

葛莹, 李庆海, 王欢欢, 等. 发酵茶饲料对产蛋后期蛋鸡生产性能和蛋品质的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (3): 10-16.

GE Y, LI Q H, WANG H H, et al. Effects of fermented tea feed on performance and egg quality of laying hens in the late phase [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (3): 10-16.

发酵茶饲料对产蛋后期蛋鸡生产性能和蛋品质的影响

葛莹, 李庆海, 王欢欢, 魏莹晖, 王彦芦, 刘航, 张雷, 范京辉*

(杭州市农业科学研究院, 浙江 杭州 310024)

摘要: 将茶叶、豆粕、玉米混匀后经微生物发酵制得发酵茶饲料, 为了研究发酵茶饲料对产蛋后期蛋鸡生产性能和蛋品质的影响, 试验选取 55 周龄的新杨黑羽蛋鸡 432 只, 随机分为 3 组, 每组 3 个重复, 每个重复 48 只。其中对照组饲喂基础日粮, 试验组以 5%、10% 发酵茶饲料替代基础日粮进行饲喂, 正试期 8 周。结果显示: 饲喂 2 周后, 产蛋率表现为 10% 茶饲料组 > 5% 茶饲料组 > 对照组; 平均蛋重则相反。饲喂 3 周后, 料蛋比表现为对照组 > 10% 茶饲料组 > 5% 茶饲料组; 相比于对照组, 5% 茶饲料组的产蛋率显著提高且料蛋比显著降低 ($P < 0.05$), 10% 茶饲料组的产蛋率显著提高且平均蛋重显著降低 ($P < 0.05$)。6 周后, 10% 茶饲料组的蛋清浓蛋白比例显著低于对照组 ($P < 0.05$)。8 周后, 10% 茶饲料组的蛋清浓蛋白比例显著低于 5% 茶饲料组, 且稀蛋白比例显著高于其他两组 ($P < 0.05$); 相比于对照组, 5%、10% 茶饲料组的蛋黄胆固醇及丙二醛含量显著降低 ($P < 0.05$), 而超氧化物歧化酶活性显著升高 ($P < 0.05$)。综上, 5% 发酵茶饲料能够提高产蛋后期蛋鸡生产性能和蛋品质。

关键词: 发酵茶饲料; 蛋鸡; 生产性能; 蛋品质

中图分类号: S831.5 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)03-0010-07

Effects of fermented tea feed on performance and egg quality of laying hens in the late phase

GE Ying, LI Qinghai, WANG Huanhuan, WEI Yinghui, WANG Yanlu, LIU Hang, ZHANG Lei, FAN Jinghui*
(Hangzhou Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310024, China)

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effects of fermented tea feed on performance and egg quality of laying hens in the late phase. A total of 432 55-week-old Xinyang black-feathered laying hens were randomly divided into 3 groups, with 3 replicates in each group and 48 in each replicate. Tea leaves, soybean meal and corn were mixed well to produce fermented tea feed through microbial fermentation. The control group was fed with a basal diet, and the experimental groups were fed with the basal diet supplemented with 5%, 10% fermented tea, respectively. The trial period was 8 weeks. The results showed that, after 2 weeks of feeding, the laying rates from higher to lower were that of the 10% fermented tea group, that of the 5% fermented tea group, and that of the control group; The average egg weight was in the opposite order. After 3 weeks of the experimental feeding, the feed to egg ratios from higher to lower were that of the control group, that of the 10% fermented tea group, and that of the 5% fermented tea group. Compared with that of the control group, the laying rate was increased and the feed to egg ratio was decreased significantly in the 5% fermented tea group ($P < 0.05$), and the laying rate was increased and the average egg weight was decreased significantly in the 10% fermented tea group ($P < 0.05$). After 6 weeks of the trial, the thick albumen proportion in the 10% fermented tea group was significantly lower than that in the control group ($P < 0.05$). After 8 weeks, the thick albumen proportion in the 10% fermented tea group was significantly lower than that in the 5% fermented tea group, and the thin albumen proportion was higher than that of the other two groups ($P < 0.05$). Compared with those of the control group, the total cholesterol and malondialdehyde of the yolk in the 5%, 10% fermented tea groups were significantly higher ($P < 0.05$), while the superoxide dismutase activity was significantly higher ($P < 0.05$). To sum up, 5% fermented tea feed improved the performance and egg quality of laying hens in the late phase.

Keywords: fermented tea feed; laying hens; performance; egg quality

收稿日期: 2023-05-30; 修回日期: 2023-12-18

基金项目: 浙江省畜禽新品种选育专项 (2021C02068-9); 杭州市科技局农业与社会发展科技项目 (20201203B98)

第一作者: 葛莹, 女, 硕士, 畜牧师

* 通信作者: 范京辉, 正高级畜牧师, 研究方向: 动物营养与饲料研究, E-mail: zigugu@hz.cn.

茶源自植物茶树 (*Camellia sinensis*) 的叶子, 是世界范围内最受欢迎的饮料之一^[1]。作为茶叶生产和消费大国, 我国 2021 年产茶量达 300 万吨。据报道, 茶叶不仅蛋白质含量高、氨基酸和微量元素丰富, 还含有茶多酚、生物碱等多种活性物质, 具有抗氧化、免疫调节、抗肥胖等作用, 是一种具有开发前景的动物饲料资源^[2-3]。但茶叶中的单宁能螯合饲料中的金属元素和蛋白质, 并且抑制胰 α -淀粉酶活性, 是一种味涩、适口性差的抗营养因子^[4]。为了降解茶叶中的抗营养因子, 微生物固态发酵技术成为当下研究的焦点。这些研究大多在茶渣的基础上配伍其他辅料, 以增添氮源、碳源, 有助于微生物高效繁殖^[5-6]。选用的微生物通常为乳酸菌类、芽孢杆菌类及真菌类 3 大类, 且许多学者认为多菌种联合效果较好。胡桂萍等^[7]利用乳杆菌、枯草芽孢杆菌、酵母菌和米曲霉菌进行混合发酵, 生产的茶饲料营养丰富且适口性高。Ding 等^[8]选用枯草芽孢杆菌、黑曲霉及酿酒酵母 3 种菌种发酵后, 茶饲料营养成分均有所提高。

在蛋鸡生产实践中, 长期产蛋积累的氧化应激会造成母鸡激素缺乏, 产蛋率、蛋品质加速下降, 因此, 有必要通过营养调控进行改善^[9-11]。有学者发现在饲料中添加适量绿茶粉或茶多酚能改善蛋鸡生产性能和蛋品质^[12-13]。发酵茶饲料作为一种新型饲料原料, 目前在育肥猪及肉羊研究中得到较多的报道^[8,14]。在蛋鸡上的研究仍相对较少, 其营养数据和适宜添加量需补充和完善。本试验拟将发酵茶饲料以 5%、10% 两种浓度添加到日粮中并连续饲喂 8 周, 探究其对产蛋后期蛋鸡的生产性能和蛋品质的影响, 以为发酵茶饲料在蛋鸡生产中的应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选用茶叶品种为西湖龙井, 产自浙江杭州, 由杭州市农科院提供。黑曲霉 (ZD8)、酿酒酵母 (CICC1520)、枯草芽孢杆菌 (BS12) 由浙江大学饲料科学研究所提供。参考 Ding 等^[8]方法, 将 15% 茶叶、70% 豆粕、15% 玉米作为发酵底物, 按照 2 : 1 : 2 比例加入活菌数均为 1×10^7 CFU/g 的黑曲霉、酿酒酵母、枯草芽孢杆菌, 将活化好的菌种均匀喷洒到原料中, 边喷洒边搅拌混匀, 装入带有呼吸阀的发酵袋内, 在温度 30 °C、含水量 55% 的条件下厌氧发酵 72 h, 65 °C 烘干至恒重, 制得发酵茶饲料。营养成分含量 (以风干样计) 为水分 11.75%, 粗蛋白 42.56%, 粗脂肪 2.55%, 粗纤维 10.95%, 粗灰分

7.36%, 钙 0.62%, 总磷 0.47%。

1.2 试验设计

选用 55 周龄、健康状况良好、产蛋率相近的新杨黑羽蛋鸡 432 只, 由杭州鑫洪禽业股份有限公司提供。将鸡群随机分为 3 组, 每组 3 个重复, 每个重复 48 只, 其中, 对照组饲喂基础日粮, 试验组以 5%、10% 发酵茶饲料替代基础日粮。参照 GB/T 5916—2020 《产蛋鸡和肉鸡配合饲料》推荐的蛋鸡营养需要量配制粉状配合饲料。各组日粮组成及营养成分见表 1。预试期为 1 周, 各组均饲喂基础日粮且组间产蛋性能差异不显著。正试期为 8 周。蛋鸡自由采食和饮水, 按照常规饲养流程进行免疫和消毒。

表 1 日粮组成及营养成分 (风干基础)

| 项目 | 对照组 | 5%茶饲料组 | 10%茶饲料组 |
|-------------------------------|-------|--------|---------|
| 组成/% | | | |
| 玉米 | 62.00 | 61.60 | 61.20 |
| 豆粕 | 24.00 | 19.40 | 14.80 |
| 发酵茶饲料 | 0.00 | 5.00 | 10.00 |
| 麸皮 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 石粉 | 8.00 | 8.00 | 8.00 |
| 预混料 ¹⁾ | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| 营养水平 ²⁾ | | | |
| 代谢能/ (MJ · kg ⁻¹) | 10.90 | 10.90 | 10.90 |
| 粗蛋白质/% | 16.10 | 15.80 | 15.20 |
| 钙/% | 3.50 | 3.50 | 3.50 |
| 总磷/% | 0.48 | 0.48 | 0.48 |
| 赖氨酸/% | 0.89 | 0.89 | 0.89 |
| 蛋氨酸/% | 0.40 | 0.40 | 0.40 |

注: ¹⁾ 预混料为每千克饲料提供: 维生素 A 8 000 IU, 维生素 D₃ 2 200 IU, 维生素 E 8 IU, 维生素 K₃ 1.5 mg, 维生素 B₁ 2.0 mg, 维生素 B₂ 5.0 mg, 维生素 B₆ 2.0 mg, 维生素 B₁₂ 0.2 mg, 有效磷 1.6 g, 食盐 3.0 g, 蛋氨酸 0.8 g, 烟酸 30 mg, 泛酸 8 mg, 叶酸 1.0 mg, 生物素 0.16 mg, 氯化胆碱 400 mg, 碘 0.5 mg, 硒 0.3 mg, 铜 6.0 mg, 铁 80 mg, 锰 45 mg, 锌 55 mg; ²⁾ 代谢能由各原料代谢能计算所得, 除发酵茶饲料代谢能根据预测公式进行估算^[15], 其余为中国饲料数据库提供的数据 (2013), 其他指标为实测值。

1.3 生产性能测定

试验期间, 以重复为单位记录每周的总产蛋数 (含破损蛋)、总蛋重、采食量和死淘数, 统计每周以及全程的产蛋率、平均蛋重、平均日采食量、料蛋比和死淘率。

1.4 鸡蛋质量参数测定

分别收集正试期第 2、4、6、8 周的鸡蛋, 每个重复 10 枚。使用电子天平称取蛋重, 用游标卡尺测量鸡蛋横径、纵径。分离蛋黄、蛋清、蛋壳 (含蛋

壳膜)。使用罗氏比色扇判断蛋黄色泽。蛋清通过 1 mm×1 mm 标准检验筛滤出稀蛋白,依次称取蛋黄重、稀蛋白重、蛋壳重。浓蛋白重(g)=蛋重-蛋壳重-蛋黄重-稀蛋白重;蛋黄比=蛋黄重/蛋重×100%;稀蛋白比=稀蛋白重/蛋重×100%;浓蛋白比=浓蛋白重/蛋重×100%;蛋壳比=蛋壳重/蛋重×100%;蛋形指数=纵径/横径。

1.5 蛋黄胆固醇含量及抗氧化指标测定

试验结束时,每个重复随机选取 3 枚鸡蛋,分离出蛋黄。根据总胆固醇(TC)、超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)试剂盒说明书,蛋黄液加入 9 倍体积的无水乙醇抽提,4 000 r/min 离心 10 min,取上清液检测 TC、MDA 含量;蛋黄液加入 9 倍体积的生理盐水匀浆,3 000 r/min 离心 10 min,取上清液检测 SOD、GSH-Px 水平,利用 Infinite-M200 Pro 酶标仪(Tecan 公司,瑞士)测定相关指标的吸光度。以上试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.6 数据统计与分析

采用 Excel 2016 对试验数据进行整理。使用 SPSS 22.0 软件对数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA)和 Tukey 多重比较检验,结果以“平均值±标准差”表示。 $P<0.05$ 表示组间差异显著, $P<0.01$ 表示组间差异极显著。

2 结果与分析

2.1 发酵茶饲料对产蛋后期蛋鸡生产性能的影响

根据图 1 所示,饲喂 2 周后,产蛋率表现为 10% 茶饲料组>5% 茶饲料组>对照组;平均蛋重表现为对照组>5% 茶饲料组>10% 茶饲料组。饲喂 3 周后,料蛋比表现为对照组>10% 茶饲料组>5% 茶饲料组。由表 2 可知,相比于对照组,5% 茶饲料组的产蛋率显著升高且料蛋比显著降低($P<0.05$),10% 茶饲料组的产蛋率显著升高但平均蛋重显著降低($P<0.05$)。平均日采食量及死淘率在 3 组间无显著差异($P>0.05$)。

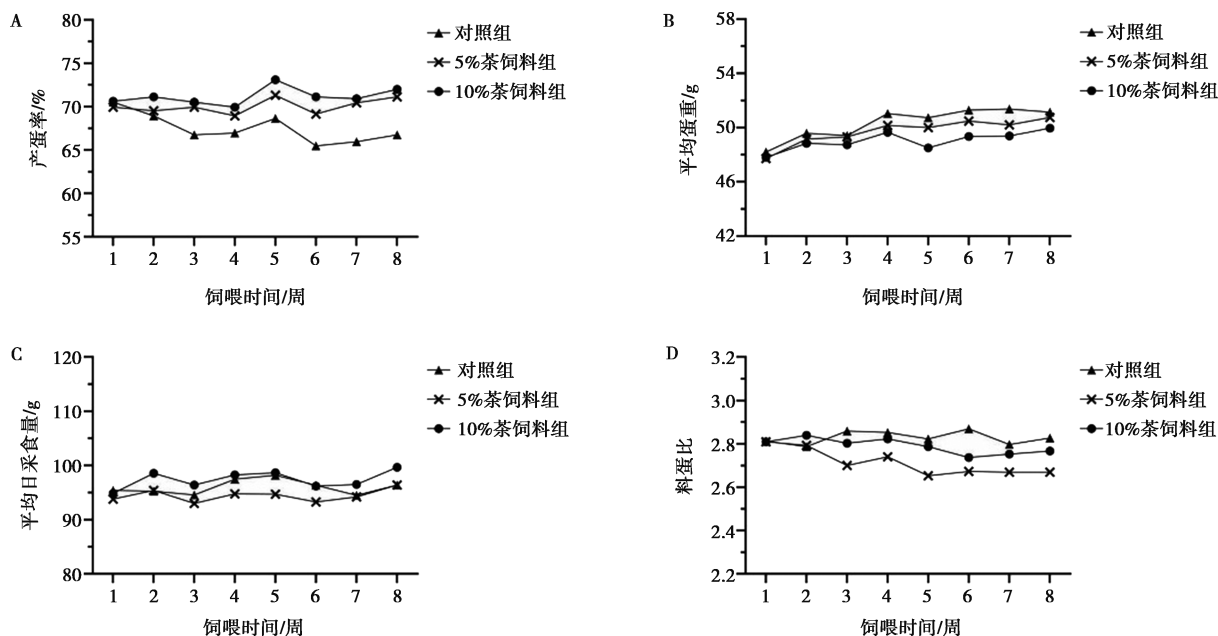


图 1 试验期间蛋鸡每周生产性能变化趋势

表 2 发酵茶饲料对产蛋后期蛋鸡生产性能的影响

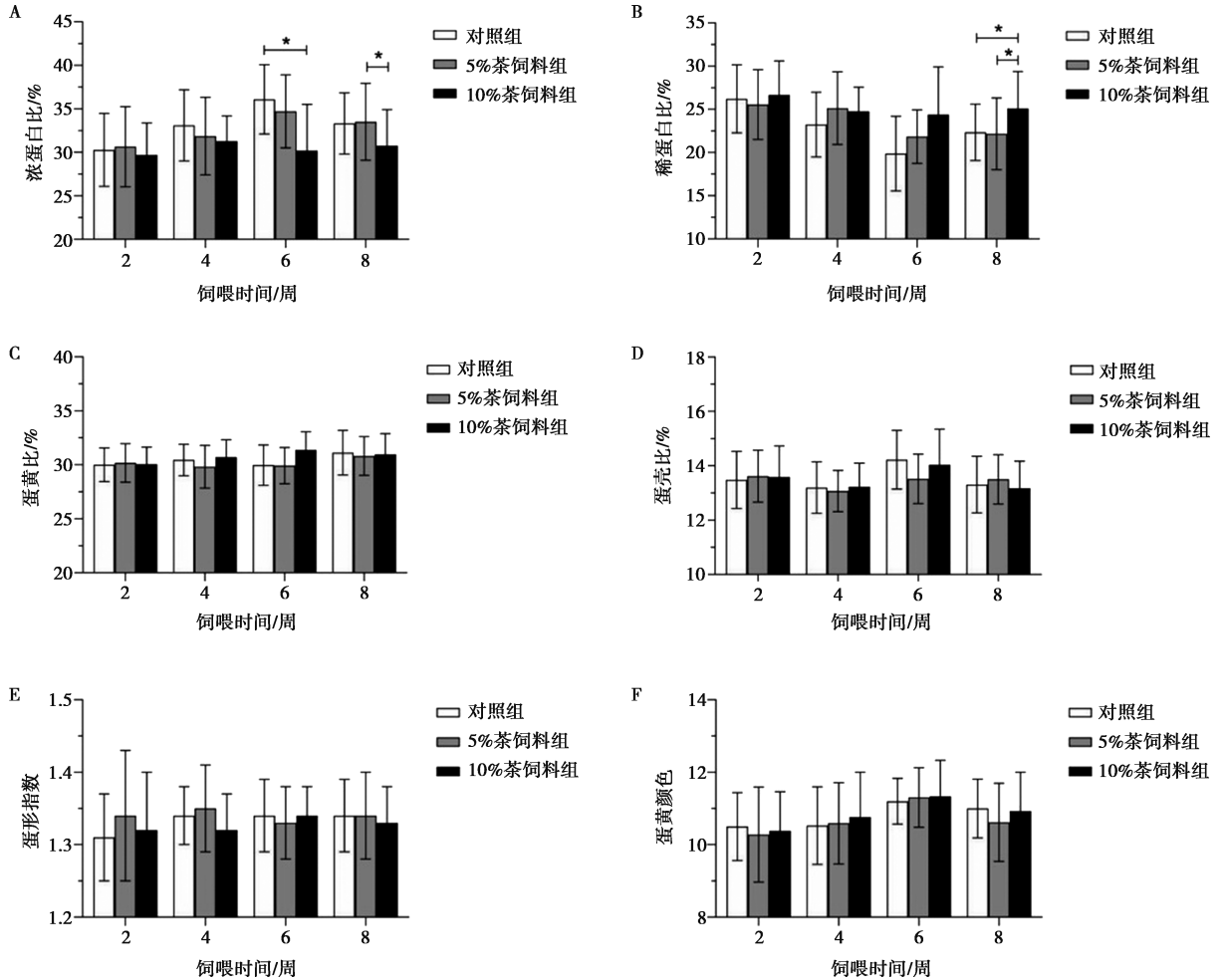
| 项目 | 对照组 | 5%茶饲料组 | 10%茶饲料组 |
|----------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 产蛋率/% | 67.51±3.26 ^b | 70.05±2.49 ^a | 71.18±2.64 ^a |
| 平均蛋重/g | 50.36±1.22 ^a | 49.73±1.13 ^{ab} | 49.04±0.92 ^b |
| 平均日采食量/g | 96.03±7.26 | 94.46±4.84 | 97.40±5.78 |
| 料蛋比 | 2.83±0.21 ^a | 2.71±0.14 ^b | 2.79±0.12 ^{ab} |
| 死淘率/% | 0.09±0.42 | 0.17±0.59 | 0.09±0.42 |

注:同行数据肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),相同小写字母或无字母表示差异不显著($P>0.05$)。下同。

2.2 发酵茶饲料对产蛋后期鸡蛋质量参数的影响

由图2可知, 整个试验期间, 3组的蛋黄比例、蛋壳比例、蛋形指数及蛋黄颜色均无显著差异 ($P>0.05$)。饲喂2、4周后, 3组的浓、稀蛋白比例均无

显著差异。6周后10%茶饲料组的浓蛋白比例显著低于对照组 ($P<0.05$)。8周后, 10%茶饲料组的浓蛋白比例显著低于5%茶饲料组 ($P<0.05$), 稀蛋白比例显著高于其他两组 ($P<0.05$)。



* 表示组间差异显著 ($P<0.05$)。

图2 发酵茶饲料对产蛋后期鸡蛋质量参数的影响

2.3 发酵茶饲料对产蛋后期蛋黄生化参数的影响

根据表3可知, 饲喂8周后, 相比于对照组, 5%、10%茶饲料组蛋黄的TC含量显著降低 ($P<0.05$), MDA含量显著降低 ($P<0.05$), SOD含量显

著升高 ($P<0.05$), GSH-Px含量无显著差异 ($P>0.05$)。另外, 这些参数在5%、10%茶饲料组之间无显著差异 ($P>0.05$)。

表3 发酵茶饲料对产蛋后期蛋黄生化参数的影响

| 项目 | 对照组 | 5%茶饲料组 | 10%茶饲料组 |
|---|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| TC/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) | 12.57±0.87 ^a | 10.89±1.16 ^b | 11.19±0.99 ^b |
| SOD/ ($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$) | 84.69±10.97 ^b | 169.36±20.57 ^a | 159.26±13.89 ^a |
| MDA/ ($\text{nmol} \cdot \text{L}^{-1}$) | 91.56±5.96 ^a | 69.12±3.27 ^b | 72.20±4.31 ^b |
| GSH-Px/ ($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$) | 152.39±7.27 | 186.90±14.70 | 191.27±12.51 |

3 讨论

3.1 发酵茶饲料对产蛋后期蛋鸡生产性能的影响

蛋鸡产蛋后期的产蛋率快速下降, 整体生产性能降低, 同时蛋重逐渐增加^[16-17]。丁小青等^[18]发现使用4%生物发酵饲料代替豆粕能显著提升320日龄仙居蛋鸡产蛋率4.92%。吴慧敏等^[19]在290日龄蛋鸡饲料中添加2%发酵茶渣能显著提高产蛋率。已有研究报道饲喂200 mg/kg茶多酚可以提高蛋鸡的产蛋率和饲料转化率^[20-21]。受原料、品种、环境等因素的影响, 发酵茶饲料的实际效果略有不同。本试验发现在产蛋后期蛋鸡日粮中添加5%、10%发酵茶饲料8周后, 产蛋率分别增多了2.54个百分点和3.67个百分点, 且5%发酵茶饲料能使料蛋比显著降低, 因此, 发酵茶饲料可以改善蛋鸡生产性能。茶叶中具有茶多酚、生物碱和多肽等多种活性物质, 其中多酚类物质占茶叶干重的18%~36%, 是茶叶健康功效的主要活性物质^[22]。儿茶素类占茶多酚总量的60%~80%是茶多酚的最主要成分^[23]。研究表明茶多酚中的儿茶素进入机体后能够调节肠道微生物菌群, 从而促进营养物质吸收、提高饲料利用率, 同时, 类黄酮具有植物雌激素活性, 能促进卵泡发育, 提高产蛋率^[24-25]。但是, 高剂量茶多酚会造成蛋重降低^[20,26]。本研究发现10%发酵茶饲料会造成蛋重显著下降, 这可能是因为茶多酚能够抑制肉鸡肝脏脂肪相关基因的表达, 降低脂肪酸合成酶和乙酰-CoA 羧化酶的活性^[22]。同时有学者指出, 儿茶素不易被消化吸收, 经口服后在胃肠道中积累达到较高浓度, 从而影响胃肠道胆固醇的吸收^[27]。因此, 肠道对于脂肪吸收的减少可能会导致蛋黄脂质形成的降低, 进而使蛋重降低。因此, 添加适宜剂量的发酵茶饲料更有利于提高蛋鸡后期生产性能。

3.2 发酵茶饲料对鸡蛋质量参数的影响

鸡蛋质量是指鸡蛋内外部特性, 涉及众多指标^[28]。蛋清中的浓蛋白呈高黏度的胶状结构, 由卵粘蛋白分泌产生。研究表明浓、稀蛋白比例与蛋重、哈氏单位、蛋白高度呈正相关, 是判定鸡蛋新鲜度的可靠指标^[29-30]。Ding等^[31]研究认为茶多酚可以与蛋白质和多糖形成复合物, 增加蛋白凝胶化, 从而提高了蛋白高度和哈氏单位。Wang等^[26]发现200 mg/kg茶多酚能够提高64周龄白来航的蛋白高度和哈氏单位。Xia等^[32]在20周龄仙居鸡的日粮中添加1%绿茶粉, 发现蛋白高度、哈氏单位增加。而Ariana等^[33]发现0.5%茶多酚和1.5%绿茶粉对蛋品质无显著影响。但本研究发现, 饲喂10%发酵茶饲料会造成浓蛋白比例降低、稀蛋白比例显著升高, 即蛋清变稀、

品质降低。可能由于茶叶中的咖啡因和茶多酚能够增强机体能量代谢^[22], 从而抑制浓蛋白合成, 其作用机制还需要后续进一步深入研究。另外, 本研究发现, 饲喂发酵茶叶对蛋黄比例、蛋壳比例、蛋形指数、蛋黄颜色无显著影响。前3个指标主要受遗传因素影响, 而蛋黄颜色与饲料营养关系密切^[17]。有报道指出绿茶粉能够显著提高蛋黄颜色^[13]。但本研究尚未观察到发酵茶饲料对蛋黄颜色的影响, 这是因为绿茶中叶绿素及其衍生物以及类胡萝卜素经过发酵后发生降解反应^[34]。

3.3 发酵茶饲料对蛋黄生化参数的影响

鸡蛋营养丰富, 但是蛋黄胆固醇含量(200~400 mg/枚)相对较高^[35]。尽管当前关于鸡蛋胆固醇增加人体健康风险的论述仍存在争议, 但是专家建议患有心血管疾病的人群应该控制蛋黄胆固醇的摄入量^[36]。Kuhn等^[37]证实茶多酚通过降低低密度脂蛋白受体使得人体血浆胆固醇降低。何柳青等^[38]发现饲喂200、400 mg/kg茶多酚4周, 使蛋黄胆固醇含量分别显著降低16.5%、31.4%。Chen等^[13]发现1%绿茶粉饲喂12周后, 蛋黄胆固醇含量显著下降13.9%。卢垚^[39]研究发现饲喂300 mg/kg茶多酚4周后, 蛋黄胆固醇含量下降18.06%。本研究观察到饲喂5%和10%发酵茶饲料8周后的蛋黄胆固醇含量分别显著下降13.37%、10.98%, 与上述结果研究一致。有学者研究认为茶叶中的茶多酚能够通过调控血浆中胰岛素的水平和肝脏胆固醇代谢相关核受体和转录因子表达, 促进蛋鸡脂质分解代谢, 抑制低密度脂蛋白胆固醇, 减少卵细胞从血浆中对于胆固醇的获取, 最终降低蛋黄中的胆固醇含量^[39]。

蛋黄富含多不饱和脂肪酸, 特别是产蛋后期阶段, 更易受到自由基的攻击, 引起脂质过氧化反应, 不利于鸡蛋储存保鲜^[36,40]。茶多酚中儿茶素B环和C环上的酚羟基具有供氢体的活性, 能够在氧化过程中生成邻醌类及联苯酚醌, 使其具有强大的抗氧化能力^[41]。本研究发现发酵茶饲料能显著降低蛋黄中MDA含量, 提高SOD含量。这一结果与之前使用绿茶粉或茶多酚能减少禽蛋中脂质过氧化的研究结果相同^[40,42]。动物机体内的抗氧化酶之间相互影响和相互作用, 形成机体对抗自由基的第一道防线。在蛋鸡日粮中添加茶多酚能够提高血浆中GSH-Px含量, 降低了MDA含量^[39], 而儿茶素分子量小有利于吸收, 经血液转移至卵巢后提升蛋黄的抗氧化能力。

总之, 本试验研究认为给予产蛋后期母鸡发酵茶饲料可以降低蛋黄胆固醇含量和脂质过氧化反应, 使其表现出更好的营养价值和储存特性, 进一步提升蛋品质等级。

4 结论

日粮中添加5%发酵茶饲料能提高55周龄新杨黑羽蛋鸡的生产性能和蛋品质,表现在产蛋率提高、料蛋比降低、蛋黄胆固醇含量和脂质过氧化水平降低;添加10%发酵茶饲料在一定程度上能提高生产性能,但同时会造成蛋重和蛋品质下降。因此,在蛋鸡生产过程中,日粮中添加5%发酵茶饲料为宜。

参考文献:

- [1] XU Y, ZHANG M, WU T, et al. The anti-obesity effect of green tea polysaccharides, polyphenols and caffeine in rats fed with a high-fat diet [J]. *Food Funct*, 2015, 6 (1): 297-304.
- [2] 朱飞, 苏娣, 冉雷, 等. 黑曲霉固态发酵改善茶渣营养价值的研究 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30 (10): 4269-4278.
- [3] PRASANTH M, SIVAMARUTHI B S, CHAIYASUT C, et al. A review of the role of green tea (*Camellia sinensis*) in antiphotaging, stress resistance, neuroprotection, and autophagy [J]. *Nutrients*, 2019, 11 (2): 474.
- [4] BHAT T K, KANNAN A, SINGH B, et al. Value addition of feed and fodder by alleviating the antinutritional effects of tannins [J]. *Agric Res*, 2013, 2 (3): 189-206.
- [5] 许晴, 张永亮, 孙加节, 等. 茶渣在畜禽饲料中的应用及思考 [J]. *广东饲料*, 2021, 30 (6): 33-36.
- [6] 崔炎燕, 李家洲, 田志梅, 等. 康宁木霉固态发酵改善茶渣营养价值 [J]. *草业学报*, 2022, 31 (7): 96-110.
- [7] 胡桂萍, 杨广, 欧阳雪灵. 茶渣发酵蛋白饲料辅料优选及成本分析 [J]. *重庆理工大学学报 (自然科学)*, 2017, 31 (5): 86-90.
- [8] DING X Q, LI H Y, WEN Z W, et al. Effects of fermented tea residue on fattening performance, meat quality, digestive performance, serum antioxidant capacity, and intestinal morphology in fatteners [J]. *Animals (Basel)*, 2020, 10 (2): 185.
- [9] BAIN M M, NYS Y, DUNN I C. Increasing persistency in lay and stabilising egg quality in longer laying cycles. What are the challenges? [J]. *Br Poult Sci*, 2016, 57 (3): 330-338.
- [10] MOLNAR A, MAERTENS L, AMPE B, et al. Changes in egg quality traits during the last phase of production: is there potential for an extended laying cycle? [J]. *Br Poult Sci*, 2016, 57 (6): 842-847.
- [11] VLKOVA J, TUMOVA E, MIKOVA K, et al. Changes in the quality of eggs during storage depending on the housing system and the age of hens [J]. *Poult Sci*, 2019, 98 (11): 6187-6193.
- [12] YUAN Z H, ZHANG K Y, DING X M, et al. Effect of tea polyphenols on production performance, egg quality, and hepatic antioxidant status of laying hens in vanadium-containing diets [J]. *Poult Sci*, 2016, 95 (7): 1709-1717.
- [13] CHEN X, LI T, HE K, et al. Dietary green tea powder supplementation enriched egg nutrients and physicochemical property in an indigenous chicken breed [J]. *Poult Sci*, 2021, 100 (1): 388-395.
- [14] 邓雪娟, 于继英, 刘晶晶, 等. 我国生物发酵饲料研究与应用进展 [J]. *动物营养学报*, 2019, 31 (5): 1981-1989.
- [15] 江秋雨, 武威, 冯于明, 等. 不同比例豆粕组合的营养价值及肉仔鸡代谢能预测模型的建立 [J]. *动物营养学报*, 2021, 33 (7): 3799-3809.
- [16] SHARMA M K, MCDANIEL C D, KIESS A S, et al. Effect of housing environment and hen strain on egg production and egg quality as well as cloacal and eggshell microbiology in laying hens [J]. *Poult Sci*, 2022, 101 (2): 101595.
- [17] WISTEDT A, RIDDERSTRALE Y, WALL H, et al. Age-related changes in the shell gland and duodenum in relation to shell quality and bone strength in commercial laying hen hybrids [J]. *Acta Vet Scand*, 2019, 61 (1): 14.
- [18] 丁小青, 侯艳彬, 姚垒, 等. 生物发酵饲料对仙居鸡产蛋性能、蛋品质及血清生化指标的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2020, 56 (9): 113-118.
- [19] 吴慧敏. 茶渣、茶末对蛋鸡生产性能及鸡蛋品质的影响研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2016.
- [20] 汪小红, 武书庚, 崔耀明, 等. 茶多酚对蛋鸡生产性能, 蛋品质和抗氧化能力的影响 [J]. *动物营养学报*, 2017, 29 (1): 193-201.
- [21] SADAO K, YUKO S. Effects of green tea powder feed supplement on performance of hens in the late stage of laying [J]. *Int J Poult Sci*, 2008, 7 (5): 491-496.
- [22] 黄进宝. 茶多酚对肉鸡脂肪代谢的影响及分子机制研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2014.
- [23] 黎伟, 边连全, 王昊, 等. 茶多酚的抗氧化机理及其在畜牧业中应用的前景 [J]. *饲料工业*, 2007 (1): 57-59.
- [24] IQBAL Y, COTTRELL J J, SULERIA H A R, et al. Gut microbiota-polyphenol interactions in chicken: a review [J]. *Animals (Basel)*, 2020, 10 (8): 1391.
- [25] 耿敬章, 冯君琪. 黄酮类化合物的生理功能与应用研究 [J]. *中国食品添加剂*, 2007, 7: 62-65.
- [26] WANG X C, WANG X H, WANG J, et al. Dietary tea polyphenol supplementation improved egg production performance, albumen quality, and magnum morphology of Hy-Line Brown hens during the late laying period [J]. *J Anim Sci*, 2018, 96 (1): 225-235.
- [27] LOEST H B, NOH S K, KOO S I. Green tea extract inhibits the lymphatic absorption of cholesterol and alpha-tocopherol in ovariectomized rats [J]. *J Nutr*, 2002, 132 (6): 1282-1288.
- [28] 黄炎坤, 杨朋坤, 刘健, 等. 鸡蛋品质评价指标及影响因素的探讨 [J]. *家禽科学*, 2017 (1): 53-57.
- [29] KEMPS B J, BAMELIS F R, MERTENS K, et al. The assessment of viscosity measurements on the albumen of consumption eggs as an indicator for freshness [J]. *Poult Sci*, 2010, 89 (12): 2699-2703.
- [30] WAN Y, WANG Z, WANG J, et al. Genetic parameters of the thick-to-thin albumen ratio and egg compositional traits in layer-type chickens [J]. *Br Poult Sci*, 2019, 60 (5): 517-521.
- [31] DING X M, DU J M, ZHANG K Y, et al. Tandem mass tag-based quantitative proteomics analysis and gelling properties in egg albumen of laying hens feeding tea polyphenols [J]. *Poult Sci*, 2020, 99 (1): 430-440.
- [32] XIA B, LIU Y, SUN D, et al. Effects of green tea powder supplementation on egg production and egg quality in laying hens [J]. *J*

- Appl Anim Res, 2018, 46 (1): 927-931.
- [33] ARIANA M, SAMIE A, EDRISS M A, et al. Effects of powder and extract form of green tea and marigold, and α -tocopheryl acetate on performance, egg quality and egg yolk cholesterol levels of laying hens in late phase of production [J]. J Med Plants Res, 2011, 5 (13): 2710-2716.
- [34] SUZUKI Y, SHIOI Y. Identification of chlorophylls and carotenoids in major teas by high-performance liquid chromatography with photodiode array detection [J]. J Agric Food Chem, 2003, 51 (18): 5307-5314.
- [35] 徐亦驰, 彭诗怡, 杨芳. 鸡蛋消费与胆固醇稳态相关性研究进展 [J]. 食品科学, 2020, 41 (7): 10.
- [36] REHAULT-GODBERT S, GUYOT N, NYS Y. The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health [J]. Nutrients, 2019, 11 (3): 684.
- [37] KUHN D J, BURNS A C, KAZI A, et al. Direct inhibition of the ubiquitin-proteasome pathway by ester bond-containing green tea polyphenols is associated with increased expression of sterol regulatory element-binding protein 2 and LDL receptor [J]. Biochim Biophys Acta, 2004, 1682: 1-10.
- [38] 何柳青, 曲湘勇, 魏艳红, 等. 茶多酚和酵母硒及其互作对绿壳蛋鸡生产性能, 蛋品质及蛋黄中胆固醇和硒含量的影响 [J]. 动物营养学报, 2012, 24 (10): 1966-1975.
- [39] 卢垚. 茶多酚降低鸡蛋胆固醇效果及其机制研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2019.
- [40] KARA K, KOCAOGLU B, SENTURK M, et al. Influence of catechin (flavan-3-ol) addition to breeder quail (*Coturnix coturnix japonica*) diets on productivity, reproductive performance, egg quality and yolk oxidative stability [J]. J Appl Anim Res, 2016, 44 (1): 436-441.
- [41] 王吉磊. 茶多酚和 VC 对肉仔鸡抗氧化性能和免疫性能的影响 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2008.
- [42] 张旭, 蒋桂韬, 王向荣, 等. 茶多酚对蛋鸡生产性能, 蛋品质和蛋黄胆固醇含量的影响 [J]. 动物营养学报, 2011, 23 (5): 869-874.