试验研究发现,益生菌组青年鸽的平均日增重比对照组虽有所增加,

但各组间总体生长性能差异不显著。这跟前人的研究结果有所不同,可能是由于本试验的试验对象是青年鸽,在养鸽生产实践中,为了防止青年鸽过肥,避免青年鸽出现早产,产无精蛋、畸形蛋,头窝蛋受精率低等不良现象,而采用限制饲喂的方式<sup>[11]</sup>。而前人的试验结果大多是建立在自由采食的前提下得出的。

表6 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽肝脏抗氧化指标的影响

Table 6 Effects of *Clostridium butyrate* and *Lactobacillus* on liver antioxidant indexes of young pigeons

组别 Groups	过氧化氢酶 CAT/(U/mg)	超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg)	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg)	丙二醛 MDA/(nmol/mg)	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg)
A	4.37±0.14 <sup>c</sup>	4.95±0.30 <sup>c</sup>	1.00±0.18 <sup>c</sup>	0.38±0.05 <sup>a</sup>	53.43±3.03 <sup>d</sup>
B	4.80±0.39 <sup>b</sup>	5.33±0.44 <sup>c</sup>	1.08±0.25 <sup>bc</sup>	0.35±0.02 <sup>ab</sup>	62.34±5.39 <sup>c</sup>
C	5.02±0.39 <sup>ab</sup>	6.13±0.29 <sup>b</sup>	1.30±0.09 <sup>b</sup>	0.33±0.02 <sup>ab</sup>	68.56±3.88 <sup>b</sup>
D	5.33±0.19 <sup>a</sup>	6.66±0.27 <sup>a</sup>	1.76±0.27 <sup>a</sup>	0.28±0.04 <sup>b</sup>	80.87±6.20 <sup>a</sup>
P值 P-value	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	<0.01

表7 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽与繁殖有关的基因表达量的影响

Table 7 Effects of *Clostridium butyrate* and *Lactobacillus* on expression of genes related to reproduction of young pigeons

组别 Groups	骨形态发生蛋白15 BMP15	促卵泡素受体 FSHR
A	1.11±0.14 <sup>b</sup>	1.00±0.29 <sup>b</sup>
B	1.42±0.48 <sup>ab</sup>	1.14±0.11 <sup>b</sup>
C	1.67±0.60 <sup>a</sup>	1.44±0.13 <sup>a</sup>
D	1.67±0.34 <sup>a</sup>	1.56±0.29 <sup>a</sup>
P值 P-value	0.03	<0.01

### 3.2 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽血清免疫指标的影响

免疫球蛋白(IgG、IgA、IgM)是体液免疫系统的重要组成部分<sup>[11]</sup>,其含量越高代表机体免疫能力越强<sup>[12]</sup>。IgA是黏膜免疫的主要抗体,它具有在非特异性免疫防护机制协助下减少病原微生物的重要功能;IgM是初次体液免疫应答中最早出现的抗体,是机体抗感染的“先头部队”;IgG是体液免疫反应中的主要抗体<sup>[13-14]</sup>。贾志新<sup>[15]</sup>报道在饲料中添加不同浓度丁酸梭菌可以显著提高樱桃谷肉鸭血清中的IgG、IgM含量。徐基利<sup>[12]</sup>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。本试验研究发现,与对照组相比,饲料中添加不同浓度丁酸

梭菌与乳酸菌均不同程度提高了青年鸽血清中的IgA、IgG、IgM的含量,说明丁酸梭菌和乳酸菌有利于青年鸽免疫功能的提高。有研究表明,丁酸梭菌和乳酸菌等益生菌在进入动物肠道后,能不断合成维生素、氨基酸等有益物质,不仅满足了动物免疫器官的生长发育,也可以作为抗原物质刺激免疫器官的生长发育<sup>[14]</sup>。

### 3.3 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽血清生化指标的影响

血清生化指标是反映动物体营养代谢、应激反应、精神状态正常与否的重要指标<sup>[16]</sup>。血清中TP和ALB的含量反映了动物体对蛋白质消化利用的程度<sup>[17]</sup>。本试验研究发现,益生菌组相比对照组血清中的TP、ALB含量有所增加,说明益生

菌能促进青年鸽的蛋白质代谢。血液 UN 是蛋白质在体内进行分解代谢后产生的最终排泄物,其含量与氨基酸原料在机体中的利用率及机体内蛋白质代谢活动呈反比<sup>[18]</sup>。血清中胆固醇、TG 是反映机体脂类代谢水平的重要指标<sup>[19]</sup>。胡炜恒等<sup>[20]</sup>发现在爱拔益加(AA)肉鸡饲料中添加益生菌有机酸复合添加剂,在42日龄时各试验组血清 UN 含量都有所下降。Liu 等<sup>[21]</sup>研究发现益生菌能够显著降低动物血清中的 TC 含量。本试验研究发现,与对照组相比,复合菌组青年鸽血清中的 TC 含量显著降低, TG 含量在各益生菌组显著降低,说明丁酸梭菌和乳酸菌对青年鸽的脂类代谢起调节作用。这可能是由于丁酸梭菌和乳酸菌能够抑制胆固醇合成过程中关键酶的活性<sup>[22]</sup>,但其具体作用机理还有待进一步研究。

### 3.4 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽肝脏抗氧化指标的影响

机体的抗氧化能力是机体健康与否的重要体现。SOD、GSH-Px、CAT 活性、MDA 含量、T-AOC 都是显示抗氧化功能的重要指标<sup>[23]</sup>。SOD 可以防止自由基损害,通过测定其活性可以得出机体清除自由基的能力。MDA 是膜脂过氧化的重要产物之一,是氧化应激的标志物。CAT 是催化过氧化氢分解成氧和水的酶,可以防止肉质氧化。T-AOC 是衡量机体抗氧化功能的综合指标。GSH-Px 是细胞内过氧化氢和脂质自由基的清除剂<sup>[24-25]</sup>。田浪等<sup>[26]</sup>通过在黄羽肉鸡饲料中添加不同剂量复合益生菌发现,与对照组相比,复合益生菌组显著提高了肉鸡血清中的 T-AOC 及总超氧化物歧化酶(T-SOD)、CAT 的活性。余东游等<sup>[27]</sup>研究发现,在308肉鸡饲料中添加枯草芽孢杆菌制剂可以显著提高肉鸡血清及肝脏中 T-AOC 及 GSH-Px 活性并使 MDA 含量显著降低。本试验研究发现,益生菌组通过显著提高青年鸽肝脏中 CAT、SOD、GSH-Px 抗氧化酶的活性,而使其 T-AOC 显著提高,且只有复合菌组显著降低了肝脏中 MDA 的含量,说明丁酸梭菌和乳酸菌复合在提高青年鸽抗氧化能力方面要优于二者单独添加的效果。这可能是由于丁酸梭菌和乳酸菌之间存在协同效应,丁酸梭菌能代谢产生 SOD 和烟酰胺腺嘌呤二核苷酸(NADH)氧化酶,还可发酵葡萄糖和纤维素等碳水化合物产生丁酸和氢气,这些有益物质可通过增加抗氧化酶的活性和降低活性氧

(ROS)代谢物而调节氧化应激<sup>[28]</sup>;乳酸菌能产生谷胱甘肽(GSH)及 SOD 和硫氧还蛋白还原酶(TrxR)等抗氧化酶或非酶抗氧化剂,通过改善肠道内环境或产生代谢产物调节氧化还原电位而清除自由基和抗脂质过氧化,降低氧化应激<sup>[29]</sup>。

### 3.5 丁酸梭菌与乳酸菌对青年鸽与繁殖相关基因表达量的影响

青年鸽也叫后备种鸽,该时期鸽子繁殖潜力的大小直接影响到其作为种鸽阶段繁殖力的好坏,从而对肉鸽的养殖收益产生影响。目前有关 BMP15 以及 FSHR 基因对禽类繁殖性能方面的研究较少,有关益生菌对青年鸽 BMP15 以及 FSHR 基因表达量的影响还未见报道。天然突变和基因敲除动物模型的相关研究表明, BMP15 是影响哺乳动物排卵率和产仔数的一个关键基因<sup>[30]</sup>。李春苗等<sup>[31]</sup>提出 BMP15 可能是影响鸡繁殖性状的主效基因,对邵伯鸡的开产日龄、300 日龄产蛋数有显著的影响。曹伟<sup>[32]</sup>通过在肉鸽饲料中添加不同水平硒发现,高水平硒显著降低了肉鸽卵巢中的 BMP15 基因表达水平,具体表现在种鸽产蛋量下降。FSHR 是一种十分重要的功能性基因,对卵泡的正常发育、成熟及排卵具有十分重要的作用<sup>[33]</sup>。李仰白<sup>[33]</sup>提出,母鸽产蛋量随促卵泡生成素(FSH)、黄体生成素(LH)及其受体表达量的增加而增加。本试验研究发现,饲料中添加乳酸菌和复合菌的青年鸽卵巢中的 BMP15 和 FSHR 基因表达量显著高于对照组,说明益生菌能调节青年鸽与繁殖相关基因的表达,进而有利于青年鸽繁殖潜力的提高。益生菌提高畜禽繁殖力的机制可能是:1) 益生菌可以通过合成消化酶和营养因子来促进养分吸收,提高饲料利用率和消化率,增加畜禽采食量,减少哺育期间体重减轻现象;2) 能减少畜禽肠道内病原菌数量,促进小肠蠕动,减轻孕期畜禽常见的便秘现象,利于畜禽分娩或排卵。

## 4 结论

在饲料中添加丁酸梭菌和乳酸菌能够提高青年鸽肝脏抗氧化功能并增强机体免疫力,促进新陈代谢,从而提高青年鸽的生长性能,对青年鸽的繁殖潜力也起到促进作用。整体上看,复合制剂组效果优于单一制剂组。

## 参考文献:

[1] 姜金庆,魏刚才.肉鸽高效养殖关键技术及常见误区

- 纠错[M].北京:化学工业出版社,2014:130-132.
- [2] 陈晓帅,杨海明,孟俊,等.复合益生菌制剂对白羽王鸽生长性能、屠宰性能、免疫器官指数和血清生化指标的影响[J].中国家禽,2016,38(16):33-37.
- [3] 贾丽楠,崔嘉,李占一,等.丁酸梭菌对肉仔鸡肠道致病菌抑菌作用研究[J].中国家禽,2017,39(23):22-25.
- [4] 马治宇.乳酸菌及其培养液对肉鸡生产性能、肠道菌群及肠道结构的影响[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [5] 于娜,郑捷,朱振元,等.黄芪渣虫草发酵物对白羽王鸽免疫活性的影响[J].天津科技大学学报,2017,32(2):13-18.
- [6] 陈晓帅,杨海明,孟俊,等.复合益生菌对乳鸽生长性能、屠宰性能、免疫器官指数和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2017,29(7):2384-2390.
- [7] ZHOU X, WANG Y, GU Q, et al. Effect of dietary probiotic, *Bacillus coagulans*, on growth performance, chemical composition, and meat quality of Guangxi Yellow chicken [J]. Poultry Science, 2010, 89(3):588-593.
- [8] BAI S P, WU A M, DING X M, et al. Effects of probiotic-supplemented diets on growth performance and intestinal immune characteristics of broiler chickens [J]. Poultry Science, 2013, 92(3):663-670.
- [9] 邓文,焦玉萍,徐彬,等.丁酸梭菌和低聚木糖对肉鸡生产性能、屠宰性能和肉品质的影响[J].中国家禽,2017,39(7):24-28.
- [10] YANG C M, CAO G T, FERKET P R, et al. Effects of probiotic, *Clostridium butyricum*, on growth performance, immune function, and cecal microflora in broiler chickens [J]. Poultry Science, 2012, 91(9):2121-2129.
- [11] RIVAS A L, FABRICANT J. Indications of immunodepression in chickens infected with various strains of Marek's disease virus [J]. Avian Diseases, 1988, 32(1):1-8.
- [12] 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.
- [13] SUN P, WANG J Q, ZHANG H T. Effects of *Bacillus subtilis natto* on performance and immune function of preweaning calves [J]. Journal of Dairy Science, 2010, 93(12):5851-5855.
- [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].家畜生态学报,2016,37(11):79-83.
- [15] 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.
- [16] 陈晓帅,杨海明,孟俊,等.益生菌对乳鸽生长性能、屠宰性能、免疫器官指数和血清生化指标的影响[J].中国饲料,2017(9):26-29,34.
- [17] 谢文惠,姜宁,王鑫,等.复合益生菌制剂对肉仔鸡养分表观利用率、血清生化指标和肠道黏膜形态的影响[J].动物营养学报,2018,30(4):1495-1503.
- [18] 邓文,董晓芳,佟建明.日粮添加地衣芽孢杆菌对热应激蛋鸡产蛋率和血清激素水平的影响[J].中国家禽,2011,33(13):23-25+29.
- [19] 林冬梅,祝国强,李玉兰,等.复合益生菌制剂对蛋种鸡血清生化指标的影响[J].饲料研究,2009(8):22-24.
- [20] 胡炜恒,郑文才,廖星毅,等.益生菌有机酸复合添加剂对 AA 肉鸡血清生化指标和消化道 pH 值的影响[J].广东饲料,2014,23(12):30-34.
- [21] LIU H L, YANG C J, JING Y, et al. Ability of lactic acid bacteria isolated from mink to remove cholesterol; *in vitro* and *in vivo* studies [J]. Canadian Journal of Microbiology, 2013, 59(8):563-569.
- [22] 沈雪娇,易丹,倪学勤,等.乳酸杆菌和囊素三肽对肉鸡生产性能、血清生化指标及免疫功能的影响[J].中国农业大学学报,2014,19(1):125-130.
- [23] 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.
- [24] 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):908-915.
- [25] 赵建飞,胡贵丽,唐千甯,等.高粱型饲料中添加复合酶和益生菌对良凤花肉鸡生长性能、血清抗氧化指标及肠道结构的影响[J].动物营养学报,2018,30(6):2318-2327.
- [26] 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.
- [27] 余东游,毛翔飞,秦艳,等.枯草芽孢杆菌对肉鸡生长性能及其抗氧化和免疫功能的影响[J].中国畜牧杂志,2010,46(3):22-25.
- [28] JAHNS F, WILHELM A, JABLONOWSKI N, et al. Butyrate modulates antioxidant enzyme expression in malignant and non-malignant human colon tissues [J]. Molecular Carcinogenesis, 2015, 54(4):249-260.
- [29] CHAUHAN R, VASANTHAKUMARI A S, PANWAR H, et al. Amelioration of colitis in mouse model by exploring antioxidative potentials of an indigenous probiotic strain of *Lactobacillus fermentum* Lf1 [J]. Biomed Research International, 2014, 2014:206732.
- [30] PRAMOD R K, SHARMA S K, SINGHI A, et al. Differential ovarian morphometry and follicular expression of *BMP15*, *GDF9* and *BMPRI1B* influence the prolificacy in goat [J]. Reproduction in Domestic Animals, 2013, 48(5):803-809.
- [31] 李春苗,黎寿丰,赵振华,等.*BMP15* 外显子 1 SNPs 检测及其与邵伯鸡母系产蛋性状的关联性分析



[J]. 畜牧兽医学报, 2012, 43(11): 1825-1832.

[32] 曹伟. 硒对肉鸽生产性能及其相关基因表达的影响

[D]. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学, 2016.

[33] 李仰白. 光照对白羽王鸽生产性能、激素水平及相关基因表达的影响[D]. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学, 2017.

## Effects of Probiotics on Growth, Immunity, Antioxidation and Expression of Genes Related to Reproduction of Young Pigeons

YUAN Wenhua<sup>1,2</sup> LI Guoqin<sup>1,3</sup> HAN Anfa<sup>4</sup> WANG Miao<sup>5</sup> LI Zhefeng<sup>5</sup>  
DIAO Xinping<sup>2\*</sup> LU Lizhi<sup>1,3\*</sup>

(1. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Sciences, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; 2. College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 3. Key Laboratory of Agricultural Products Information Traceability, Ministry of Agriculture, Hangzhou 310021, China; 4. Breeding Cooperative of Cangnan Congratulations, Wenzhou 325000, China; 5. Hangzhou Kangdequan Feed Co., Ltd., Hangzhou 311107, China)

**Abstract:** The present study was designed to investigate the effects of *Clostridium butyrate* and *Lactobacillus* on growth performance, serum immunological and biochemical indexes, antioxidant capacity of liver and the expression of genes related to reproduction of young pigeons. A total of 384 female young pigeons about 80 days of age were randomly divided into 4 groups with 6 replicates in each group and each replicate having 16 pairs of young pigeons. Among them, group A was fed a basal diet. Groups B, C and D were fed diets added with  $1 \times 10^8$  CFU/kg *Clostridium butyrate*,  $5 \times 10^9$  CFU/kg *Lactobacillus*,  $5 \times 10^9$  CFU/kg *Lactobacillus* +  $1 \times 10^8$  CFU/kg *Clostridium butyrate*, respectively. The pretest period was 7 days and the trial period was 28 days. The results showed as follows: 1) compared with group A, the average daily gain (ADG) of young pigeons in groups B, C and D increased by 22.0%, 32.0% and 22.0%, respectively, but the difference was not significant ( $P > 0.05$ ). 2) Compared with group A, immunoglobulin (Ig) M content in serum of young pigeons in groups C and D significantly increased ( $P < 0.05$ ), but there was no significant difference in serum IgA, IgG contents among groups ( $P > 0.05$ ). 3) Compared with group A, the content of total cholesterol (TC) in serum of young pigeons in group D significantly decreased ( $P < 0.05$ ), and the content of triglyceride (TG) in serum in groups B, C and D decreased significantly ( $P < 0.05$ ). 4) Compared with group A, the activities of catalase (CAT), glutathione peroxidase (GSH-Px) in liver of young pigeons in groups B, C and D significantly increased ( $P < 0.05$ ), and the activity of superoxide dismutase (SOD) and total antioxidant capacity (T-AOC) in liver in groups C and D significantly increased ( $P < 0.05$ ), and the content of malonaldehyde (MDA) in liver in group D significantly decreased ( $P < 0.05$ ). 5) Compared with group A, the expressions of bone morphogenetic protein 15 (BMP15) and follicle stimulating hormone receptor (FSHR) genes in ovary of young pigeons in groups C and D significantly increased ( $P < 0.05$ ). To sum up, adding *Clostridium butyrate* and *Lactobacillus* to diets can improve the antioxidant ability of liver, enhance immunity and promote metabolism of young pigeons, so as to improve the growth performance of young pigeons. It might also promote the reproductive performance of young pigeons. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(7): 3294-3301]

**Key words:** probiotics; young pigeons; growth performance; immune performance; antioxidant; reproduction

\* Corresponding authors: DIAO Xinping, associate professor, E-mail: ldiaoxp63@163.com; LU Lizhi, professor, E-mail: lulizhibox@163.com