

陈大伟, 刘茵茵, 马丽娜, 等. 唾液乳杆菌的分离鉴定及其对产蛋后期蛋鸡产蛋率、蛋品质和血清生化指标的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (6): 20-25.

CHEN D W, LIU Y Y, MA L N, et al. Isolation and identification of *Lactobacillus salivarius* and its effects on laying rate, egg quality and serum biochemical indices in late-phase laying hens [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (6): 20-25.

## 唾液乳杆菌的分离鉴定及其对产蛋后期蛋鸡产蛋率、蛋品质和血清生化指标的影响

陈大伟, 刘茵茵, 马丽娜, 唐修君, 葛庆联, 陆俊贤, 丁红梅, 高玉时\*  
(江苏省家禽科学研究所/农业农村部禽类产品质量安全风险评估实验室(扬州), 江苏 扬州 225125)

**摘要:** 旨在从健康白羽肉鸡肠道中分离鉴定乳杆菌。采用微生物分离培养技术、16S rRNA 测序鉴定, 牛津杯扩散法检测抑菌能力, 并检测其对酸碱和胆盐的耐受能力, 最后通过产酸性能进行菌株筛选; 动物试验选取 500 日龄体重、产蛋率相近的华绿 1 号绿壳蛋鸡 270 只, 随机分成 3 组, 分别为对照组、低剂量唾液乳杆菌组和高剂量唾液乳杆菌组, 探讨了该乳杆菌对产蛋后期蛋鸡产蛋率、蛋品质和血清生化指标的影响, 试验期为 6 周。结果: 分离菌是具有较强的产酸性能的革兰阳性菌, 结合 16S rRNA 鉴定结果命名为唾液乳杆菌 JQ07, 该菌发酵上清液可抑制大肠杆菌、沙门菌、金黄色葡萄球菌的生长, 该菌具有一定的耐酸、耐胆盐的特性; 动物试验表明, 与对照组比较, 高剂量唾液乳杆菌组产蛋率显著升高 ( $P < 0.05$ ), 添加唾液乳杆菌改善了蛋品质, 表现为蛋壳厚度、强度和哈氏单位均有升高趋势; 生化指标分析发现, 饲喂唾液乳杆菌提高了血清中白蛋白和总蛋白含量, 高剂量唾液乳杆菌组血清碱性磷酸酶活性显著升高。综上, 源自健康白羽肉鸡肠道的唾液乳杆菌 JQ07, 通过改善产蛋后期蛋鸡肠道消化吸收功能, 提高产蛋率, 提升蛋品质, 对产蛋后期蛋鸡生产性能有提升作用, 可作为益生菌备选菌株。

**关键词:** 蛋鸡; 唾液乳杆菌; 产蛋率; 生化指标

中图分类号: S852.6 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2025)06-0020-06

## Isolation and identification of *Lactobacillus salivarius* and its effects on laying rate, egg quality and serum biochemical indices in late-phase laying hens

CHEN Dawei, LIU Yinyin, MA Lina, TANG Xiujun, GE Qinglian, LU Junxian, DING Hongmei, GAO Yushi\*  
(Jiangsu Institute of Poultry Science/Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Poultry Products, Ministry of Agriculture and Rural Affairs (Yangzhou), Yangzhou 225125, China)

**Abstract:** In this study, lactic acid bacteria were isolated and identified from the gut of healthy white feather broilers. Bacterial isolation and culture techniques, 16S rRNA sequencing, the Oxford Cup diffusion method were used to detect bacteriostatic ability, pH and bile salt tolerance in the hens. Finally, strains were screened by means of the lactic acid production ability of the birds. A total of two hundred and seventy 500 days old green shell laying hens with similar weight and laying rate were used and randomly divided into 3 groups, including the control group, the low dose *Lactobacillus salivarius* group and the high dose *Lactobacillus salivarius* group. Then, the effects of *Lactobacillus salivarius* on the laying rate, egg quality and serum biochemical indexes of the laying hens in late laying period were investigated. The experiment lasted for 6 weeks. The results showed that the isolated bacteria were Gram-positive bacteria with strong acid-producing ability, and they were named *Lactobacillus salivarius* JQ07, based on the identification results of 16S rRNA. The fermentation supernatant of the bacteria could inhibit the growth of *Escherichia coli*, *Salmonella* and *Staphylococcus aureus*, and the bacteria had certain characteristics of acid and bile salt resistance. The animal test results showed that, compared with the control group, the laying rate of the high dose *Lactobacillus salivarius* group was significantly increased ( $P < 0.05$ ). The addition of *Lactobacillus salivarius* improved the egg quality, including Haugh unit, eggshell thickness and strength. In conclusion, *Lactobacillus salivarius* JQ07 derived from the gut of healthy white feather broilers improved the laying rate and egg quality of late-laying period hens by enhancing their intestinal digestion and absorption function. The strain contributed to the

收稿日期: 2024-08-12; 修回日期: 2025-04-17

基金项目: 扬州市社会发展项目 (YZ2023078); 扬州市现代农业项目 (YZ2023057); 江西省技术创新引导类计划项目 (2021BDH80013); 江苏现代农业 (肉鸡) 产业技术体系项目 (JATS [2023] 363)

第一作者: 陈大伟, 男, 博士

\* 通信作者: 高玉时, 博士, 研究员, 主要研究方向为家禽品质调控与评价质量安全, E-mail: gaoy100@sina.com。

production performance of late-phase laying hens, and could be used as a candidate strain of probiotics.

**Keywords:** laying hens; *Lactobacillus salivarius*; laying rate; biochemical indices

延长蛋鸡产蛋高峰期,提升蛋品质是实现蛋鸡产业高质量发展的关键。蛋鸡老龄化导致肠道功能下降,蛋鸡400日龄后生理机能退化,肠道对营养物质的吸收能力下降,导致蛋壳质量差、蛋壳颜色暗。肠道菌群在维持家畜肠道健康方面扮演着重要作用,肠道菌群一旦被破坏往往会引起无法挽回的损失<sup>[1]</sup>。有研究显示使用酸制剂可以降低胃肠道pH值,并对肠道菌群多样性有提升作用<sup>[2]</sup>。产蛋后期蛋鸡饮水中添加0.15%复合有机酸化剂,对生产性能、蛋品质、血清生化指标和经济效益有着积极作用<sup>[3]</sup>。樊爱芳等<sup>[4]</sup>研究发现,添加酸制剂可提高蛋鸡产蛋率,且添加0.2%的酸制剂效果较好。还有报道饮水饲喂植物乳酸菌制剂可提高81周龄蛋鸡生产性能、蛋品质和抗氧化能力<sup>[5]</sup>。产蛋后期蛋鸡的日粮中添加乳酸菌可以改善蛋鸡的消化代谢性能,提高饲料的转化率<sup>[6]</sup>。

综上,调节肠道菌群和降低胃肠道pH值都有利于产蛋后期生产性能的提升。近年来,来自胃肠道的内源性乳杆菌越来越受到人们的关注,补充具有较好产酸性能的益生菌将同时达成调节肠道菌群和降低肠道pH值的目标。为了探寻更具适应性和应用价值的家禽专用益生菌,本研究尝试在鸡肠道中分离乳杆菌,筛选产酸性能优秀的乳杆菌饲喂产蛋后期蛋鸡,探索利用产酸型活菌制剂改善产蛋后期蛋鸡生产性能的效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 唾液乳杆菌的分离培养鉴定

选择饲养于同一条件下的健康42日龄AA肉鸡5只(农业农村部家禽生产性能测定站提供,全部为公鸡),屠宰后采集肠道分离肠内容物,准确称取1g内容物,用无菌生理盐水倍比稀释至 $10^{-7}$ ,取100  $\mu\text{L}$ 涂布于添加0.5%碳酸钙的MRS琼脂平板上,37  $^{\circ}\text{C}$ 厌氧罐培养48 h。挑取有溶钙圈的菌落纯化培养,连续传代3次。将纯化后的单菌落接种至MRS液体培养基中,以无菌石蜡油覆盖液面,37  $^{\circ}\text{C}$ 振荡培养24 h。将筛选获得的菌株以“JQ+顺序号”形式进行编号。

### 1.2 唾液乳杆菌酸、胆盐耐受性测定

将5 mL过夜培养的菌液,4 000 r/min离心30 min,收集菌体,分别加入5 mL PBS,盐酸调节使pH=3和以pH=5.5作为对照,定容至10 mL,37  $^{\circ}\text{C}$ 培养2 h平板计数,计算存活率检测其耐酸性。

在MRS培养基中加入0.3%猪胆盐,不加胆盐的MRS培养基为对照,菌液按1%的接种量接种,37  $^{\circ}\text{C}$ 培养30 min,平板计数,计算存活率检测其耐胆盐性。

### 1.3 唾液乳杆菌抑菌能力测定

将1.1得到的唾液乳杆菌按1%的接种量接种至5 mL的MRS液体培养基中培养24 h,将培养液4 000 r/min离心30 min,取上清液,0.22  $\mu\text{m}$ 滤膜过滤,备用。调节金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、沙门菌吸光度 $OD_{600}$ 值为0.08~0.1,分别取50  $\mu\text{L}$ 金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、沙门菌均匀涂满MRS培养基,将牛津杯分别铺在细菌培养板上,加入200  $\mu\text{L}$ 过滤上清液,金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、沙门菌37  $^{\circ}\text{C}$ 培养24 h后观察结果,确定唾液乳杆菌的抑菌性质。

### 1.4 唾液乳杆菌产乳酸能力测定

按1%的接种量接种,分别于接种后12、24和48 h取发酵液,离心取上清液,经适当稀释后测定乳酸含量。每株菌在每个时间点测定3个重复。测定方法参照乳酸测定试剂盒(南京建成生物工程研究所有限公司)。

### 1.5 动物试验设计与样品采集

试验选取生理状态、产蛋率相近的270只华绿1号商品代绿壳蛋鸡(500日龄),由农业农村部家禽生产性能测定站提供,随机分为3组,分别为对照组(Control),低剂量唾液乳杆菌组(LLS)和高剂量唾液乳杆菌组(HLS),每组3个重复,每个重复30只鸡。Control组饲喂基础日粮,LLS和HLS组分别在基础日粮中分别添加 $8 \times 10^9$  CFU/kg、 $1.6 \times 10^{10}$  CFU/kg唾液乳杆菌(粉末状),添加量参考文献报道的其他种类乳酸杆菌<sup>[7]</sup>,并略有调整。基础日粮组成及营养成分见表1。

### 1.6 生产性能及蛋品质的测定

每天记录各组各重复的产蛋数和蛋重,计算饲养日产蛋率。每天记录各组各重复的采食量,计算料蛋比,产蛋率=(一定时期内产蛋总数/同期母鸡存栏数) $\times 100\%$ 。

试验结束时每个重复收集10枚蛋,每组30枚蛋。使用游标卡尺和蛋壳厚度测定仪测定蛋形指数和蛋壳厚度;使用蛋壳强度测定仪测定蛋壳强度;使用多功能蛋品测试仪测定蛋白高度、哈氏单位、蛋黄颜色;分离蛋黄蛋清,蛋黄称重计算蛋黄比,蛋黄比=(蛋黄重/蛋重) $\times 100\%$ 。

表 1 基础饲料组成及营养水平 (风干基础)

| 组分                | 含量/%  | 营养成分                       | 含量    |
|-------------------|-------|----------------------------|-------|
| 玉米                | 62.70 | 代谢能/(MJ·kg <sup>-1</sup> ) | 11.09 |
| 豆粕                | 26.35 | 粗蛋白质/%                     | 16.61 |
| 石粉                | 8.65  | 钙/%                        | 3.5   |
| 磷酸氢钙              | 1.30  | 有效磷/%                      | 0.35  |
| 食盐                | 0.30  | 蛋氨酸/%                      | 0.35  |
| 50%氯化胆碱           | 0.10  | 赖氨酸/%                      | 0.85  |
| DL-蛋氨酸            | 0.10  |                            |       |
| 预混料 <sup>1)</sup> | 0.50  |                            |       |

注: <sup>1)</sup>每千克饲料提供: VA 7 715 IU, VD<sub>3</sub> 2 755 IU, VE 8.8 IU, VK 2.2 mg, VB<sub>12</sub> 0.01 mg, VB<sub>2</sub> 4.41 mg, VB<sub>3</sub> 5.51 mg, VB<sub>1</sub> 1.5 mg, 烟酸 19.8 mg, 叶酸 0.28 mg, 锰 50 mg, 铁 25 mg, 铜 2.5 mg, 锌 50 mg, 硒 0.30 mg, 碘 1.0 mg。

### 1.7 血清生化指标测定

试验第 42 天, 从每个重复中抽取蛋鸡 10 只翅膀下静脉采血, 将收集的血液装于洁净离心管中, 室温静置 30 min, 以 3 000 r/min 离心 15 min 后分离血清, -20 °C 保存备用。采用全自动生化分析仪测定血清中的天冬氨酸转氨酶 (AST)、丙氨酸转氨酶 (ALT)、碱性磷酸酶 (AKP)、尿素氮 (BUN)、肌酐 (CREA)、总蛋白 (TP)、白蛋白 (ALB)、球蛋

白 (GLO)、葡萄糖 (GLU)、总胆固醇 (CHOL)、甘油三酯 (TG)、高密度脂蛋白 (HDL-C)、低密度脂蛋白 (LDL-C) 的含量。以上试剂盒购自宁波普瑞柏生物技术股份有限公司。

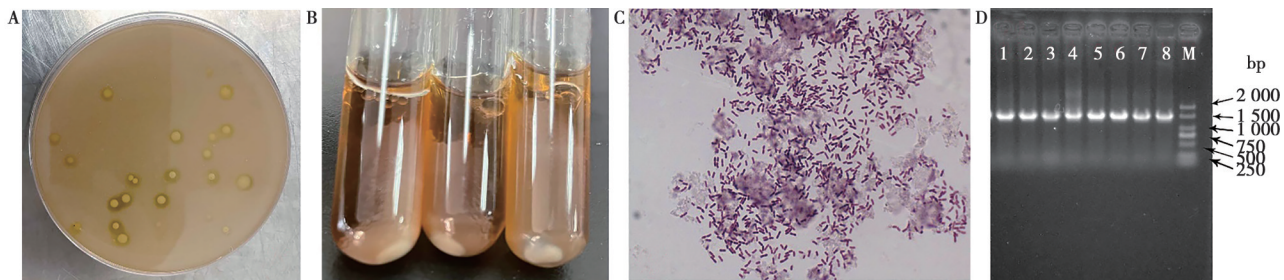
### 1.8 数据统计与分析

采用 SPSS 20.0 软件对所得数据进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), 使用 Duncan's 法进行多重比较, 采用多项式中的线性和二次分析对不同浓度梯度的效果进行分析, 数据用“平均值±标准误”表示,  $P < 0.05$  为差异显著,  $P < 0.01$  为差异极显著。

## 2 结果

### 2.1 唾液乳杆菌的分离培养和鉴定

乳杆菌在含碳酸钙 MRS 平板上的生长情况见图 1, 革兰染色结果为革兰阳性杆菌, 成短杆状, 无芽孢, 单在或呈线性排列。挑选溶钙圈较大的菌落传代, 最后筛选出稳定产生溶钙圈菌株 8 株, 编号分 JQ01~JQ08, 液体培养均挂壁。通过 16S rRNA 测序鉴定菌株种属, 提取基因组 DNA, PCR 扩增, PCR 产物电泳, 扩增出 1 500 bp 大小的条带, 将 PCR 产物送上海生工测序, 序列比对结果表明, 筛选获得的菌株均为唾液乳杆菌。



A. 菌落形态; B. 挂壁现象; C. 革兰染色; D. 电泳图, 1~8 分别为 JQ01~JQ08, M 为 DL2000 Marker。

图 1 唾液乳杆菌

### 2.2 唾液乳杆菌对酸和胆盐的耐受能力

唾液乳杆菌对酸和胆盐的耐受力结果见表 2, 筛选的唾液乳杆菌在 pH 值为 3 条件下, 存活率均大于 85%, 耐酸性最好的菌株是 JQ07 和 JQ08, 存活率均达到 100%; 0.3% 的胆盐对唾液乳杆菌的存活率影响较大, 存活率范围为 52.4%~80.7%, 胆盐处理后存活率最高的菌株是 JQ07。

### 2.3 唾液乳杆菌抑菌能力

由表 3 可知, 筛选的唾液乳杆菌对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和沙门菌均有不同程度的抑制效果, JQ07 对 3 种菌的抑菌直径在 8 株唾液乳杆菌中均最

大, 且对沙门菌的抑制效果最为明显。

### 2.4 唾液乳杆菌产乳酸能力

由表 4 可知, 前 24 h 大部分菌株发酵上清液中乳酸含量升高, 且大部分菌株发酵上清液中乳酸含量在 24 h 达到顶峰, 仅 JQ02 在 48 h 含量最高。JQ07 发酵 24 h 上清液中乳酸含量 154.32 mmol/L, 综合考虑发酵上清液的乳酸峰值浓度和时间, 并参考抑菌特性和对酸及胆盐的耐受能力, 选择 JQ07 进行后续试验。确定菌株后, 委托扬州双扬生物科技有限公司进行添加剂的发酵制备, 唾液乳杆菌粉末制剂中唾液乳杆菌活菌数为  $1 \times 10^{12}$  CFU/kg。

表 2 pH=3 和 0.3%猪胆盐对唾液乳杆菌存活率的影响

| 编号   | 相对存活率/%     |            |
|------|-------------|------------|
|      | pH=3        | 0.3%胆盐     |
| JQ01 | 88.60±6.24  | 66.50±9.53 |
| JQ02 | 91.20±8.45  | 52.40±5.74 |
| JQ03 | 89.70±7.36  | 56.70±6.71 |
| JQ04 | 94.60±9.78  | 76.80±4.59 |
| JQ05 | 94.70±6.56  | 64.70±8.46 |
| JQ06 | 100.00±8.74 | 78.80±7.36 |
| JQ07 | 100.00±7.58 | 80.70±6.21 |
| JQ08 | 99.20±10.48 | 75.90±7.84 |

表 3 唾液乳杆菌发酵上清抑菌试验结果

| 编号   | 抑菌圈直径/mm   |            |            |
|------|------------|------------|------------|
|      | 大肠杆菌       | 金黄色葡萄球菌    | 沙门菌        |
| JQ01 | 16.00±2.14 | 19.00±1.14 | 15.00±1.46 |
| JQ02 | 15.00±2.32 | 18.00±1.26 | 17.00±1.24 |
| JQ03 | 16.00±1.43 | 21.00±1.66 | 20.00±1.77 |
| JQ04 | 16.00±1.65 | 20.00±1.57 | 14.00±1.65 |
| JQ05 | 17.00±1.74 | 24.00±1.49 | 15.00±1.47 |
| JQ06 | 18.00±1.13 | 26.00±1.63 | 22.00±1.35 |
| JQ07 | 18.00±1.58 | 28.00±1.82 | 30.00±1.68 |
| JQ08 | 16.00±2.23 | 23.00±1.74 | 21.00±1.64 |

表 5 唾液乳杆菌对蛋鸡生产性能的影响

| 组别      | 产蛋率/%      |                         |                         | 每只日耗料量/g    | 料蛋比       |
|---------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------|-----------|
|         | 1~2周       | 3~4周                    | 5~6周                    |             |           |
| Control | 57.50±3.14 | 55.80±4.57 <sup>b</sup> | 55.40±4.25 <sup>b</sup> | 100.45±2.67 | 3.12±0.03 |
| LLS     | 56.70±5.49 | 56.80±3.78 <sup>b</sup> | 58.30±5.18 <sup>b</sup> | 100.32±2.12 | 3.08±0.04 |
| HLS     | 58.30±4.69 | 65.20±5.32 <sup>a</sup> | 68.10±4.87 <sup>a</sup> | 101.12±3.21 | 2.84±0.02 |

注：同列数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

表 6 唾液乳杆菌对第 6 周蛋品质的影响

| 项目      | Control 组  | LLS 组      | HLS 组      |
|---------|------------|------------|------------|
| 蛋重/g    | 58.53±4.47 | 58.83±5.16 | 57.98±5.74 |
| 蛋形指数    | 1.33±0.21  | 1.30±0.22  | 1.27±0.32  |
| 蛋壳厚度/mm | 0.30±0.01  | 0.31±0.02  | 0.34±0.02  |
| 蛋壳强度/kg | 3.29±1.12  | 3.35±0.84  | 3.37±0.83  |
| 蛋白高度/mm | 5.46±0.44  | 5.66±0.57  | 5.84±0.68  |
| 蛋黄色泽    | 7.33±0.57  | 7.41±0.67  | 7.98±0.72  |
| 蛋黄比/%   | 31.12±2.58 | 29.25±3.41 | 31.31±2.87 |
| 哈氏单位    | 73.51±0.75 | 74.55±0.67 | 75.88±0.61 |

表 4 唾液乳杆菌发酵上清中乳酸含量

| 编号   | 乳酸含量/(mmol·L <sup>-1</sup> ) |              |              |
|------|------------------------------|--------------|--------------|
|      | 12 h                         | 24 h         | 48 h         |
| JQ01 | 123.12±14.24                 | 146.25±14.53 | 111.92±12.65 |
| JQ02 | 137.31±12.45                 | 130.09±13.74 | 154.32±14.62 |
| JQ03 | 134.71±11.36                 | 150.11±14.71 | 132.69±12.48 |
| JQ04 | 121.73±14.78                 | 136.44±12.59 | 120.28±13.22 |
| JQ05 | 137.31±12.56                 | 139.32±15.46 | 141.92±14.73 |
| JQ06 | 126.34±13.74                 | 127.21±11.36 | 133.27±12.51 |
| JQ07 | 134.13±10.58                 | 154.32±14.21 | 137.31±15.24 |
| JQ08 | 133.84±12.48                 | 146.82±13.84 | 141.92±14.75 |

### 2.5 唾液乳杆菌对蛋鸡生产性能的影响

由表 5 可知，与 Control 组比较，前 2 周产蛋率无显著差异 ( $P>0.05$ )，HLS 组 3~4 和 5~6 周产蛋率显著升高 ( $P<0.05$ )；日耗料量无显著差异 ( $P>0.05$ )；HLS 组料蛋比略有下降，差异不显著 ( $P>0.05$ )。

### 2.6 唾液乳杆菌对蛋品质的影响

由表 6 可知，各组的蛋重、蛋形指数、蛋黄比、蛋壳厚度、蛋壳强度、蛋白高度和哈氏单位均无显著差异 ( $P>0.05$ )，与 Control 组比较，添加唾液乳杆菌后蛋壳厚度、蛋壳强度、蛋白高度和哈氏单位有升高的趋势。

### 2.7 唾液乳杆菌对血清生化指标的影响

由表 7 可知，与对照组相比，血清中 CREA、BUN、GLU、GLO 含量无显著差异 ( $P>0.05$ )，LLS 组和 HLS 组血清 AST、ALT 均显著降低 ( $P<0.05$ )，HLS 组 AKP 活性极显著升高 ( $P<0.01$ )，HLS 组 TP 显著升高 ( $P<0.05$ )，LLS 组和 HLS 组 ALB 均极显著升高 ( $P<0.01$ )，HLS 组 CHOL 显著升高 ( $P<0.05$ )，LLS 组和 HLS 组 TG 含量显著升高 ( $P<0.05$ )，HLS 组 HDL-C 显著升高 ( $P<0.05$ )，LDL-C 显著下降 ( $P<0.05$ )。

表 7 唾液乳杆菌对血清生化指标的影响

| 项目                               | Control 组                 | LLS 组                     | HLS 组                      |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| AST/ (U · L <sup>-1</sup> )      | 1.73±0.24 <sup>a</sup>    | 1.17±0.13 <sup>b</sup>    | 0.81±0.18 <sup>b</sup>     |
| ALT/ (U · L <sup>-1</sup> )      | 115.14±23.38 <sup>a</sup> | 109.11±14.51 <sup>b</sup> | 105.9±13.94 <sup>b</sup>   |
| AKP/ (U · L <sup>-1</sup> )      | 186.4±38.18 <sup>Bb</sup> | 187.7±78.3 <sup>Bb</sup>  | 343.62±44.26 <sup>Aa</sup> |
| BUN/ (mmol · L <sup>-1</sup> )   | 0.33±0.17                 | 0.31±0.09                 | 0.29±0.11                  |
| CREA/ (μmol · L <sup>-1</sup> )  | 51.58±2.41                | 49.94±1.81                | 49.25±1.69                 |
| TP/ (g · L <sup>-1</sup> )       | 54.31±4.83 <sup>b</sup>   | 54.72±6.49 <sup>b</sup>   | 56.96±5.21 <sup>a</sup>    |
| ALB/ (g · L <sup>-1</sup> )      | 15.64±2.55 <sup>b</sup>   | 17.17±2.08 <sup>a</sup>   | 17.28±1.25 <sup>a</sup>    |
| GLO/ (g · L <sup>-1</sup> )      | 39.01±6.13                | 39.68±4.71                | 37.61±3.58                 |
| GLU/ (mmol · L <sup>-1</sup> )   | 12.35±0.67                | 12.45±1.06                | 11.98±0.89                 |
| CHOL/ (mmol · L <sup>-1</sup> )  | 3.55±2.05 <sup>b</sup>    | 3.15±1.37 <sup>b</sup>    | 4.64±2.13 <sup>a</sup>     |
| TG/ (mmol · L <sup>-1</sup> )    | 13.69±6.58 <sup>b</sup>   | 15.11±3.09 <sup>a</sup>   | 18.35±3.01 <sup>a</sup>    |
| HDL-C/ (mmol · L <sup>-1</sup> ) | 1.24±0.46 <sup>b</sup>    | 1.18±0.28 <sup>b</sup>    | 1.46±0.33 <sup>a</sup>     |
| LDL-C/ (mmol · L <sup>-1</sup> ) | 1.57±0.66 <sup>a</sup>    | 1.49±0.32 <sup>a</sup>    | 1.33±0.17 <sup>b</sup>     |

注：同行数据不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )，不同大写字母表示差异极显著 ( $P<0.01$ )。

### 3 讨论

产蛋后期蛋鸡产蛋率显著下降，导致产蛋后期蛋鸡产蛋量下降的原因有很多，其中一个重要的原因是肠道菌群失调，导致肠道功能下降<sup>[8-9]</sup>。产酸能力是乳杆菌的一个重要特点。近年来，产酸这一益生特性日益受到研究人员的重视<sup>[10-11]</sup>。乳杆菌代谢产生多种有机酸，如乳酸、乙酸、丙酸、柠檬酸和琥珀酸等，这不仅能降低胃肠道内的 pH 值，抑制、杀死肠道病原菌，达到调节肠道菌群平衡的作用<sup>[12-13]</sup>，还能提高胃肠道中消化酶的活性，促进矿物质吸收，缓解胃肠功能紊乱，降低腹泻发病率和死亡率<sup>[14-15]</sup>，从而整体提高禽畜生长性能。基于以上原因，本研究以产酸性能为主要筛选指标，从白羽肉鸡肠道中筛选获得产酸性能较好的唾液乳杆菌。

唾液乳杆菌具有欧洲食品安全局 (EFSA) 授予的安全合格推定 (QPS) 地位，被认为是可以安全使用的生物制剂<sup>[16]</sup>，国外学者对分离自家禽和家鸽的 33 株唾液乳杆菌的生物多样性进行了研究，发现唾液乳杆菌菌株的种内变异可能影响其定殖特定生态位和利用营养物质的能力，并揭示菌株依赖对宿主健康的潜在影响<sup>[17]</sup>。国内学者对唾液乳杆菌的研究报道较多，于秀菊等<sup>[18]</sup>从健康海兰褐鸡肠道中筛选到一株产细菌素的唾液乳杆菌，用该菌灌胃雏鸡，发现其可维持和增强雏鸡肠黏膜屏障的完整性，并通过促进鸡肠道干细胞分化为潘氏细胞和杯状细胞，促进绒毛长度升高，隐窝深度变浅，肠道的黏膜面积增大，从而促进雏鸡肠道健康。吴凡等<sup>[19-20]</sup>研究发现唾液乳杆菌 SNK-6 不仅可有效治疗和预防亲鸽腹泻，还能

提高亲鸽产蛋数，提高乳鸽体重和存活率，提高雏鸽转仓后存活率，并降低转仓后的压力应激。由此可见，唾液乳杆菌具有多重益生功效，在实际应用和生产中具有良好的发展和应用前景。本研究中，唾液乳杆菌对被测病原菌有不同程度的抗菌作用，其发酵上清液对大肠杆菌、沙门菌、金黄色葡萄球菌的生长均有抑制作用，尤其对沙门菌的拮抗效果显著，该结果与其他研究报道基本一致。

唾液乳杆菌对产蛋后期蛋鸡生产性能的影响研究报道较少，Xu 等<sup>[21]</sup>报道在饲料中添加  $1 \times 10^8$  CFU/kg 唾液乳杆菌提高了蛋品质，主要表现为蛋壳厚度和强度的显著提高，哈氏单位有升高趋势，但差异不显著，对产蛋率无影响。本研究结果发现添加唾液乳杆菌能提高产蛋后期蛋鸡产蛋率，高剂量情况下效果显著。蛋品质的改变主要表现为蛋壳厚度、强度、蛋白高度和哈氏单位的显著升高。本研究结果与前述报道基本一致，产蛋率结果差异的主要原因可能与使用剂量有关。为了进一步评估饲喂唾液乳杆菌对蛋鸡机体的影响，本研究测定了蛋鸡的生化指标，结果发现饲喂唾液乳杆菌后蛋鸡血清白蛋白和总蛋白含量均有不同程度的升高。类似结果前人已有相同报道，如刘乃芝等<sup>[22]</sup>研究表明，日粮添加 0.2% 的乳杆菌可以显著提高肉鸡血清中总蛋白的含量；赵建文<sup>[23]</sup>将酵母菌、芽胞杆菌和乳杆菌的复合微生物制剂添加到肉鸡日粮中，也观察到血清中总蛋白水平的显著提高，这表明机体对蛋白质和氨基酸的利用率有所提高<sup>[24]</sup>。血清中的 AST、ALT 主要反映机体肝脏的受损情况<sup>[25]</sup>，在本试验中，添加唾液乳杆菌与对照组比较，未见 AST、ALT 明显变化，这表明唾液乳杆菌安全性高，

不会产生任何有毒害的物质造成蛋鸡肝损伤。AKP与蛋鸡体内钙代谢有关, AKP能促进小肠对钙的吸收,且在骨骼钙作用增强时, AKP活力增高<sup>[26]</sup>。推测本研究中蛋壳强度和厚度的变化可能与蛋鸡小肠钙吸收增强有关,但唾液乳杆菌引起 AKP活性升高的具体机制有待进一步深入研究。

综上,从白羽肉鸡肠道中分离的唾液乳杆菌JQ07,具有较好的产酸特性和抑菌效果,对蛋鸡产蛋后期产蛋率有提升效果,并能改善蛋品质,具备开发成微生态制剂的潜力。

## 参考文献:

- [1] 丁立人, 杨一丁, 邵云, 等. 合生元对蛋鸡生产性能、抗氧化能力、肠道功能和蛋品质的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2023, 46 (6): 1161-1168.
- [2] 陈继发, 张佳鑫. 霉菌毒素吸附剂与有机酸或植物精油的复合物对蛋鸡肠道黏膜屏障功能的影响 [J]. 动物营养学报, 2022, 34 (11): 6994-7001.
- [3] 黄伟乾, 张文辉, 李悦伊, 等. 复合有机酸化剂对产蛋后期蛋鸡生产性能、蛋品质、血清生化指标和经济效益的影响 [J]. 饲料研究, 2024, 47 (8): 49-53.
- [4] 樊爱芳, 李亚妮, 魏清宇. 酸化剂对蛋鸡产蛋性能、蛋品质的影响 [J]. 山西农业科学, 2019, 47 (7): 1261-1263.
- [5] 李庆阳, 蒋庆喜, 金文轩, 等. 饮水饲喂乳酸菌制剂对产蛋后期蛋鸡生产性能、蛋品质、矿物质沉积和抗氧化功能的影响 [J]. 饲料工业, 2023, 44 (17): 58-63.
- [6] 马晓婷, 吴盈萍, 程元, 等. 乳酸菌对蛋鸡产蛋后期营养物质消化代谢的影响 [J]. 饲料工业, 2017, 38 (13): 20-24.
- [7] 刘立明, 张国庆, 李春花, 等. 植物乳杆菌 LPJZ-658 对产蛋后期蛋鸡生产性能、蛋品质及血清生化指标的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2021, 53 (12): 34-40.
- [8] 陈炳旭, 宋丹, 段涛, 等. 蛋鸡产蛋高峰至后期生产性能和抗氧化能力的变化特征研究 [J]. 动物营养学报, 2023, 35 (5): 2981-2989.
- [9] 王伟唯. 丁酸梭菌对产蛋后期蛋鸡肠道功能和脂质代谢的调节作用 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2020.
- [10] AKANJI B T, ALAKE A B. Evaluation of organic acids, anti-*Salmonella* activities of lactic acid bacteria isolated from Nigerian grown salad vegetables [J]. Br Biotechnol J, 2016, 11 (1): 1-10.
- [11] MAKRAS L, LDE V. The *in vitro* inhibition of Gram-negative pathogenic bacteria by bifidobacteria is caused by the production of organic acids [J]. Int Dairy J, 2006, 16 (9): 1049-1057.
- [12] PANIGRAHI P, BRAILEANU G T, CHEN H, et al. Probiotic bacteria change *Escherichia coli*-induced gene expression in cultured colonocytes: implications in intestinal pathophysiology [J]. World J Gastroenterol, 2007, 13 (47): 6370-6378.
- [13] 陈星. 乳酸菌在动物生产中的应用研究现状 [J]. 当代畜牧, 2014 (33): 20-22.
- [14] FOOLADI A A I, FOROOSHAI M C, SAFFARIAN P, et al. Antimicrobial effects of four lactobacilli strains isolated from yoghurt against *Escherichia coli* O157: H7 [J]. J Food Safety, 2014, 34 (2): 150-160.
- [15] 刘宇, 李阳, 刘通, 等. 乳酸菌益生特性及在猪生产中应用研究进展 [J]. 动物医学进展, 2016, 37 (6): 87-90.
- [16] EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), KOUTSOUMANIS K, ALLENDE A, et al. Update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA 10: suitability of taxonomic units notified to EFSA until March 2019 [J]. EFSA J, 2022, 20 (7): e07408.
- [17] DEC M, STPIEŃ - PYNIAK D, PUCHALSKI A, et al. Biodiversity of *Ligilactobacillus salivarius* strains from poultry and domestic pigeons [J]. Animals, 2021, 11 (4): 972.
- [18] 于秀菊, 胡燕姣, 刘佳悦, 等. 一株鸡源唾液乳杆菌的分离鉴定及其对育雏早期蛋鸡肠道健康的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2024, 55 (9): 4161-4171.
- [19] WU F, ZHU Y, HOU H, et al. Treatment and prevention of pigeon diarrhea through the application of *Lactobacillus* SNK-6 [J]. Poultry Science, 2024, 103 (4): 103476.
- [20] 吴凡, 侯浩宾, 李欣, 等. 保健砂添加唾液乳杆菌 SNK-6 对肉鸽生产性能和压力应激的影响 [J]. 中国家禽, 2024, 47 (3): 50-55.
- [21] XU C, WEI F X, YANG X Y, et al. *Lactobacillus salivarius* CML352 isolated from chinese local breed chicken modulates the gut microbiota and improves intestinal health and egg quality in late-phase laying hens [J]. Microorganisms, 2022, 10 (4): 726.
- [22] 刘乃芝, 陈静, 崔诗法, 等. 不同浓度植物乳杆菌对肉鸡免疫机能的影响 [J]. 吉林农业, 2012, 4: 59-60.
- [23] 赵建文. 微生态制剂对鸡舍氨气和肉鸡免疫系统的影响 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- [24] 原立海, 王安. 低温和维生素 A 对育成蛋鸭生产性能及生化指标的影响 [J]. 东北农业大学学报, 2008, 39 (2): 207-212.
- [25] 张彩凤, 齐广海, 王晓翠, 等. 乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维吉尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清生化指标、抗氧化能力和免疫功能的影响 [J]. 动物营养学报, 2018, 5: 1893-1901.
- [26] 孙桂荣, 康相涛, 宋素芳, 等. 单、复冠丝毛乌骨鸡血清碱性磷酸酶活力与产蛋性能相关性研究 [J]. 河南畜牧兽医 (综合版), 2007 (11): 5-7.