

高江, 李品, 郭时惠, 等. 日粮添加不同油脂对蛋鸡生产性能、蛋品质及血浆生化指标的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (1): 29-36.
GAO J, LI P, GUO S H, et al. Effects of different dietary oils on production performance, egg quality, and plasma biochemical parameters of laying hens [J].
Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (1): 29-36.

日粮添加不同油脂对蛋鸡生产性能、蛋品质及 血浆生化指标的影响

高江, 李品, 郭时惠, 马文强*

(南京农业大学动物医学院/农业农村部动物生理生化重点实验室, 江苏 南京 210095)

摘要: 旨在研究日粮中添加不同类型油脂对蛋鸡生产性能、蛋品质及血浆生化指标的影响。选取 252 只 330 日龄海兰褐蛋鸡, 采用单因子设计, 根据实际产蛋率近似原则随机分为大豆油组 (对照组)、猪油组和棕榈油组 3 组, 每组 7 个重复, 每个重复 12 只, 不同油脂添加量均为 2%。试验周期为 8 周, 记录采食量、蛋重、产蛋数, 计算料蛋比, 检测鸡蛋品质、蛋黄脂肪酸组成以及血浆生化指标。结果: 在生产性能方面, 与对照组相比, 添加猪油、棕榈油均极显著降低平均蛋重 ($P<0.01$), 极显著增加料蛋比 ($P<0.01$), 添加棕榈油极显著增加平均产蛋率 ($P<0.01$)。在蛋品质方面, 与对照组相比, 添加猪油、棕榈油对蛋品质没有显著影响 ($P>0.05$)。在蛋黄脂肪酸方面, 与对照组相比, 添加猪油、棕榈油都显著降低蛋黄花生烯酸 (C20: 1)、二十一烷酸 (C21: 0) 含量 ($P<0.05$), 极显著降低多不饱和脂肪酸 (PUFA) 含量 ($P<0.01$), 极显著增加单不饱和脂肪酸 (MUFA) 含量 ($P<0.01$); 添加猪油极显著增加蛋黄油酸 (C18: 1n-9 (t9)、C18: 1n-9 (c9)) 含量 ($P<0.01$), 显著增加花生四烯酸 (C20: 4n-6) 含量 ($P<0.05$); 添加棕榈油极显著增加蛋黄饱和脂肪酸 (SFA) ($P<0.01$), 显著增加肉豆蔻酸 (C14: 0) 含量 ($P<0.05$), 显著降低不饱和脂肪酸 (USFA) 含量 ($P<0.05$)。在血浆生化指标方面, 与对照组相比, 添加猪油和棕榈油极显著降低血浆碱性磷酸酶浓度 ($P<0.01$), 显著降低血浆葡萄糖浓度 ($P<0.05$); 添加棕榈油极显著升高血浆谷丙转氨酶浓度 ($P<0.01$)。综上, 日粮添加猪油和棕榈油可显著降低平均蛋重, 显著增加料蛋比, 添加棕榈油可显著提高平均产蛋率; 添加猪油和棕榈油可显著改善蛋黄脂肪酸组成并显著降低血浆碱性磷酸酶和葡萄糖浓度, 添加棕榈油可显著升高血浆谷丙转氨酶浓度。

关键词: 油脂; 蛋鸡; 蛋品质; 蛋黄脂肪酸; 血浆生化指标

中图分类号: S816 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2025)01-0029-08

Effects of different dietary oils on production performance, egg quality, and plasma biochemical parameters of laying hens

GAO Jiang, LI Pin, GUO Shihui, MA Wenqiang*

(College of Veterinary Medicine, Nanjing Agricultural University/Key Laboratory of Animal physiological and Biochemistry, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing 210095, China)

Abstract: This study investigated the effects of different dietary oils on egg production performance, egg quality, and plasma biochemical indicators of laying hens. A total of 252 Hy-Line Brown laying hens at 330 days of age were chosen and randomly divided into 3 groups according to the principle of approximate equal egg production, with 7 replicates in each group and 12 replicates in each group. The groups were the control group (the soybean oil group), the lard group and the palm oil group. The experiment spanned over a period of eight weeks, during which the feed intake, egg weight, egg production rate and feed to egg ratio of the birds were recorded. Their egg quality, yolk fatty acid composition and plasma biochemical parameters were detected. The results showed that, compared with the control group (the soybean oil group), the addition of lard and palm oil significantly reduced the average egg weight ($P<0.01$) and significantly increased the feed to egg ratio ($P<0.01$) of the tested hens, and the addition of palm oil also significantly increased their average egg production rate ($P<0.01$). Regarding egg quality, there was no significant difference between adding lard or palm oil and adding soybean oil ($P>0.05$). In terms of egg yolk fatty acid composition, the addition of lard and palm oil significantly decreased the content of egg yolk peanut oil acid (C20: 1) and heneicosanoic acid (C21: 0) ($P<0.05$), significantly reduced the content of polyunsaturated fatty acids (PUFA) ($P<0.01$), and signifi-

收稿日期: 2024-04-07; 修回日期: 2024-11-08

第一作者: 高江, 男, 博士研究生

* 通信作者: 马文强, 教授, 研究方向为畜禽应激生物学、铁稳态调控, E-mail: wq8110@njau.edu.cn。

cantly increased the content of monounsaturated fatty acids (MUFA) ($P < 0.01$), while the addition of lard significantly raised the content of egg yolk oleic acid (C18: 1n-9 (t9), C18: 1n-9 (c9)) ($P < 0.01$) and arachidonic acid (C20: 4n-6) ($P < 0.05$). Adding palm oil significantly increased the content of egg yolk saturated fatty acids (SFA) ($P < 0.01$) and myristic acid (C14: 0) ($P < 0.05$) in the hens, and significantly decreased their content of unsaturated fatty acids (USFA) ($P < 0.05$). In terms of blood biochemical indicators, the addition of lard and palm oil significantly lowered the concentration of alkaline phosphatase (ALP) ($P < 0.01$) and glucose (GLU) ($P < 0.05$) in the blood plasma of the laying hens, but adding palm oil significantly raised the concentration of alanine aminotransferase (ALT) ($P < 0.01$) in them. Different oil additives (lard and palm oil) significantly reduced the average egg weight and increased the feed to egg ratio, palm oil significantly increased the average egg production rate of laying hens. To sum up, different oil additives (lard and palm oil) to the diet of the laying hens significantly improved their fatty acid composition of egg yolk and significantly reduced their plasma alkaline phosphatase and glucose concentrations, but palm oil significantly raised the plasma alanine aminotransferase concentration in the hens.

Keywords: oil; laying hens; egg quality; yolk fatty acids; plasma biochemical parameters

油脂具有高能量值、丰富的营养和增强免疫力等优点^[1], 因而被广泛应用于畜牧养殖业中。畜牧养殖业中应用的油脂包括动物脂肪和植物脂肪。动物脂肪成分多为饱和脂肪酸, 在饲料中添加适当比例的饱和脂肪酸具有促进机体生长发育、提高生产性能等优点^[2]。植物脂肪成分多为不饱和脂肪酸, 具有抑制炎症、改善脂质代谢等多种功效^[3]。

鸡蛋是人类饮食中最有价值的蛋白质和脂肪来源之一。随着蛋鸡养殖业的迅速发展, 对蛋鸡生产性能的要求日益提高, 蛋鸡对日粮中的能量需求也随之增加。在蛋鸡日粮中添加油脂, 不仅能在满足饲料中的日常能量需求的同时, 还可以提高蛋鸡的营养吸收, 促进生产性能的提升, 改善蛋鸡的健康状况^[4]。饲料中的油脂比例变化会影响蛋鸡蛋黄的脂肪酸组成, 对鸡蛋的营养和风味有一定影响^[5-6]。大豆油作为一种天然植物性油脂, 富含不饱和脂肪酸亚麻酸和亚油酸, 并含有生育酚和植物甾醇, 不含胆固醇, 可有效延长蛋鸡产蛋高峰期^[7-8], 符合蛋鸡养殖大规模使用的要求, 也是目前蛋鸡养殖中较为常见的饲料油脂添加类型。猪油是一种价格低廉的动物脂肪, 在蛋鸡饲料中添加适量的猪油可提高蛋品质^[9]。与大豆油和猪油相比, 棕榈油中含有丰富的维生素 E 及生育三烯酚且不含胆固醇^[10], 此外, 棕榈油是全球第一大产量的植物油, 性状稳定, 价格具有竞争力^[11]。在蛋鸡日粮中添加一定量的棕榈油, 不仅可以改善蛋品质, 增加鸡蛋的营养价值, 而且还可以改善蛋鸡的肠道与生殖系统健康状况, 提高蛋鸡的生产性能^[12]。

目前, 大豆油在畜禽养殖业中已经得到广泛应用, 然而, 猪油和棕榈油的应用却相对较少。猪油和棕榈油有广泛的生物学作用和营养价值, 且具有节约成本的优势。本文在蛋鸡日粮中添加不同油脂, 旨在探讨其对海兰褐蛋鸡生产性能、蛋品质、血浆生化指标的影响, 为不同油脂在蛋鸡日粮中的应用提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 主要仪器和油脂

贝克曼高速离心机 (Optima L-80 XP, Beckman, USA), 自动生化分析仪 (Hitachi 7020, Tokyo Japan), 蛋壳强度测定仪 (WW-2A, Nanjing Soil Instrument Factory Co., Ltd., Nanjing, China), 多功能蛋品质分析仪 (EMT-5200, Robotmation Co., Ltd., Tokyo, Japan), 气相色谱仪 (GC-9A, Shimadzu, Japan), 气相色谱柱 (CP-Sil88, Agilent, USA)。大豆油、猪油、棕榈油由丰益 (上海) 生物技术研发中心有限公司提供。

1.2 试验设计

选取 252 只 330 日龄海兰褐蛋鸡, 采用单因子设计, 根据产蛋率随机分为大豆油组 (对照组)、猪油组和棕榈油组共 3 组, 每组 7 个重复, 每个重复 12 只。正式试验期为 8 周, 试验期间油脂添加量为 2%。畜舍温度保持在 25 ℃, 湿度保持在 55%~65%, 自由采食和饮水, 记录每周的采食量。采用玉米-豆粕型基础粉状饲料, 并参考美国《家禽营养需要》(NRC, 1994) 及我国 NY/T 33-2004《鸡饲养标准》进行饲料配方设计, 日粮组成及营养水平见表 1。

在第 8 周试验结束时, 每个组随机抽取 10 只鸡, 称重后肝素钠抗凝管采血, 3 000 r/min 离心 10 min 制备血浆, -20 ℃ 冰箱保存备用。蛋鸡屠宰后, 立即取出肝脏, 生理盐水冲洗, 滤纸吸干, 编号入塑料袋中迅速置冰箱保存备用。

1.3 测定指标

1.3.1 生产性能指标

试验期间记录每组各重复每天的采食量和剩余饲料重, 记录每组的产蛋数、蛋重, 试验结束后统计 8 周蛋鸡的平均采食量 (ADFI)、平均蛋重 (g)、料蛋比 (g/g) 及产蛋率 (%)。

表1 海兰褐蛋鸡日粮组成及营养水平

原料组成/%	对照组	猪油组	棕榈油组	营养成分 ³⁾	对照组	猪油组	棕榈油组
玉米	59.25	58.70	61.00	代谢能/(MJ·kg ⁻¹)	11.48	11.48	11.48
豆粕	23.00	23.10	22.70	粗蛋白/%	14.79	14.79	14.79
石粉	8.00	8.00	8.00	赖氨酸/%	0.75	0.75	0.75
预混料 ¹⁾	5.00	5.00	5.00	蛋氨酸/%	0.32	0.32	0.32
大豆油	2.00	0.00	0.00	(蛋氨酸+胱氨酸)/%	0.56	0.56	0.56
猪油	0.00	2.00	0.00	苏氨酸/%	0.57	0.57	0.57
棕榈油	0.00	0.00	2.00	异亮氨酸/%	0.60	0.60	0.60
载体 ²⁾	2.75	3.20	1.30	钙/%	3.87	3.87	3.87
				总磷/%	0.50	0.50	0.50
				非植酸磷/%	0.26	0.26	0.26

注: ¹⁾ 预混料为每千克日粮提供以下营养成分: 维生素 A 54 000 IU, 维生素 D₃ 13 500 IU, 维生素 E 135 mg, 维生素 K 4.2 mg, 维生素 B₁ 3.6 mg, 维生素 B₂ 27 mg, 维生素 B₃ 45 mg, 维生素 B₅ 180 mg, 维生素 B₆ 13.5 mg, 维生素 B₁₁ 1.2 mg, 维生素 B₁₂ 0.045 mg, 生物素 0.45 mg, Cu 40 mg, Fe 500 mg, Mn 500 mg, Zn 500 mg, Se 1.5 mg; ²⁾ 载体为碳酸氢钙与氯化钠, 成分比为 2:3; ³⁾ 营养水平为计算值。

1.3.2 蛋品质指标及营养指标

用蛋壳强度测定仪检测蛋壳强度, 单位为 kg·cm⁻²。

分别取鸡蛋大头、小头和中间部分蛋壳(剔除壳膜), 用螺旋测微仪分别测其厚度, 再取 3 点平均值, 即为蛋壳厚度。用多功能蛋品分析仪测定蛋壳指数、蛋白指数、蛋黄指数、蛋白高度、蛋黄颜色及哈夫单位。

脂肪的提取采用 Folch 法^[13], 皂化和甲酯化参照文献 [14] 的方法并进行改进, 气相色谱条件: CP-sil88 色谱柱 (50 m×0.25 mm, 0.20 μm); 载气为 99.999% 高纯氮, 60 kPa; 氢气纯度为 99.99%, 60 kPa; 空气压力为 50 kPa, 柱温 140~220 °C, 5 °C/min; 监测器温度 280 °C; 进样口温度 280 °C; 分流比 1/50。通过与标样滞留时间的比较确定未知脂肪酸的含量。结果用单个脂肪酸占总甲基化脂肪酸的百分比表示。

1.3.3 血浆生化指标

采用全自动生化分析仪测定血浆中谷草转氨酶、谷丙转氨酶、葡萄糖、碱性磷酸酶、甘油三酯、总胆

固醇、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇等血浆生化指标。所有指标所用试剂盒均购自四川迈克生物公司。

1.4 数据统计与分析

所有试验数据均采用 SPSS 27.0 进行单因素方差分析 (One-way ANOVA) 和采用邓肯式多重比较进行差异显著性检验, 结果以“平均值±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 添加不同油脂对蛋鸡生产性能的影响

如表 2 所示, 与添加大豆油 (对照组) 相比, 添加猪油可极显著降低平均蛋重 ($P<0.01$), 极显著增加料蛋比 ($P<0.01$); 添加棕榈油可极显著降低平均蛋重 ($P<0.01$), 极显著增加平均产蛋率以及料蛋比 ($P<0.01$)。

2.2 添加不同油脂对蛋品质及鸡蛋营养指标的影响

如表 3 所示, 与添加大豆油 (对照组) 相比, 添加猪油以及棕榈油对蛋品质均没有显著影响 ($P>0.05$)。

表2 不同油脂对蛋鸡生产性能的影响

项目	对照组	猪油组	棕榈油组	P 值
平均产蛋率/%	84.69±3.67 ^{Bb}	83.46±1.64 ^{Bb}	87.85±1.73 ^{Aa}	0.018
平均采食量/g	127.59±2.94	128.24±0.41	129.80±2.62	0.226
平均蛋重/g	63.20±0.94 ^{Aa}	61.84±0.77 ^{Bb}	61.79±0.84 ^{Bb}	0.009
料蛋比	2.02±0.05 ^{Bc}	2.07±0.01 ^{Ab}	2.10±0.03 ^{Aa}	0.002

注: 同行比较, 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 不同大写字母者表示差异极显著 ($P<0.01$)。下同。

表 3 不同油脂对鸡蛋品质的影响

项目	对照组	猪油组	棕榈油组	P 值
蛋壳重/g	8.63±0.15	8.67±0.17	8.63±0.22	0.988
蛋黄重/g	16.50±0.24	16.89±0.24	16.92±0.29	0.448
蛋白重/g	37.42±0.81	37.09±0.81	37.18±0.58	0.920
蛋壳指数/%	13.79±0.18	13.88±0.35	13.76±0.32	0.957
蛋白指数/%	59.76±0.42	59.12±0.49	59.26±0.46	0.569
蛋黄指数/%	26.45±0.42	27.00±0.34	26.98±0.34	0.464
蛋壳厚度/mm	0.31±0.01	0.31±0.01	0.31±0.01	0.764
蛋壳强度/(kg·cm ⁻²)	3.14±0.17	3.39±0.19	3.62±0.16	0.172
蛋白高度/mm	6.79±0.38	7.01±0.43	6.41±0.28	0.525
蛋黄评分	4.49±0.28	4.92±0.20	4.81±0.25	0.209
哈氏单位	79.98±2.73	81.24±3.01	78.19±1.95	0.719

如表 4 所示,与添加大豆油(对照组)相比,添加猪油可极显著增加蛋黄油酸(C18:1n-9(t9)、C18:1n-9(c9))、单不饱和脂肪酸(MUFA)含量($P<0.01$),显著增加花生四烯酸(C20:4n-6)含量($P<0.05$),但可极显著降低蛋黄亚油酸(C18:2n-6)、 γ -亚麻酸(C18:3n-6)、二十二碳六烯酸(C22:6)、多不饱和脂肪酸(包括n-3 PUFA)含量($P<0.01$),显著降低花生烯酸(C20:1)、二十一烷酸(C21:0)含量($P<0.05$);添加

棕榈油可极显著增加蛋黄饱和脂肪酸(SFA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)含量($P<0.01$),显著增加肉豆蔻酸(C14:0)含量($P<0.05$),极显著降低蛋黄 γ -亚麻酸(C18:3n-6)、二十二碳六烯酸(C22:6)、多不饱和脂肪酸(包括n-3 PUFA)含量($P<0.01$),显著降低花生烯酸(C20:1)、二十一烷酸(C21:0)和不饱和脂肪酸(USFA)含量($P<0.05$)。

表 4 不同油脂对蛋黄脂肪酸组成的影响

脂肪酸	对照组	猪油组	棕榈油组	P 值
肉豆蔻酸(C14:0)	0.26±0.01 ^b	0.29±0.01 ^{ab}	0.30±0.01 ^a	0.047
豆蔻油酸(C14:1)	0.05±0.01	0.06±0.00	0.05±0.01	0.684
十五烷酸(C15:0)	0.05±0.05	0.05±0.04	0.04±0.03	0.692
棕榈酸(C16:0)	23.26±0.39	23.80±0.34	24.40±0.42	0.147
棕榈油酸(C16:1)	2.82±0.25	2.90±0.11	2.61±0.19	0.569
十七烷酸(C17:0)	0.15±0.01	0.15±0.01	0.13±0.01	0.502
十七烷烯酸(C17:1)	0.13±0.01 ^{Aa}	0.14±0.01 ^{Aa}	0.10±0.01 ^{Bb}	0.002
硬脂酸(C18:0)	7.00±0.27	7.40±0.13	7.60±0.12	0.097
油酸(C18:1n-9(t9))	0.12±0.01 ^{Bb}	0.14±0.01 ^{Aa}	0.13±0.01 ^{Aa}	0.014
油酸(C18:1n-9(c9))	42.90±0.66 ^{Bb}	54.82±0.74 ^{Aa}	46.88±0.88 ^{Aa}	0.006
亚油酸(C18:2n-6)	16.48±0.84 ^{Aa}	12.51±0.78 ^{Bb}	11.57±0.77 ^{Bb}	0.001
γ -亚麻酸(C18:3n-6)	0.15±0.01 ^{Aa}	0.09±0.01 ^{Bb}	0.08±0.01 ^{Bb}	0.021
花生烯酸(C20:1)	0.46±0.11 ^a	0.24±0.01 ^b	0.25±0.01 ^b	0.042
亚麻酸(C18:3n-3)	0.40±0.15	0.34±0.03	0.21±0.01	0.240
二十一烷酸(C21:0)	0.09±0.03 ^a	0.04±0.00 ^b	0.03±0.00 ^b	0.028
花生二烯酸(C20:2)	0.09±0.03	0.11±0.01	0.10±0.01	0.666
花生三烯酸(C20:3n-6)	0.04±0.01	0.04±0.00	0.03±0.00	0.251
芥酸(C22:1n-9)	0.11±0.00	0.11±0.00	0.11±0.01	0.945
花生四烯酸(C20:4n-6)	1.15±0.24 ^b	1.31±0.04 ^a	1.25±0.06 ^{ab}	0.047

续表4

脂肪酸	对照组	猪油组	棕榈油组	P 值
二十二碳六烯酸 (C22: 6)	0.42±0.02 ^A	0.36±0.01 ^B	0.26±0.01 ^C	0.001
饱和脂肪酸 (SFA)	30.80±0.04 ^{Bc}	31.71±0.45 ^{Ab}	32.51±0.37 ^{Aa}	0.032
不饱和脂肪酸 (USFA)	65.24±0.32 ^a	64.17±0.41 ^{ab}	63.64±0.42 ^b	0.031
单不饱和脂肪酸 (MUFA)	46.59±0.67 ^{Bb}	49.40±0.80 ^{Aa}	50.15±0.85 ^{Aa}	0.014
多不饱和脂肪酸 (PUFA)	18.64±0.79 ^{Aa}	14.77±0.86 ^{Bb}	13.50±0.85 ^{Bb}	0.001
n-3 不饱和脂肪酸 (n-3 PUFA)	17.80±0.87 ^{Aa}	13.96±0.82 ^{Bb}	12.93±0.83 ^{Bb}	0.002
n-6 饱和脂肪酸 (n-6 PUFA)	0.76±0.14	0.70±0.04	0.46±0.04	0.057
n-3/n-6	28.65±6.03	19.86±0.41	27.49±1.28	0.244

注: 1) SFA = C14; 0+C15; 0+C16; 0+C17; 0+C18; 0+C21; 0; USFA = C14; 1+C16; 1+C17; 1+C18; 1n-9+C18; 2n-6+C18; 3n-6+C20; 1+C18; 3n-3+C20; 2+C20; 3n-6+C22; 1n-9+C20; 4n-6+C22; 6; MUFA = C14; 1+C16; 1+C17; 1+C18; 1n-9+C22; 1n-9+C20; 1; PUFA = C18; 2n-6+C18; 3n-6+C18; 3n-3+C20; 2+C20; 3n-6+C20; 4n-6+C22; 6; n-6 PUFA = C18; 2n-6+C18; 3n-6+C20; 3n-6+C20; 4n-6; n-3 PUFA = C18; 3n-3+C22; 6。

2) 同行比较, 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

2.3 添加不同油脂对蛋鸡血浆生化指标的影响

如表 5 所示, 与添加大豆油 (对照组) 相比, 添加猪油可极显著降低蛋鸡血浆碱性磷酸酶浓度 ($P < 0.01$), 显著降低蛋鸡血浆葡萄糖浓度 ($P <$

0.05); 添加棕榈油可极显著升高血浆谷丙转氨酶浓度 ($P < 0.01$), 但可极显著降低蛋鸡血浆碱性磷酸酶浓度 ($P < 0.01$), 显著降低血浆葡萄糖浓度 ($P < 0.05$)。

表 5 不同油脂对蛋鸡血浆生化指标的影响

指标	对照组	猪油	棕榈油	P 值
谷丙转氨酶/ (U · L ⁻¹)	3.90±0.43 ^{Bb}	4.00±0.47 ^{Bb}	7.00±0.57 ^{Aa}	0.001
谷草转氨酶/ (U · L ⁻¹)	152.90±4.72	146.10±11.12	150.00±11.49	0.882
葡萄糖/ (mmol · L ⁻¹)	19.36±0.42 ^a	16.90±0.92 ^b	17.32±0.62 ^b	0.038
总胆固醇/ (mmol · L ⁻¹)	2.68±0.23	2.28±0.24	2.32±0.32	0.505
甘油三酯/ (mmol · L ⁻¹)	7.13±1.46	8.26±2.25	8.18±1.54	0.885
高密度脂蛋白胆固醇/ (mmol · L ⁻¹)	1.43±0.13	1.12±0.14	1.12±0.16	0.216
低密度脂蛋白胆固醇/ (mmol · L ⁻¹)	0.35±0.05	0.30±0.05	0.33±0.06	0.761
碱性磷酸酶/ (U · L ⁻¹)	609.70±92.72 ^{Aa}	361.33±70.11 ^{Bb}	230.25±11.00 ^{Bc}	0.004

3 讨论

动物饲料中的油脂是一种较为经济的饲料能量来源, 具有适口性好、热增耗低、饲料利用率高和提供必需脂肪酸等优点^[15]。脂类是动物体的重要组成部分, 其中胆固醇不仅是生物体细胞膜的组成成分, 也是维生素 D、类固醇激素和胆汁酸等的前体物质, 对机体的生命活动具有重要作用^[16]。对蛋鸡来说, 鸡蛋内的脂类物质主要由机体自身内源性合成^[17], 在蛋鸡饲料中添加油脂, 可以增加其能量密度, 保持热量与蛋白质的比例, 提高饲料的适口性, 并改变蛋黄的脂肪酸特性^[18]。大豆油脂是目前国内家禽饲料添加最常用的油脂, 然而, 近些年来, 猪油与棕榈油由于其价格相对优势明显, 也逐渐应用于家禽养殖中。

蛋鸡的生产性能高低和蛋品质的优劣是影响蛋鸡养殖效益的关键^[19]。蛋鸡的生产性能受多种因素的影响, 比如饲料质量以及鸡的周龄、品种、健康状况等^[20], 蛋品质的评价指标包括蛋白高度、蛋壳厚度、蛋黄评分、哈夫单位、蛋壳强度等^[21], 除此以外, 鸡蛋的营养指标也是蛋品质的评价标准之一^[22]。在本试验中, 大豆油组的生产性能比猪油组和棕榈油组的生产性能更优越, 这主要是由于大豆油中含有大量的不饱和脂肪酸, 能为蛋鸡提供必需脂肪酸, 同时, 促进脂溶性维生素和类胡萝卜素在肠道内的吸收、利用及转运, 从而减轻夏季热应激造成的不良影响, 改善生产性能^[23]。然而添加猪油会加速蛋鸡脂肪肝的形成, 降低蛋鸡的生产性能, 并改变蛋黄中的脂类组成^[24], 降低了产蛋率与平均蛋重。棕榈油是一种饱

和脂肪酸和不饱和脂肪酸含量均衡的油脂,其中含50%的饱和脂肪酸、40%的单不饱和脂肪酸和10%的多不饱和脂肪酸,家禽体内对不饱和脂肪酸的吸收效率要高于饱和脂肪酸^[25],这一特性影响了棕榈油在家禽体内的利用率,并且棕榈油富含胡萝卜素、维生素E、角鲨烯等功能性活性成分,是其他2种油脂所不具备的,从而对生产性能及蛋品质造成了一定的影响。研究表明,在日粮中添加1%大豆油对生产性能没有显著影响,但显著降低次蛋率^[26];添加2%猪油显著增加蛋黄SFA水平,显著提高蛋黄颜色及蛋白品质^[27-29];添加1%~3%的棕榈油,可显著提高蛋鸡的生产性能,并且显著改善蛋品质,提高鸡蛋营养价值^[30-32]。以上研究报道中的油脂添加量与本试验中的油脂添加量大致相同,但由于蛋鸡日龄与品种的不同,导致结果略有差异,本试验中,各油脂的添加比例均为2%。因此,适当的油脂比例和类型对提高蛋鸡的生产性能、蛋品质尤为重要。

鸡蛋中具有很高的营养价值,其中蛋黄富含脂溶性维生素、单不饱和脂肪酸以及磷、铁等微量元素,对机体健康有多种益处^[33]。此外,蛋黄中的脂肪酸组成对鸡蛋的味道有显著的影响^[34]。研究表明,富含n-3脂肪酸的饲料可以增加鸡蛋中n-3脂肪酸的含量,因此,可以通过饲料配方来调整蛋黄的脂肪酸组成和含量^[35]。本试验中添加的三类油脂,其中大豆油的主要脂肪酸成分油酸占比22%~30%,亚油酸占比50%~60%;猪油中的主要脂肪酸成分油酸占比41%~45%,棕榈酸占比26%~32%;而棕榈油的主要脂肪酸与猪油中的脂肪酸成分大致相同,但其成分占比略有不同,棕榈酸占比44%,油酸占比40%,3种油脂脂肪酸含量不同,从而影响了本试验蛋黄的脂肪酸组成与含量^[36-38]。蛋鸡饲料中添加的植物油脂,通常是亚麻酸和亚油酸,这是鸟类的必需脂肪酸(EFAs),亚麻酸缺乏阻碍了蛋鸡的生长发育,降低了生产性能,而亚油酸则直接沉积在蛋黄中,从而通过增加蛋黄的重量来增加鸡蛋的重量^[39]。饲料中添加大豆油增加了蛋黄中的n-3/n-6 PUFA的比值,而这一增加主要是由于n-3 PUFA含量的增加^[40],蛋鸡饲料中添加大豆油会显著提高蛋黄中的长链不饱和脂肪酸的含量^[41]。在蛋鸡饲料中添加猪油,显著增加蛋黄中的总脂肪酸含量,并显著提高了蛋黄中C18:1n9c、C16:0以及C18:2n6c含量^[42]。棕榈油的添加降低了蛋黄甘油三酯水平,显著提高蛋黄MUFA的含量,并且蛋黄中PUFA的含量随着饲料中棕榈油含量的增加而降低,而SFA保持不变^[43]。饲喂含棕榈油的日粮,显著增加蛋黄油酸含量,降低蛋黄棕榈酸含量,并显著提高n-3/n-6 PUFA的比值,

改善n-9脂肪酸的沉积^[44]。单一类型的脂肪酸在蛋鸡日粮中的添加对蛋黄脂肪酸成分的影响有限,添加混合脂肪酸其效果会更加显著。

血浆中含有大量离子、机体代谢物、糖类、脂类等,其生化指标不仅可以反映各组织器官的状态,还能间接展现机体的健康状况^[45]。血清中谷草转氨酶和谷丙转氨酶水平经常被用来评估蛋鸡肝脏组织的通透性及肝功能,在蛋鸡日粮中添加大豆油和猪油能有效地缓解肝脏氧化损伤^[46],而添加棕榈油的效果不明显,与棕榈油在蛋鸡体内的吸收和利用效率不佳有关。研究发现,日粮添加1%的大豆油可显著提高血清碱性磷酸酶的浓度,从而促进体内钙磷吸收^[47],与本试验的结果大致相同;添加猪油和棕榈油的效果与添加大豆油的效果相反,主要原因是所含不饱和脂肪酸含量存在差异。在日粮中添加猪油和棕榈油,显著降低了血清甘油三酯含量,影响了机体的脂质合成和转运^[48]。高密度脂蛋白(HDL)是由脂质和蛋白质及其所携带的调节因子组成的复杂脂蛋白,而低密度脂蛋白(LDL)的主要功能是将胆固醇转运到肝外组织细胞。HDL、LDL反映脂类在体内的分解和转运状况,日粮中添加的油脂类型和含量影响血脂水平,添加富含多不饱和脂肪酸的油脂可降低血液胆固醇水平^[49-50]。葡萄糖参与了体内许多代谢调控过程,其在血液中的浓度受到复杂机制的精确调控。富含n-3多不饱和脂肪酸的油脂摄入可以有效调节糖脂代谢^[51]。以上研究结果与本试验大致相同,但由于蛋鸡品种、日龄及油脂添加量差异,对蛋鸡影响略有不同。

添加适当比例的大豆油对提高蛋鸡的生产性能和改善鸡蛋营养价值是有益的。相较之下,猪油和棕榈油虽有其独特的营养特性,但在实际应用中可能需要更加精细的管理,以避免产生负面的影响。在未来的日粮配方设计中,大豆油可以作为重要的脂肪酸来源,但研究人员和生产者仍需在使用猪油和棕榈油时考虑其对蛋鸡脂质代谢可能产生的影响。大豆油作为一种提供必需脂肪酸的优质添加剂,有助于平衡蛋黄脂肪酸的组成,增强蛋黄的营养价值,同时提供最佳的抗炎效果。与之相比,猪油和棕榈油中高比例的饱和脂肪酸虽然提供了特定的味道和口感,但对脂质代谢和产蛋性能有不同程度的负面效应。抗氧化方面,大豆油显著降低脂质的过氧化损伤,与此同时,增加碱性磷酸酶浓度,促进钙磷的吸收。在猪油添加组,虽然也表现出一定的抗氧化效果,但由于受高含量的饱和脂肪酸影响,并未如大豆油那样显著。棕榈油对血脂水平有一定的影响并改善肠道微生态环境,但由于其高饱和脂肪酸含量,需要考虑配合使用其他类型

的脂肪酸来平衡其影响。

4 结论

本研究表明,添加猪油或棕榈油可显著减低蛋鸡平均蛋重,并显著增加料蛋比,对蛋品质没有显著影响,但显著改善蛋黄脂肪酸组成,显著降低血浆碱性磷酸酶和葡萄糖浓度;添加棕榈油显著增加平均产蛋率,显著升高血浆谷丙转氨酶浓度。

参考文献:

- [1] PALOMAR M, SOLER M D, ROURA E, et al. Degree of saturation and free fatty acid content of fats determine dietary preferences in laying hens [J]. *Animals (Basel)*, 2020, 10 (12): 2437.
- [2] 王远孝, 张莉莉, 王恬. 不同油脂配比对黄羽肉鸡生产性能、屠宰性能和器官指数的影响 [J]. *粮食与饲料工业*, 2010 (2): 42-45.
- [3] AHMAD S, AHSAN H, YOUSAF M, et al. Response of laying hens to omega-3 fatty acids for performance and egg quality [J]. *Avian Biology Research*, 2012, 5 (1): 1-10.
- [4] KIM J H, LEE H K, YANG T S, et al. Effect of different sources and inclusion levels of dietary fat on productive performance and egg quality in laying hens raised under hot environmental conditions [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2019, 32 (9): 1407-1413.
- [5] AJUYAH A O, LEE K H, HARDIN R T, et al. Changes in the yield and in the fatty-acid composition of whole carcass and selected meat portions of broiler-chickens fed full-fat oil seeds [J]. *Poultry Science*, 1991, 70 (11): 2304-2314.
- [6] 冯嘉, 张海军, 武书庚, 等. 日粮中添加亚麻籽油对鸡蛋脂肪酸组成和风味的影响 [J]. *中国畜牧兽医*, 2018, 45 (10): 2733-2742.
- [7] BATKOWSKA J, DRABIK K, BRODACKI A, et al. Fatty acids profile, cholesterol level and quality of table eggs from hens fed with the addition of linseed and soybean oil [J]. *Food Chemistry*, 2021, 334: 127612.
- [8] ZAABOUL F, ZHAO Q L, XU Y J, et al. Soybean oil bodies: a review on composition, properties, food applications, and future research aspects [J]. *Food Hydrocolloids*, 2022, 124: 107296.
- [9] 郜周阳, 徐桂云, 杨静, 等. 日粮中添加不同油脂对鸡蛋工艺特性及质构指标的影响 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13 (15): 4891-4898.
- [10] SAMINATHAN M, MOHAMED W, NOH A, et al. Potential of feeding crude palm oil and co-products of palm oil milling on laying hens' performance and egg quality: a review [J]. *Journal of Oil Palm Research*, 2020, 32 (4): 547-558.
- [11] 胡明明, 季敏, 马银辉, 等. 马来西亚棕榈油在食品和饲料中的应用及油棕行业可持续发展的研究进展 [J]. *中国油脂*, 2021, 46 (8): 123-130.
- [12] 郝志磊, 张燕兵, 李可明. 日粮中添加红棕榈油对蛋鸡生产性能和蛋品质的改善研究 [J]. *家禽科学*, 2020, 307 (5): 16-19.
- [13] FOLCH J M S, LEES M, SLOANE STANLEY G H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1957, 22 (1): 24-36.
- [14] 黄进. 大豆磷脂对 AA 肉鸡脂肪代谢及肉品质影响的研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2008.
- [15] 梁霜, 徐生良, 丁琳, 等. 不同来源油脂对蛋鸡生产性能和脂质代谢的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2022, 58 (7): 220-224.
- [16] 李平华, 黄阳, 贺丽春, 等. 不同来源油脂及剂量对仔猪生长性能和血清脂质指标以及肝脏胆固醇代谢的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2017, 40 (4): 710-717.
- [17] 刘洋, 周振雷. 丁酸钙对蛋鸡脂质代谢及其相关基因表达的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2022, 45 (4): 736-742.
- [18] ZAAZAA A, SABBAH M, OMAR J A. Effects of oil source on egg quality and yolk fatty acid profile of layer hens [J]. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 2022, 24 (2): 1-8.
- [19] 王晓慧, 辛世杰, 安婷婷, 等. 日粮中维生素 E、C 和大豆油对高温期蛋鸡生产性能的影响及最佳添加水平 [J]. *中国饲料*, 2018, 608 (12): 65-69.
- [20] 王瑜铭, 余冰, 张金伟, 等. 以猪油为日粮能量来源并添加盐酸二甲双胍对产蛋鸡脂质代谢和生产性能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2010, 22 (5): 1382-1389.
- [21] SMINK W, GERRITS W J J, HOVENIER R, et al. Fatty acid digestion and deposition in broiler chickens fed diets containing either native or randomized palm oil [J]. *Poultry Science*, 2008, 87 (3): 506-513.
- [22] 王振宇, 杨选将, 刘盛南, 等. 日粮添加大豆油对低产蛋鸡生产性能、蛋品质和生化指标的影响 [J]. *家禽科学*, 2015 (8): 3-7.
- [23] 张雅岚, 程雪, 高清, 等. 均衡油脂对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响 [J]. *中国家禽*, 2020, 42 (7): 36-39.
- [24] 宋益贞, 陈杰, 黄金玉, 等. 饲料油脂对产蛋鸡生产性能、蛋品质及健康的影响 [J]. *中国家禽*, 2020, 42 (2): 85-93.
- [25] DAMAZIAK K, RIEDEL J, GOZDOWSKI D, et al. Productive performance and egg quality of laying hens fed diets supplemented with garlic and onion extracts [J]. *Journal of Applied Poultry Research*, 2017, 26 (3): 337-349.
- [26] ZHOU L, DING X M, WANG J P, et al. Ageing corn results in the pale-coloured egg yolks with decreased polyunsaturated fatty acids [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2019, 256: 114242.
- [27] LATOUR M A, PEEBLES E D, BOYLE C R, et al. Broiler breeder age and dietary fat influence the yolk fatty acid profiles of fresh eggs and newly hatched chicks [J]. *Poultry Science*, 1998, 77 (1): 47-53.
- [28] CACHALDORA P, GARCIA-REBOLLAR P, ALVAREZ C, et al. Effect of type and level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acids retention efficiency in laying hens [J]. *British Poultry Science*, 2006, 47 (1): 43-49.
- [29] 刘伟. 饲用不同种类油脂对蛋鸡生产性能、蛋品质及脂质代谢的影响 [D]. 杭州: 浙江大学, 2020.
- [30] PUNITA A, CHATURVEDI A. Effect of feeding crude red palm oil (*Elaeis guineensis*) and grain amaranth (*Amaranthus paniculatus*) to hens on total lipids, cholesterol, PUFA levels and acceptability of

- eggs [J]. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2000, 55 (2): 147-157.
- [31] LOGANATHAN R, SUBRAMANIAM K M, RADHAKRISHNAN A K, et al. Health-promoting effects of red palm oil: evidence from animal and human studies [J]. *Nutrition Reviews*, 2017, 75 (2): 98-113.
- [32] AREEROB P, DAHLAN W, ANGKANAPORN K. Dietary crude palm oil supplementation improves egg quality and modulates tissue and yolk vitamin E concentrations of laying hen [J]. *Animal Production Science*, 2019, 59 (8): 1491-1500.
- [33] 李俊营, 詹凯, 吴俊锋, 等. 不同储藏方式对鸡蛋品质的影响 [J]. *家畜生态学报*, 2012, 33 (1): 47-49.
- [34] YANG P, ZHENG Y Y, YOU M C, et al. Characterization of key aroma-active compounds in four commercial egg flavor Sachimas with differing egg content [J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2019, 43 (12): 13040.
- [35] CHEN X, DU X, SHEN J L, et al. Effect of various dietary fats on fatty acid profile in duck liver: efficient conversion of short-chain to long-chain omega-3 fatty acids [J]. *Experimental Biology and Medicine*, 2017, 242 (1): 80-87.
- [36] 曹君. 不同脂肪酸结构食用油的氧化规律及其动力学研究 [D]. 南昌: 南昌大学, 2015.
- [37] 刘敏, 王卓铎, 孙广文, 等. 棕榈油的营养价值及其在水产养殖中的应用 [J]. *广东饲料*, 2021, 30 (9): 32-39.
- [38] 邹晴晴. 低胆固醇猪油曲奇饼干的研制及其货架期预测 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2017.
- [39] KRALIK G, KRALIK Z, GRCEVIC M, et al. Fatty acid profile of eggs produced by laying hens fed diets containing different shares of fish oil [J]. *Poultry Science*, 2021, 100 (10): 101379.
- [40] MAZALLI M R, FARIA D E, SALVADOR D, et al. A comparison of the feeding value of different sources of fat for laying hens; 2. Lipid, cholesterol, and vitamin E profiles of egg yolk [J]. *Journal of Applied Poultry Research*, 2004, 13 (2): 280-290.
- [41] ELKIN R G, YING Y, HARVATINE K J. Feeding laying hens stearidonic acid-enriched soybean oil, as compared to flaxseed oil, more efficiently enriches eggs with very long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, 63 (10): 2789-2797.
- [42] FILARDI R D, JUNQUEIRA O M, LAURENTIZ A C, et al. Influence of different fat sources on the performance, egg quality, and lipid profile of egg yolks of commercial layers in the second laying cycle [J]. *Journal of Applied Poultry Research*, 2005, 14 (2): 258-264.
- [43] DONG S, XIA H, WANG F, et al. The effect of red palm oil on vitamin a deficiency: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Nutrients*, 2017, 9 (12): 1281.
- [44] HOSSEINI VASHAN S J, AFZALI N, GOLIAN A, et al. Comparison of yolk fatty acid content, blood and egg cholesterol of hens fed diets containing palm olein oil and kilka fish oil [J]. *African Journal of Biotechnology*, 2011, 10 (51): 10484-10490.
- [45] 高江. 姜黄素对蛋鸡蛋品质及肝脏脂质代谢的影响及机制研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2020.
- [46] 刘卫军, 郭永丰, 靳小惠, 等. 热应激条件下补充不同油脂对蛋鸡生产性能、蛋品质及血清生化指标的影响 [J]. *中国饲料*, 2021, 684 (16): 26-29.
- [47] GAO Z, ZHANG J, LI F W, et al. Effect of oils in feed on the production performance and egg quality of laying hens [J]. *Animals*, 2021, 11 (12): 3482.
- [48] 从琪华. 饲料添加不同配比的大豆油和棕榈油对肉鸡生产性能、肠道屏障和微生物的影响 [D]. 南昌: 江西农业大学, 2022.
- [49] 王斯琦, 唐朝克. 高密度脂蛋白组成成分对心血管疾病的影响 [J]. *生理科学进展*, 2017, 48 (5): 365-369.
- [50] 张丽英, 王宝维. 含红花籽油日粮中添加不同比例鱼油对蛋黄中多聚不饱和脂肪酸及胆固醇含量的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 1997, 33 (6): 35-37.
- [51] LIU H C, WANG F, LIU X S, et al. Effects of marine-derived and plant-derived omega-3 polyunsaturated fatty acids on erythrocyte fatty acid composition in type 2 diabetic patients [J]. *Lipids in Health and Disease*, 2022, 21: 20.