

发酵饲料对京红蛋鸡产蛋后期生产性能、血清参数及脂代谢的影响

彭箫¹,姚莹莹¹,王小刚²,方书宝¹,王俊花¹,吴盈萍¹,
阿依多来提·托合提¹,艾克迪·克里马洪¹,米热扎提·买买提¹,李海英¹

(1. 新疆农业大学动物科学学院,乌鲁木齐 830052;2. 新疆万康农牧科技有限公司,新疆昌吉 831100)

摘要:【目的】研究饲料中添加发酵饲料对京红蛋鸡产蛋后期生产性能、蛋品质、血清参数及脂代谢的影响。【方法】选取480只54周龄的京红蛋鸡随机分为2组(对照组和试验组),每组4个重复,每个重复60只蛋鸡,对照组饲喂基础饲料,试验组在基础饲料的基础上添加30 g/kg发酵饲料。试验预试期为10 d,正试期为56 d。【结果】(1)在生产性能方面,与对照组相比,试验组产蛋率显著升高4.56% ($P < 0.05$)。 (2)在蛋品质方面,与对照组相比,试验组的蛋壳强度极显著提高了17.18% ($P < 0.01$);蛋黄比例极显著提高了7.48% ($P < 0.01$);蛋白比例显著降低了3.69% ($P < 0.01$);蛋黄胆固醇含量极显著降低了24.90% ($P < 0.01$)。 (3)在血清生化指标和繁殖激素方面,试验组血清钙离子含量显著升高了11.99% ($P < 0.05$);促卵泡素和促黄体素分别显著升高了24.55% ($P < 0.05$)和12.88% ($P < 0.05$)。 (4)血清和肝脏总胆固醇含量分别显著降低18.86% ($P < 0.05$)和18.54% ($P < 0.05$),肝脏高密度脂蛋白极显著升高17.69% ($P < 0.01$)。其余指标差异均不显著($P > 0.05$)。【结论】在饲料中添加30 g/kg的发酵饲料,对京红蛋鸡产蛋后期的生产性能以及蛋品质具有一定的改善作用。

关键词:发酵饲料;蛋鸡;生产性能;蛋品质;血清生化指标;脂代谢

中图分类号:S831.5

文献标识码:A

文章编号:1001-4330(2020)10-1931-09

0 引言

【研究意义】蛋鸡在进入产蛋后期,由于机体生理功能和体内代谢逐渐退化,对饲料中营养物质的吸收明显减弱,如果采食量和饲料营养水平仍然维持在较高的水平,易导致其肝脏组织中的脂肪沉积速率过快,脂肪沉积量增加,当蓄积到一定程度后,易出现脂肪肝综合征,导致生产性能和蛋品质明显下降^[1]。蛋鸡产蛋后期蛋壳强度的显著降低造成鸡蛋在生产、加工、运输过程中的破损率明显升高,直接导致蛋鸡产业效益的下降^[2]。研究饲料中添加发酵饲料对京红蛋鸡产蛋后期生产性能、蛋品质、血清参数及脂代谢的影响,

对减缓产蛋后期蛋鸡的生产性能和蛋品质下降有实际意义。【前人研究进展】发酵饲料是以植物性农副产品为主要原料,通过枯草芽孢杆菌等微生物的发酵作用,降解部分多糖、蛋白质和脂肪,消除抗营养因子以及积累有益代谢产物等大分子物质,进而生成含有有机酸和可溶性多肽等小分子物质的饲料。发酵饲料具有营养丰富、适口性好和活菌含量高的特点^[3]。多项研究表明^[4-7],在饲料中添加适量的发酵饲料,可以改善蛋鸡的肠道微生态,改善蛋鸡产蛋后期生产性能和蛋品质以及增强机体免疫力。孙汝江等^[4]在海兰褐蛋鸡饲料中添加10%的微生物发酵饲料,研究结果表明,可以显著提高蛋鸡的产蛋率和蛋

收稿日期(Received):2019-11-19

基金项目:新疆天山英才项目(201720012);2019自治区大学生创新项目(S201910758077)

作者简介:彭箫(1994-),男,硕士研究生,研究方向为动物生产,(E-mail)617226308@qq.com

通信作者:李海英(1968-),女,教授,博士,博士生导师,研究方向为动物生产,(E-mail)lhy-3@163.com

壳强度,显著升高血清钙离子含量。崔卫涛等^[5]研究发现,在蛋鸡饲料中添加 4% 生物发酵饲料后,试验组蛋白高度及哈氏单位分别显著提高了 9.56% ($P < 0.05$) 和 6.31% ($P < 0.05$)。【本研究切入点】基于发酵饲料对家禽作用的相关文献,研究发酵饲料对产蛋后期京红蛋鸡生产性能、蛋品质和脂代谢的影响。【拟解决的关键问题】研究发酵饲料对京红蛋鸡产蛋后期的产蛋性能、蛋品质、血清参数(生化指标和繁殖激素)及脂代谢的影响,延长京红蛋鸡的产蛋期,改善蛋品质,为发酵饲料应用于蛋鸡产蛋后期的生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2018 年 12 月 14 日至 2019 年 2 月 17 日进行试验,试验随机选取体重相近、饲养管理水平一致,处于产蛋后期的京红蛋鸡(54 周龄)480 只,随机分为对照组和试验组,每组 4 个重复,每个重复 60 只蛋鸡,均由昌吉州五家渠市天康生物新疆润康缘养殖有限公司提供。对照组饲喂玉米-豆粕型饲料,试验组在对照组饲料的基础上,添加 30 g/kg 的发酵饲料。试验预试期为 10 d,正试期为 56 d。表 1

表 1 试验设计与分组

Table 1 Test design and grouping

项目 Items	样本数 Sample Numbers	处理 Treat	饲喂量 (g/只/天) Daily feed intake (g/day/day)
对照组 Control group	240	基础饲料	118
试验组 Trail group	240	基础饲料 + 30 g/kg 发酵饲料	118

注:发酵饲料由玉米、麸皮为主要发酵底物,发酵菌种为枯草芽孢杆菌

Note: Fermented feed consists of corn and bran as the main fermentation substrates, and the fermentation strain is *Bacillus subtilis*

1.2 方法

1.2.1 饲料

试验饲料及发酵饲料,均由天康畜禽股份有限公司提供;列出饲料组成及营养指标。采用密闭式鸡舍,H 型 4 层架笼养,每笼 5 只,同一处理的各重复均匀分布于同列同层。采用人工饲喂方

式,于 09:30,13:00 和 20:30 进行喂料,每天 15:30 捡蛋,其他按常规饲养管理方式进行。表 2

表 2 饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutritional content of basal diet(Air drying foundation)

饲料组成 Diet composition	含量 Content (%)	营养指标 Nutritional index	营养水平 Nutritional level
玉米 Corn	58.20	代谢能 ME(MJ/kg)	11.20
豆油 Soya-bean oil	1.10	粗蛋白 CP(%)	16.8
米糠 Rice bran	3.00	粗脂肪 EE(%)	4
小麦麸皮 Wheat bran	0.30	粗纤维 CF(%)	3
豆粕 Soybean meal	18.50	钙 Ca(%)	3.7
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	2.00	总磷 TP(%)	0.52
棉粕 Cottonseed meal	3.00	有效磷 AP(%)	0.26
棉籽蛋白 Cottonseed protein	2.00	赖氨酸 Lys(%)	0.78
石粉 Mountain flour	8.90	蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys(%)	0.66
预混料 Premix ¹	3.00	苏氨酸 Thr(%)	0.54
合计 Total	100.00		

注:预混料为每千克饲料提供:VA 12 000 IU,VD₃ 1 500 IU,VE 25 mg,VK 31 mg,VB₆ 8 mg,VB₁₂ 0.008 mg,泛酸 16 mg,生物素 0.30 mg,胆碱 500 mg,叶酸 1.80 mg,Fe 90 mg,Zn 80 mg,Mn 80 mg,Se 0.20 mg,I 0.45 mg

Note: Premix provided the following per kg of the diet: VA 12 000 IU, VD₃ 1 500 IU, VE 25 mg, VK 31 mg, VB₆ 8 mg, VB₁₂ 0.008 mg, pantothenic acid 16 mg, biotin 0.08 mg, choline 500 mg, folic acid 1.80 mg, Fe 90 mg, Zn 80 mg, Mn 80 mg, Se 0.20 mg, I 0.45 mg.

1.2.2 测定指标

1.2.2.1 生产性能

每日记录各重复组试验鸡的总蛋重、总产蛋个数、不合格蛋数、死淘鸡数,根据饲养记录计算产蛋率、平均蛋重、平均日采食量、料蛋比、合格率和破蛋率。

产蛋率(%) = 总产蛋数 / (饲养天数 × 总鸡数) × 100;

平均蛋重(g) = 总产蛋量(kg) / 总产蛋数 × 1 000;

料蛋比 = 总耗料量(kg) / 总产蛋重(kg);

商品蛋合格率(%) = 合格蛋数/总产蛋数 × 100;

破蛋率(%) = 破蛋数/总产蛋数 × 100。

1.2.2.2 蛋品质

试验结束当天,每组随机选取 15 枚鸡蛋,运回实验室,第 2 d 测定蛋品质指标,蛋白高度、蛋黄色泽、哈氏单位由多功能蛋品质分析测定仪测定,使用游标卡尺测定蛋形指数,使用蛋壳强度仪测定蛋壳强度,使用电子天平(精度为 0.01 g)称量蛋黄重和蛋壳重,并计算蛋黄、蛋白和蛋壳比例。

取蛋品质试验后的新鲜蛋黄样品,称取 2.5 g 放入 25 mL 容量瓶中,加入生理盐水定容至刻度线,摇匀,制备 10% 蛋黄稀释液,并使用胆固醇试剂盒测定蛋黄中胆固醇的含量,试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

1.2.2.3 血清参数指标

试验结束当天,每组随机选取 12 只鸡进行翅下静脉采血,室温倾斜放置 20 min 后,3 000 r/min 离心 15 min 后分离血清,分装血清后于 -20℃ 下保存测定以下指标。

血清生化指标:总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、钙(Ca)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、门冬氨酸氨基转移酶(AST),并计算球蛋白(GLB)。

血清脂代谢指标:总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL)和低密度脂蛋白(LDL)。

血清繁殖激素指标:促性腺激素释放激素(GnRH)、促卵泡素(FSH)、促黄体素(LH)、雌二醇(E₂)和孕酮(P₄)。

1.2.2.4 肝脏脂代谢指标

采血完成后,采取颈静脉放血方式进行屠宰后,采集完整肝脏,每只试验鸡摘取左侧肝脏,锡箔纸包裹并标记,-20℃ 保存,用以肝脏脂代谢相关指标的测定,高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC),以上指标均使用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定。

1.3 数据处理

试验数据采用 Excel-2010 软件进行数据整理,采用 SPSS19.0 统计软件进行 *t* 检验。试验结果均以平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示。*P* <

0.05 表示差异显著,*P* < 0.01 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 发酵饲料对蛋鸡产蛋后期生产性能及经济效益的影响

研究表明,试验组产蛋率 85.69%,对照组产蛋率 81.95%,试验组与比对照组相比显著升高了 4.56% (*P* < 0.05);试验组的平均蛋重比对照组降低了 0.53 g,但差异不显著 (*P* > 0.05)。试验组的合格蛋率为 97.05%,对照组为 97.24%,试验组与对照组相比有降低的趋势,但差异不显著 (*P* > 0.05)。试验组与对照组比较,料蛋比和死亡率均有降低的趋势,分别降低 0.06 和 1.75 (*P* > 0.05)。试验组总产蛋重为 691.54 kg,对照组为 666.63 kg,试验组较对照组增加了 24.91 kg。对照组收益 4 133.04 元,试验组收益 4 312.94 元,试验组比对照组增加了 179.9 元。在产蛋后期京红蛋鸡日粮中添加发酵饲料,显著提高蛋鸡的产蛋率,并且提高总产蛋重,提升经济效益。表 3,表 4

表 3 发酵饲料下蛋鸡产蛋后期生产性能
Table 3 Effect of fermented feed on production performance of the later laying period

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trail group
产蛋率 Laying rate(%)	81.95 ± 1.33 ^a	85.69 ± 2.10 ^b
平均蛋重 Average egg weight(g)	65.17 ± 0.39	64.64 ± 0.27
总蛋重 Total egg weight(kg)	666.63	691.54
合格蛋率 Qualified egg rate(%)	97.24 ± 1.12	97.05 ± 0.36
破蛋率 Egg breaking rate(%)	0.76 ± 0.36	0.99 ± 0.33
料蛋比 Feed-egg ratio(%)	2.22 ± 0.03	2.16 ± 0.06
死亡鸡只数 Number of deaths	5	1
死亡率 Deaths rate(%)	2.19	0.44

注:同行肩标有相同字母者(或未标注字母者)表示差异不显著(*P* > 0.05),标注小写字母不同者表示差异显著(*P* < 0.05),标注大写字母不同者表示差异极显著(*P* < 0.01)。下同

Note:In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P* > 0.05), and with different small letter superscripts mean significant difference (*P* < 0.05), while with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (*P* < 0.01). The same as below

表 4 添加饲料蛋鸡产蛋后期经济效益
Table 4 Effect of fermented feed on economic benefits of the later laying period

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trail group
总蛋重 Total egg weight(kg)	666.63	691.54
鸡蛋价格 Egg price(元/kg)	11.5	11.5
鸡蛋收入 Egg income(元)	7 666.25	7 952.71
总耗料量 Total consumption(kg)	1 472.17	1 485.62
饲料单价 Feed unit price(元/kg)	2.40	2.45
饲料支出 Feed expenditure(元)	3 533.21	3 639.77
收益/元 Income	4 133.04	4 312.94

注:支出只计算饲料费用,没有考虑人工成本,前期饲养成本等

Note: Expenditure only calculates feed costs, and does not consider labor costs, pre-feeding costs

2.2 发酵饲料对蛋鸡产蛋后期蛋品质的影响

研究表明,试验组蛋壳厚度与对照组相比,降低了 0.01 mm ($P > 0.05$);试验组蛋壳强度比对照组极显著升高了 17.18% ($P < 0.01$);试验组蛋壳比例比对照组升高了 0.59% ($P > 0.05$)。与对照组相比,试验组蛋白比例显著极显著降低了 3.69% ($P < 0.01$);蛋黄比例极显著提高了 7.48% ($P < 0.01$);试验组的蛋黄胆固醇含量极显著降低了 24.90% ($P < 0.01$);试验组蛋形指数、哈氏单位和蛋白高度分别为 1.32、76.83 和 6.39,对照组为 1.30、75.41 和 5.53,分别升高了 0.02、1.42 和 0.86 ($P > 0.05$)。试验组蛋黄色泽与对照组比较有降低趋势,降低了 0.14 ($P > 0.05$)。在产蛋后期京红蛋鸡日粮中添加发酵饲料,可以显著改善鸡蛋的蛋壳品质,并且降低蛋黄胆固醇含量。表 5

2.3 发酵饲料对蛋鸡产蛋后期血清生化指标及繁殖激素的影响

研究表明,试验组血清总蛋白含量为 49.76,对照组为 49.22,试验组比对照组升高了 1.10%,但差异不显著 ($P > 0.05$);试验组血清白蛋白和球蛋白含量分别为 16.64 和 34.31,对照组为 15.98 和 32.12,与对照组比较试验组分别升高了 4.13% 和 6.82%,但差异不显著 ($P > 0.05$)。试验组血清钙离子含量为 2.99,对照组为 2.67,与

对照组相比,试验组血清钙离子含量显著升高了 11.99% ($P < 0.05$)。在血清谷丙转氨酶和谷草转氨酶方面,与对照组比较,试验组谷丙转氨酶有降低的趋势,降低了 15.29% ($P > 0.05$)。表 6

表 5 添加发酵饲料蛋鸡产蛋后期蛋品质变化
Table 5 Effect of fermented feed on egg quality of the later laying period

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trail group
蛋壳厚度 Eggshell thickness(mm)	0.36 ± 0.04	0.35 ± 0.05
蛋壳强度 Eggshell strength(kg/cm ²)	3.55 ± 0.33 ^A	4.16 ± 0.41 ^B
蛋形指数 Egg shape index	1.30 ± 0.05	1.32 ± 0.04
哈氏单位 Haugh unit	75.41 ± 5.80	76.83 ± 6.11
蛋白高度 Albumen height(mm)	5.53 ± 2.00	6.39 ± 0.83
蛋黄色泽 Yolk color score	9.07 ± 0.26	8.93 ± 0.26
蛋黄胆固醇 Egg yolk cholesterol(μmol/g)	116.76 ± 20.61 ^A	87.69 ± 15.88 ^B
蛋白比例 Percentage of shell(%)	63.91 ± 1.76 ^A	61.55 ± 1.92 ^B
蛋壳比例 Percentage of yolk(%)	12.42 ± 1.16	13.01 ± 1.20
蛋黄比例 Percentage of eggshell(%)	23.67 ± 1.46 ^A	25.44 ± 2.00 ^B

表 6 添加发酵饲料蛋鸡产蛋后期血清生化指标变化

Table 6 Effect of fermented feed on serum biochemical parameters of the later laying period

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trail group
总蛋白 Total protein(g/L)	49.22 ± 3.96	49.76 ± 4.02
白蛋白 Albumin(g/L)	15.98 ± 1.34	16.64 ± 1.97
球蛋白 Globulin(g/L)	32.12 ± 5.23	34.31 ± 3.37
钙 Calcium(mmol/L)	2.67 ± 0.27 ^a	2.99 ± 0.21 ^b
谷丙转氨酶 Alanine aminotransferase(U/L)	3.14 ± 1.12	2.66 ± 0.72
谷草转氨酶 Aspartate aminotransferase(U/L)	138.78 ± 19.31	147.95 ± 20.25

试验组血清促性腺激素释放激素含量为 70.53,对照组为 69.20,试验组血清促性腺激素释放激素含量升高了 1.92% ($P>0.05$)。与对照组比较,试验组促黄体素含量显著升高了 24.55% ($P<0.05$),促卵泡素含量显著升高了 12.88% ($P<0.05$),试验组雌二醇和孕酮含量均有升高的趋势,分别升高了 5.08% 和 3.20% ($P>0.05$)。表 7

表 7 添加发酵饲料蛋鸡产蛋后期血清激素变化
Table 7 Effect of fermented feed on serum hormones of the later laying period

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trail group
促性腺激素释放激素 Gonadotropin releasing hormone (ng/L)	69.20 ± 5.43	70.53 ± 8.24
促黄体素 Luteinizing hormone (mIU/mL)	1.67 ± 0.45 ^a	2.08 ± 0.33 ^b
促卵泡素 Follicle stimulating hormone (mIU/mL)	4.89 ± 0.68 ^a	5.52 ± 0.33 ^b
雌二醇 Estradiol (ng/L)	69.85 ± 5.64	73.40 ± 14.54
孕酮 Progesterone (ng/mL)	12.48 ± 1.35	12.88 ± 2.78

2.4 发酵饲料对蛋鸡产蛋后期脂代谢的影响

研究表明,试验组血清甘油三酯含量与对照组相比升高了 5.60%,但差异不显著($P>0.05$);试验组血清总胆固醇含量和对照组比较显著降低了 18.86% ($P<0.05$);试验组与对照组相比高密度脂蛋白胆固醇含量有升高的趋势,升高了 6.03% ($P>0.05$);试验组与对照组相比低密度脂蛋白胆固醇含量有降低的趋势,降低了 15.75% ($P>0.05$)。在肝脏脂代谢方面,试验组与对照组相比肝脏甘油三酯含量降低了 8.70%,但差异不显著($P>0.05$);试验组与对照组相比肝脏总胆固醇含量显著降低了 18.54% ($P<0.05$);试验组与对照组相比肝脏高密度脂蛋白含量极显著升高了 17.69% ($P<0.01$);试验组与对照组相比肝脏低密度脂蛋白胆固醇含量有降低的趋势,降低了 9.29% ($P>0.05$)。表 8

表 8 添加发酵饲料蛋鸡产蛋后期血清和肝脏脂代谢变化
Table 8 Effect of fermented feed on serum and liver lipid metabolism of the later laying period

项目(血清) Items(serum)	对照组 Control group	试验组 Trail group
甘油三酯 (TG,mmol/L)	2.32 ± 0.80	2.45 ± 0.57
总胆固醇 (THCO,mmol/L)	7.74 ± 1.13 ^a	6.28 ± 0.96 ^b
高密度脂蛋白胆固醇 (HDL,mmol/L)	1.16 ± 0.23	1.23 ± 0.14
低密度脂蛋白胆固醇 (LDL,mmol/L)	1.46 ± 0.34	1.23 ± 0.16

项目(肝脏) Items(liver)	对照组 Control group	试验组 Trail group
甘油三酯 (TG,mmol/L)	0.23 ± 0.04	0.21 ± 0.03
总胆固醇 (THCO,mmol/L)	74.59 ± 4.37 ^a	60.76 ± 12.75 ^b
高密度脂蛋白胆固醇 (HDL,mmol/L)	10.06 ± 0.80 ^A	11.84 ± 0.86 ^B
低密度脂蛋白胆固醇 (LDL,mmol/L)	21.63 ± 2.52	19.62 ± 2.45

3 讨论

3.1 发酵饲料对蛋鸡产蛋后期生产性能的影响

发酵饲料可以通过微生物的代谢和菌体繁殖活动,将普通饲料分解或转化为容易被畜禽消化、吸收的生物活性物质(可溶性多肽、有机酸),提高对营养物质的充分吸收,促进生产性能的发挥^[8]。

朱风华等^[9]研究表明,在蛋鸡日粮中分别添加 5% 乳酸菌发酵饲料,与对照组比较,试验组产蛋率极显著升高 8.24% ($P<0.01$)。魏尊等^[10]研究指出,在蛋鸡饲料中添加 10% 棉粕源发酵饲料,结果表明,产蛋率极显著提高了 2.62% ($P<0.01$)。试验研究表明,在饲料中添加 30 g/kg 的发酵饲料,显著提高了产蛋后期京红蛋鸡产蛋率,与朱风华^[9]和魏尊^[10]研究结果一致,死亡率有效降低了 1.66 个百分点,总蛋重增加了 24.91 kg,经济收益增加 272.84 元,有效增加了蛋鸡产业的生产效益。

3.2 发酵饲料对蛋鸡产蛋后期蛋品质的影响

蛋品质主要通过蛋壳厚度、蛋壳强度、蛋形指数、蛋白高度、哈氏单位和蛋黄颜色等指标来综合

判断^[11]。蛋品质不仅直接影响蛋的营养成分、食用价值,而且影响到蛋的市场销售价^[12]。鸡蛋中的蛋黄比例和蛋白比例反映了鸡蛋的营养价值的高低,蛋黄含的营养成分种类和数量比蛋白多,故蛋黄的营养价值较蛋白高^[11]。哈氏单位是衡量鸡蛋蛋白品质的重要指标,哈氏单位越高说明蛋白质越粘稠,品质越好。蛋壳厚度、蛋壳比例和蛋壳强度是衡量蛋壳质量的主要指标,是影响鸡蛋运输、保存和价格的重要因素^[12]。胆固醇是细胞膜的重要组成部分,它在维持细胞膜方面起着重要的作用,是人类维持正常生理活动所必需的,而鸡蛋又是人们公认的胆固醇富集的食品之一,因此降低鸡蛋中蛋黄胆固醇的含量显得尤为重要^[13]。

苏青云等^[14]研究表明,在蛋鸡饲料中分别添加 5%、10% 的发酵饲料后,蛋壳强度分别显著增加 10.48% ($P < 0.05$) 和 18.73% ($P < 0.05$)。试验在饲料中添加 30 g/kg 的发酵饲料,极显著提高了蛋壳强度,与苏青云^[13]研究结果一致。

李泳宁等^[15]在蛋鸡日粮中添加 1% 的微生物发酵饲料,结果表明,蛋黄中的胆固醇含量显著降低了 7.20% ($P < 0.05$)。李明艳^[12]在蛋鸡饲料中添加 25% 的微生物发酵饲料,在蛋黄胆固醇含量显著降低了 9.68% ($P < 0.05$)。试验在饲料中添加 30 g/kg 的发酵饲料,发酵饲料组鸡蛋的蛋黄比例极显著升高,蛋白比例极显著降低,蛋黄胆固醇含量极显著降低,满足了市场对高营养、低胆固醇鸡蛋的需求。可能的原因是,发酵饲料可以提高机体在代谢过程中对营养物质的吸收,从而使更多营养物质用于蛋黄的形成。发酵饲料降低了蛋黄胆固醇的含量,而低胆固醇含量的鸡蛋更受消费者青睐。

3.3 发酵饲料对蛋鸡产蛋后期血清生化指标及繁殖激素的影响

血清中总蛋白、白蛋白与球蛋白的含量共同反映了机体蛋白质的吸收、合成与分解情况^[17]。血清总蛋白的含量升高代表动物机体新陈代谢能力的提升。白蛋白是机体内重要的载体蛋白,白蛋白含量的上升意味着动物机体内的转运速率有所上升^[16]。李明艳^[12]在蛋鸡饲料中添加 25% 的微生物发酵饲料,对血清总蛋白和白蛋白无影响 ($P > 0.05$)。试验结果显示,血清总蛋白、白蛋白

的含量均无影响。发酵饲料不影响京红蛋鸡产蛋后期体内的蛋白质分解代谢。

ALT 和 AST 主要存在于肝细胞中,其活性高低反映肝细胞的损伤程度,当肝细胞受损时,大量 ALT 和 AST 进入血液,则血清中两者活性均增高^[18]。郭军蕊^[18]在蛋鸡饲料中添加 1×10^5 CFU/g 枯草芽孢杆菌,试验结果显示,血清总蛋白、白蛋白的含量,AST 和 ALT 的活性均无影响 ($P > 0.05$)。试验结果提示,发酵饲料对蛋鸡血清 AST 和 ALT 的活性均差异不显著,与相关研究^[18]结果基本一致。

血钙直接参与蛋壳的形成,主要决定蛋壳的脆性,是影响蛋壳质量的重要因素^[4]。魏尊等^[10]研究指出,在蛋鸡饲料中添加 10% 棉粕源发酵饲料,可以显著提高蛋鸡血清钙含量。孙汝江等^[4]在蛋鸡饲料中添加 10% 的发酵饲料,结果显示,可以显著提高血清钙含量。试验结果表明,在蛋鸡饲料中添加 30 g/kg 发酵饲料,血清钙含量显著升高,与魏尊^[10]和孙汝江^[4]结果一致,并与试验蛋壳强度极显著升高相吻合。可能的原因是,日粮中的发酵饲料可以降低肠道 pH 值,促进钙盐溶解,从而促进肠道对钙的吸收效率,血钙含量升高,从而改善了蛋壳的质量^[19]。

家禽生殖器官的发育、性成熟及卵泡的发育、成熟及排出主要受下丘脑-垂体-性腺轴调控,其中主要依赖于下丘脑促性腺激素释放激素(GnRH)的脉冲方式释放^[20],GnRH 的释放可直接作用于垂体或通过垂体的 GnRH 受体间接地影响卵巢的生理功能^[21]。血液生殖激素水平可作用于家禽生殖轴,从而影响家禽的产蛋能力。血液中促卵泡素(FSH)、促黄体素(LH)及雌二醇(E_2)浓度较高时,可促进种禽维持产蛋^[21]。孕酮(P_4)主要由卵泡颗粒细胞分泌,能促使禽类排卵,而 P_4 含量过高可导致降低卵巢的排卵功能,抑制 FSH 和 LH 的分泌,进而影响蛋鸡的产蛋^[22]。

陈继发等^[23]研究在蛋鸡饲料中添加 5×10^5 CFU/g 枯草芽孢杆菌,结果表明,枯草芽孢杆菌可以显著提高了血浆促卵泡素含量,且在一定程度上提高了雌二醇、促黄体素和孕酮含量,说明添加枯草芽孢杆菌有利于维持蛋鸡体内较高的激素水平,进而提高其产蛋性能。而试验中,在京红蛋鸡饲料中添加 30 g/kg 由枯草芽孢杆菌发酵的发酵饲料,

可以显著升高血清促卵泡素和促黄体素的含量,与陈继发^[23]的结果一致。发酵饲料对动物机体生殖激素分泌的调控机制尚未清楚,有待深入探讨。

3.4 发酵饲料对蛋鸡产蛋后期脂代谢的影响

家禽血清及肝脏中甘油三酯和胆固醇含量可以影响脂类的沉积与代谢,是反映家禽脂肪代谢水平的重要指标。胆固醇含量降低,蛋鸡脂代谢水平加强,反之减弱^[24]。当机体摄入较高能量时,肝脏开始合成甘油三酯,肝脏甘油三酯含量增加,转运至血液的甘油三酯含量也增加,说明脂肪的合成增加。高密度脂蛋白可将机体其它组织中的胆固醇输送到肝脏,促进胆固醇消除,保持组织中胆固醇含量维持在正常水平,被称为“好胆固醇”^[25]。低密度脂蛋白与之相反,会使脂肪沉积于血管壁上,形成粥样硬化,造成血管壁伤害,对机体产生不利的影响^[26]。有效控制 LDL 水平,提高 HDL 水平可以调控胆固醇的转运。

陈冬^[27]研究发现,在蛋鸡日粮中添加 10% 红曲霉发酵饲料,可以显著降低血清胆固醇含量,高密度脂蛋白有升高的趋势。试验结果表明,在蛋鸡饲料中添加 30 g/kg 发酵饲料,血清胆固醇含量显著降低,高密度脂蛋白含量有升高的趋势,并且肝脏总胆固醇含量也显著降低,高密度脂蛋白极显著升高,这与陈冬^[27]的结果一致,并与试验蛋黄胆固醇含量极显著降低相呼应,发酵饲料改善了蛋鸡脂代谢,其具体机理还有待进一步研究。

4 结 论

在产蛋后期京红蛋鸡的饲料中添加 30 g/kg 的发酵饲料,可显著提高产蛋率,极显著提高蛋壳强度和蛋黄比例,极显著降低蛋黄胆固醇含量,显著升高血清钙的含量,显著升高血清促卵泡素和促黄体素的含量,显著降低血清和肝脏的总胆固醇含量,极显著升高肝脏高密度脂蛋白含量,在京红蛋鸡产蛋后期饲料中添加 30 g/kg 的发酵饲料可提高产蛋率,降低死亡率,改善蛋品质和肝脏脂代谢能力。

参考文献 (References)

[1] 裴跃明, 邵强, 吴桂龙, 等. 枯草芽孢杆菌制剂对产蛋后期蛋鸡生产性能、蛋品质、免疫及肠道菌群的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(7): 61–65.

FEI Yueming, SHAO Qiang, WU Guilong, et al. Effects of ba-

cillus subtilis on laying performance, egg quality, immunity and intestinal microflora of hens during the post peak period [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2016, 52(7): 61–65.

[2] Hunton P. Research on eggshell structure and quality: An historical overview [J]. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 2005, 7(2): 67–71.

[3] 张恒, 刘立鹤, 贺国龙. 固态发酵技术在饲料资源开发上的研究与应用 [J]. 当代水产, 2011, 22(7): 66–69.

ZHANG heng, LIU Lihe, HE Guolong. Research and Application of solid state fermentation technology in feed resource development [J]. *Contemporary Aquatic Products*, 2011, 22(7): 66–69.

[4] 孙汝江, 吕月琴, 高明芳, 等. 微生物发酵饲料在蛋鸡生产中的应用研究 [J]. 中国饲料, 2012, 12(15): 12–14.

SUN Rujiang, LÜ Yueqin, GAO Mingfang, et al. Application of microbial fermented feed in laying hen production [J]. *Chinese Feed*, 2012, 12(15): 12–14.

[5] 崔卫涛, 况世昌, 李钢平, 等. 生物发酵饲料对蛋鸡生产性能和鸡蛋品质的影响 [J]. 畜牧与饲料科学, 2018, 32(23): 33–36.

CUI Weitao, KUANG Shichang, LI Gangping, et al. Effects of biological fermented feed on productive performance and egg quality of laying hens [J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2018, 32(23): 33–36.

[6] 陆文清, 胡起源. 微生物发酵饲料的生产与应用 [J]. 饲料与畜牧, 2008, 21(7): 5–9.

LU Wenqing, HU Qiyuan. Production and application of microbial fermented feed [J]. *Feed and animal husbandry*, 2008, 21(7): 5–9.

[7] MAZANKO M S, GORLOV I F, PRAZDNOVA E V, et al. Bacillus probiotic supplementations improve laying performance, egg quality, hatching of laying hens, and sperm quality of roosters [J]. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 2017, 10(6): 367–373.

[8] 刘艳新, 刘占英, 倪慧娟, 等. 微生物发酵饲料的研究进展与前景展望 [J]. 饲料博览, 2017, 32(2): 15–22.

LIU Yanxin, LIU Zhanying, NI Huijuan, et al. The Research Progress and Prospect of Microbial Fermentation Feed [J]. *Feed Review*, 2017, 32(2): 15–22.

[9] 朱风华, 陈甫, 徐进栋, 等. 乳酸菌发酵饲料对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响 [J]. 饲料研究, 2015, (6): 48–52.

ZHU Fenghua, CHEN Fu, XU Jindong, et al. Effect of lactic acid bacteria fermented feed on production performance and egg quality of laying hens [J]. *Feed Research*, 2015, (6): 48–52.

[10] 魏尊. 棉粕源发酵饲料对产蛋鸡饲喂效果的研究 [J]. 中国家禽, 2017, 23(7): 53–57.

WEI Zhun. Study on feeding effect of cotton aphid fermented feed on laying hens [J]. *China Poultry*, 2017, 23(7): 53–57.

[11] 韩刚. 蛋及蛋的保鲜方法 [J]. 广东畜牧兽医科技, 1988, (1) 31–35.

HAN Gang. Egg and egg preservation method [J]. *Guangdong*

- Journal of Animal and Veterinary Science*, 1988, (1)31-35.
- [12] 李明艳. EM 发酵饲料在蛋鸡生产中应用效果研究 [D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2010.
- LI Mingyan. *Study on the application effect of EM fermented feed in laying hen production* [D]. Yangling: Northwest A & F University, 2010.
- [13] 王立克, 胡忠泽, 罗学振, 等. 不同品种鸡蛋中胆固醇含量的比较研究 [J]. 安徽科技学院学报, 2006, (1): 5-7.
- WANG Like, HU Zhongze, LUO Xuezheng, et al. Comparison of cholesterol content of egg from different breed layers [J]. *Journal of Anhui Science and Technology University*, 2006, (1): 5-7.
- [14] 苏青云, 刘丹, 刘影, 等. 微生态制剂在矮小型蛋鸡中的应用效果研究 [J]. 饲料工业, 2010, 31(16): 31-32.
- SU Qinyun, LIU Dan, LIU Ying, et al. Study on the application effect of microecological preparations in dwarf laying hens [J]. *Feed Industry*, 2010, 31(16): 31-32.
- [15] 李泳宁, 朱宏阳, 吴焜, 等. 一种富含红曲色素微生物发酵饲料在蛋鸡养殖中的应用 [J]. 粮食与饲料工业, 2015, (2): 52-54.
- LI Yongning, ZHU Hongyang, WU Kun, et al. Application of a microbial fermented feed rich in monascus pigment in laying hen culture [J]. *Cereal & Feed Industry*, 2015, (2): 52-54.
- [16] 王迪. 草地放养鹅的免疫和生化指标、生产性能及肉质特性的研究 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2016.
- WANG Di. *Study on immune and biochemical indicators, production performance and meat quality of grass-planted goose* [D]. Daqing: Heilongjiang Bayi Agricultural University, 2016.
- [17] Stanley C C, Williams C C, Jenny B F, et al. Effects of Feeding Milk Replacer Once Versus Twice Daily on Glucose Metabolism in Holstein and Jersey Calves [J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(9): 2335-2343.
- [18] 郭军蕊. 枯草芽孢杆菌对蛋鸡益生作用机制的研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2017.
- GUO Junrui. *Study on the mechanism of probiotic action of Bacillus subtilis on laying hens* [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2017.
- [19] 崔闯飞. 枯草芽孢杆菌对产蛋后期蛋鸡生产性能及蛋壳品质的影响 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.
- CUI Chuangfei. *Effect of Bacillus subtilis on production performance and eggshell quality of laying hens during laying period* [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2018.
- [20] Akazome Y, Abe T, Mori T. Differentiation of chicken gonad as an endocrine organ: expression of LH receptor, FSH receptor, cytochrome P450c17 and aromatase genes. [J]. *Reproduction*, 2002, 123(5): 721-728.
- [21] March J B, Sharp P J, Wilson P W, et al. Effect of active immunization against recombinant-derived chicken prolactin fusion protein on the onset of broodiness and photo induced egg laying in bantam hens [J]. *Journal of Reproduction & Fertility*, 1994, 101(1): 227-233.
- [22] Lucki N C, Sewer M B. The interplay between bioactive sphingolipids and steroid hormones [J]. *Steroids*, 2010, 75(6): 0-399.
- [23] 陈继发, 匡佑华, 康克浪, 等. 蒙脱石、枯草芽孢杆菌及其互作对蛋鸡血浆激素含量、卵巢繁殖相关基因表达和肠道微生物的影响 [J]. 动物营养学报, 2019, 31(1): 305-314.
- CHEN Jifa, KUANG Youhua, KANG Kelang, et al. effects of montmorillonite, Bacillus subtilis and their interaction on hormone contents in plasma, reproduction related genes expression in ovarian and intestinal microflora of laying hens [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(1): 305-314.
- [24] 曹岩峰, 王丽娟, 丁毅, 等. 复合酶制剂对蛋鸡产蛋后期产蛋性能、蛋品质及血清生化指标的影响 [J]. 饲料与畜牧, 2018, (12): 58-62.
- CAO Yanfeng, WANG Lijuan, DING Yi, et al. Effect of compound enzyme preparation on egg production performance, egg quality and serum biochemical indexes in laying hens [J]. *Feed and Animal Husbandry*, 2018, (12): 58-62.
- [25] 孙瑛瑛. 不同日粮蛋白、能量水平对京海黄鸡肉用性能、肉品质及各组织中 ApoB 基因表达的影响 [D]. 扬州: 扬州大学, 2013.
- SUN Yingying. *Effects of different dietary protein and energy levels on meat performance, meat quality and ApoB gene expression in Jinghai Yellow Chicken* [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2013.
- [26] 叶慧, 雷建平, 冯定远, 等. 不同微生物脂肪酶对黄羽肉鸡生长性能、血清生化指标和胸肌脂肪含量的影响 [J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(3): 399-404.
- YE Hui, LEI Jianping, FENG Dingyuan, et al. Effects of different microbial lipases on growth performance, serum biochemical indexes and breast muscle fat content of yellow-feathered broilers [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2013, 34(3): 399-404.
- [27] 陈冬. 紫色红曲霉固态发酵玉米粉和豆粕产蛋鸡功能饲料的研究 [D]. 兰州: 西北师范大学, 2019.
- CHEN Dong. *Study on the functional feed of purple Monascus solid fermented corn flour and soybean meal laying hen* [D]. Lanzhou: Northwest Normal University, 2019.

Effects of Fermented Feed on Production Performance, Serum Parameters and Lipid Metabolism of Jinghong Laying Hens during the Late Laying Period

PENG Xiao¹, YAO Yingying¹, WANG Xiaogang², FANG Shubao¹, WANG Junhua¹, WU Yingping¹,
Ayiduolait Tuoheti¹, Akida Kermahun¹, Merzat Mamat¹, LI Haiying¹

(1. College of Animal Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Xinjiang Wankang Agriculture and Animal Husbandry Technology Co., Ltd, Changji Xinjiang 831100, China)

Abstract: **[Objective]** To evaluate the effects of fermented feed on the production performance, egg quality, serum parameters and lipid metabolism of *Jinghong* laying hens during the late laying period. **[Method]** A total of 480, 54 – weeks – old, healthy *Jinghong* laying hens were randomly divided into 2 groups with 4 replications and 60 laying hens per replication. The laying hens in the control group were fed the basal diet. And the trial groups were fed the same basal diet with 30 g/kg fermented feed. The pre – experimental period lasted for 10 days and the experimental period lasted for 56 days. **[Result]** The results showed that : Compared with that of the control group, (1) on the production performance the egg production rate of the trial group was significantly increased by 4.56% ($P < 0.05$). (2) On the egg quality, the eggshell strength of the trial group was extremely significantly increased by 17.18% ($P < 0.01$). The proportion of egg yolk was extremely significantly increased by 7.48% ($P < 0.01$). The protein ratio was extremely significantly decreased by 3.69% ($P < 0.01$). The cholesterol content of egg yolk was extremely significantly decreased by 24.90% ($P < 0.01$). 3) On the serum biochemical indicators and reproductive hormones, the serum calcium content of the trial group significantly increased by 11.99% ($P < 0.05$); Follicle stimulating hormone and luteinizing hormone were significantly increased by 24.55% ($P < 0.05$) and 12.88% ($P < 0.05$), respectively. 4) In serum and liver, the total cholesterol content was significantly decreased by 18.86% ($P < 0.05$) and 18.54% ($P < 0.05$), respectively. And the high – density lipoprotein was extremely significantly increased by 17.69% ($P < 0.01$) in the liver. The other indicators were not significantly different ($P > 0.05$). **[Conclusion]** In conclusion, under the conditions of this experiment, the addition of 30 g/kg of fermented feed to the diet has a certain improvement effect on the production performance and egg quality of *Jinghong* laying hens during the late laying period.

Key words: fermented feed; laying hens; production performance; egg quality; serum biochemical indicator; lipid metabolism

Fund project: Supported by the Xinjiang Tianshan Excellence Project(201720012); 2019 University Students Innovation Project(S201910758077)

Correspondence author: Li Haiying (1968 –), female, doctor, Professor, doctoral supervisor, research direction for animal production, (E – mail) lhy – 3@163.com