

试验研究

芪枣提取物对余干乌骨鸡蛋品质、脂质代谢和血清抗氧化指标的的影响

吕宏伟^{1,2}, 贺亚媚¹, 唐艳强³, 李思明³, 范志勇²

(1. 汉中职业技术学院, 陕西 汉中 723000; 2. 湖南农业大学动物科学技术学院;
3. 江西省农业科学院畜牧兽医研究所)

摘要:本试验旨在研究芪枣提取物对余干乌骨鸡蛋品质、脂质代谢和血清抗氧化指标的影响。试验选用 240 日龄体况良好的余干乌骨鸡 120 只, 随机分成 4 个组, 每个组 6 个重复, 每个重复 5 只鸡。对照组饲喂基础日粮, 试验组在基础日粮中分别添加 100、200 和 400 mg/kg 芪枣提取物, 试验期为 56 d。结果表明: (1) 余干乌骨鸡蛋壳黄度随芪枣提取物水平的增加呈线性增加 ($P < 0.05$), 哈氏单位、蛋黄指数和蛋壳红度呈二次曲线变化 ($P < 0.05$), 其他蛋品质指标各组之间无显著差异。 (2) 饲料中添加芪枣提取物对余干乌骨鸡血清的甘油三酯、总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇无显著差异。 (3) 芪枣提取物对余干乌骨鸡蛋黄胆固醇含量无影响。 (4) 余干乌骨鸡卵巢中 VLDLR 和肝脏中 HMGR 基因表达水平随芪枣提取物添加水平的增加呈二次曲线变化 ($P < 0.05$)。 (5) 余干乌骨鸡血清中 CAT、T-AOC 和 MDA 含量随芪枣提取物水平的增加呈二次曲线变化 ($P < 0.05$)。由此可见, 饲料中添加芪枣提取物能够提高余干乌骨鸡的抗氧化能力, 并通过调节血清中脂肪代谢和抑制 HMGR、VLDLR 基因表达水平来调控蛋黄胆固醇的含量, 最佳添加量是 200 mg/kg。

关键词: 余干乌骨鸡; 蛋品质; 脂质代谢; 蛋黄胆固醇含量; 血清抗氧化

[中图分类号] S831.5 [文献标识码] A [文章编号] 1004-6704(2023)05-0001-06

Effects of Qizao Extract on Egg Quality, Lipid Metabolism and Serum Antioxidant Index of Yugan Silky Chicken

LV Hongwei^{1,2}, HE Yamei¹, TANG Yanqiang³, LI Siming³, FAN Zhiyong²

(1. Hanzhong Vocational and Technical College, Hanzhong Shaanxi 723000, China; 2. College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University; 3. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences)

Abstract: The purpose of this experiment was to study the effects of Qizao extract on egg quality, lipid metabolism and serum antioxidant indexes of Yugan silky chickens. 120 240-day-old Yugan silky chickens in good body condition were selected for the experiment and randomly divided into 4 groups with 6 replicates in each group and 5 chickens in each replicate. The control group was fed the basal diet. The experimental group added 100, 200 and 400 mg/kg of Qizao extract to the basal diet, respectively. The test period was 56 days. The results showed that: (1) The eggshell yellowness of Yugan silky chicken increased linearly with the increase of Qizao extract ($P < 0.05$), and Haugh unit, egg yolk index and eggshell redness changed quadratically ($P < 0.05$), there were no significant differences among the other egg quality indexes among the groups. (2) Adding Qizao extract to diet had no significant difference on serum triglyceride, total cholesterol, high-density lipoprotein cholesterol and low-density lipoprotein cholesterol of Yugan silky chicken. (3) Qizao extract had no effect on the cholesterol content of Yugan black-bone egg yolk. (4) The expression levels of VLDLR in Yugan silky chicken ovary and HMGR in liver showed a quadratic curve with the increase of Qizao extract ($P < 0.05$). (5) The content of CAT, T-AOC and MDA in Yugan silky chicken serum showed a quadratic curve with the increase of Qizao extract ($P < 0.05$). It can be seen that adding Qizao extract to

[收稿日期] 2023-04-18

[基金项目] 陕西省教育厅 2019 年度专项科学研究计划《酸败油脂及抗氧化剂对肉鸡生产性能、抗氧化体系及器官发育的影响》(19JK0052)

[作者简介] 吕宏伟(1994-), 男, 陕西汉中, 硕士, 助教, 研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: 2445887474@qq.com

the diet can improve the antioxidant capacity of Yugan silky chickens, and regulate the content of egg yolk cholesterol by regulating the fat metabolism in serum and inhibiting the expression levels of HMGR and VLDLR genes. The optimal addition amount is 200 mg/kg.

Key words: Yugan silky chicken; egg quality; lipid metabolism; egg yolk cholesterol content; serum antioxidant

据资料显示,我国 2017 年人均鸡蛋占有量约为 18.77 kg/年,消费总量达到世界鸡蛋消费量的 40%,鸡蛋已成为我国居民饮食结构中不可缺少的组成部分。随着人们对于健康生活的关注,消费者对鸡蛋品质提出了更高要求,寻求健康绿色的养殖技术、应用无抗饲料是蛋鸡养殖发展的重要出路。中草药因具有药食同源的属性,不仅可有效提高动物的抗逆能力和生产性能,还可调节机体代谢、有效改善肉蛋品质,逐渐在畜禽养殖环节中被广泛推广。余干乌骨鸡因产于江西省余干县而得名,属药蛋兼用的地方品种,具有抗病力强、耗料量低、营养价值高等特点,但由于其产蛋性能不足,制约了余干乌骨鸡产业的发展。鉴此,本试验以余干乌骨鸡为试验对象,研究黄芪、大枣和杜仲干燥提炼而成的芪枣提取物对产蛋高峰期余干乌骨鸡蛋品质、脂质代谢和血清抗氧化力的影响,并对其鸡蛋胆固醇含量及相关基因表达进行评估,为余干乌骨鸡的规模化、商品化养殖提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

根据芪枣提取物添加水平(0、100、200、400 mg/kg),设计 4 个饲料处理,选择同一鸡舍、产蛋率相近、体重相近、体况良好的 240 日龄的余干乌骨鸡 120 只随机分入 4 个饲料处理,每个处理组 6 个重复,每个重复 5 只鸡,对照组饲喂参考《鸡饲养标准》(NY/T 33—2004)配置的基础饲料,表 1。试验期 56 d。

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础) %

日粮组成	含量	营养水平	含量
玉米	66.5	代谢能/(MJ/kg)	12.3
豆粕	24.00	粗蛋白质	16.16
菜籽粕	3.00	钙	3.5
磷酸氢钙	1.50	总磷	0.59
石粉	6.50	有效磷	0.37
大豆油	1.00	赖氨酸	0.77
预混料	4.00	蛋氨酸	0.36
合计	100		

注:预混料是每千克饲料提供维生素:VA 2500IU,VD3 2500 IU,VE 18.75 mg,VK3 2.65 mg,VB1 2 mg,VB2 6mg,VB12 0.025 mg,生物素 0.0325 mg,叶酸 1.25 mg,泛酸 12 mg,烟酸 50 mg,Cu 9 mg,Fe 50 mg,Zn 85 mg,Mn 100 mg,Se 0.3 mg;营养水平均为计算值。

1.2 试验材料

饲料:由江西省农业科学院畜牧兽医研究所提供。芪枣提取物:由黄芪、大枣和杜仲按照 3:2:1 的比例配比,经干燥和提炼而成,经检测,总黄酮含量 1.84 mg/kg、粗多糖 63.27 mg/kg、总皂苷 7.24 mg/kg。主要试剂:胆固醇试剂盒(A111-1-1/南京建成)、Trizol 试剂盒(美国 Invitrogen 公司);反转录试剂盒(TaKaRa 公司)。

主要仪器:蛋形指数测定仪(以色列 NFN 385)、数显型游标卡尺、蛋壳强度分析仪(以色列 ORKA)、多功能蛋品质检测仪、蛋黄分离器、罗氏比色扇、荧光灯。低温离心机(5430 R Eppendorf);全自动生化分析仪(BS-200,迈瑞医疗国际股份有限公司)。

1.3 检测指标

1.3.1 蛋品质指标测定 收集实验末期最后三天的蛋,每个重复随机选 5 个进行蛋品质检测。使用的仪器:多功能蛋品质分析仪(EA-01,ORKA/以色列),蛋壳强度测定仪(EFR-01,ORKA/以色列),游标卡尺,罗氏比色扇。

1.3.2 血清中脂肪代谢指标测定 试验结束时,每个重复随机选取 1 只鸡空腹进行翅静脉采血 5 mL,倾斜采血管,静置 30 min 后,于 3 000 r/min 离心 10 min,吸取上清液 1.0~1.5 mL,注入 1.5 mL 离心管中,血清胆固醇(TC)、TG、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量等用全自动生化分析仪(BS-200,迈瑞医疗国际股份有限公司)测定。

1.3.3 蛋黄胆固醇含量测定 蛋品质测完后分离蛋黄称重,按重量(g):体积(mL)=1:9 比例,加入 9 倍体积的酒精稀释,机械匀浆,用离心机 2 500 r/min 离心 10 min,取上清液,再用胆固醇试剂盒(A111-1-1)测定蛋黄胆固醇含量。

1.3.4 组织中胆固醇代谢相关基因表达指标测定

试验结束时,每个重复随机选取 3 只鸡进行肝脏和卵巢组织采集,并放进液氮罐中保存。按照 Trizol 试剂盒(美国 Invitrogen 公司)的操作方法分别提取肝脏和卵巢组织的总 RNA,再按照反转录试剂盒(TaKaRa)操作方法将 mRNA 反转录 cDNA,内参为甘油醛-3-磷酸脱氢酶(GAPDH),用反转录 PCR(RT-PCR)法测定蛋鸡肝脏中 3-羟-3-甲基戊二酸单酰辅酶 A 还原酶(HMGR)和卵巢中极低密度脂蛋白受体(VLDLR)基因表达水平。引物序列见表 2。

1.3.5 血清抗氧化指标测定 测定试验结束时用相应试剂盒测定(南京建成生物工程研究所)蛋鸡血

清中的超氧化物歧化酶(T-SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GPX)、总抗氧化能力(T-AOC)、丙二醛

(MDA),以上测定均严格按照试剂盒的操作说明进行。

表 2 引物序列

基因	序列(5'-3')	产物大小/bp
3-羟-3-甲基戊二酸单酰辅酶 A 还原酶 HMGR	F:GAGGACCCAGCCAACCTTGA R:ATCGCACACTTGACTCCCTG	86
极低密度脂蛋白受体 VLDLR	F:AGATGTGGAGGATTCAACATCAGT R:GAAGAACAGCCCAAGCTCCT	79
甘油醛-3-磷酸脱氢酶 GAPDH	F:AGGCGAGATGGTGAAAGTCG R:GACTTTGCCAGAGAGGACGG	105

1.3.6 数据统计及分析 数据用 Excel 完成处理后,采用 SPSS 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA)及线性(linear)与二次(quadratic)回归分析,若组间差异显著,则采用 Duncan 氏法进行多重比较,以 $P < 0.05$ 为差异显著。试验结果以“平均

数±标准差”表示。

2 结果

2.1 芪枣提取物对余干乌骨鸡蛋品质的影响

表 3 芪枣提取物对余干乌骨鸡蛋品质的影响

项目	芪枣提取物水平(mg/kg)				标准误	P 值		
	0	100	200	400		组间	线性	二次
哈氏单位	56.740 ^b	63.766 ^a	63.816 ^a	61.744 ^a	0.701	0.001	0.069	0.000
蛋形指数	1.309	1.323	1.321	1.321	0.004	0.526	0.410	0.243
蛋壳强度(kg/cm ²)	3.718	3.960	3.917	3.863	0.054	0.408	0.498	0.175
蛋黄重/g	14.678	15.337	15.249	14.614	0.121	0.067	0.500	0.012
蛋黄颜色	8.727	8.474	8.261	8.519	0.089	0.333	0.492	0.092
蛋壳厚度(mm)	0.346	0.352	0.356	0.351	0.002	0.433	0.382	0.162
蛋黄指数	0.330 ^b	0.338 ^{ab}	0.347 ^a	0.328 ^b	0.003	0.039	0.661	0.003
蛋壳亮度	74.185	74.263	73.761	72.793	0.376	0.493	0.142	0.672
蛋壳红度	9.360 ^b	10.885 ^a	11.992 ^a	11.505 ^a	0.211	0.000	0.000	0.001
蛋壳黄度	17.870 ^b	18.777 ^{ab}	19.756 ^a	20.042 ^a	0.312	0.054	0.011	0.304

由表 3 可知,余干乌骨鸡蛋壳黄度随芪枣提取物水平的增加呈线性增加($P < 0.05$),哈氏单位、蛋黄指数和蛋壳红度呈二次曲线变化($P < 0.05$),其

他蛋品质指标各组差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 芪枣提取物对余干乌骨鸡脂质代谢的影响

表 4 芪枣提取物对余干乌骨鸡脂质代谢的影响

项目	芪枣提取物水平(mg/kg)				标准误	P 值		
	0	100	200	400		组间	线性	二次
甘油三酯(nmol/L)	9.300	4.839	6.327	7.482	0.831	0.289	0.760	0.123
总胆固醇(nmol/L)	3.649	2.227	3.032	3.302	0.293	0.381	0.940	0.234
高密度脂蛋白胆固醇(nmol/L)	0.738	0.767	0.932	0.723	0.579	0.585	0.988	0.250
低密度脂蛋白胆固醇(nmol/L)	0.487	0.468	0.491	0.551	0.388	0.899	0.934	0.904

由表 4 可知,芪枣提取物对余干乌骨鸡血清的甘油三酯、总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇的影响不显著,但在添加量为 200 mg/kg 时提高了高密度脂蛋白胆固醇含量,降低了低密度脂蛋白含量($P > 0.05$)。

2.3 芪枣提取物对余干乌骨鸡蛋黄胆固醇含量的影响

由图 1 可知,芪枣提取物对余干乌骨鸡蛋黄胆固醇含量有降低趋势,但差异不显著($P > 0.05$)。

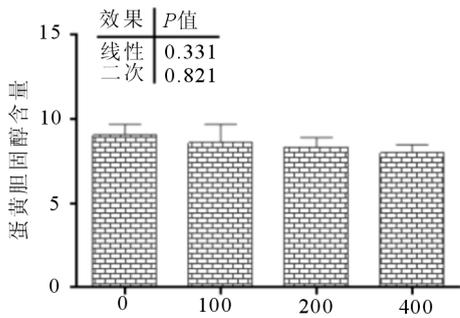


图1 芪枣提取物对余干乌骨鸡蛋胆固醇含量的影响 (mg/kg)

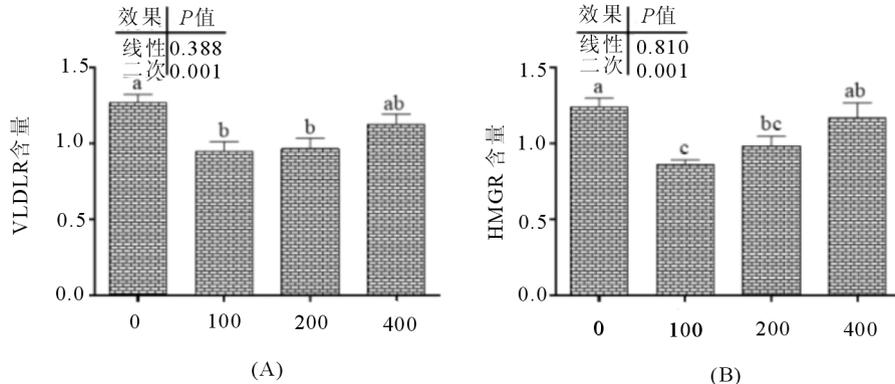


图2 芪枣提取物对余干乌骨鸡胆固醇代谢相关基因表达的影响 (mg/kg)

表5 芪枣提取物对余干乌骨鸡血清抗氧化指标的影响

项目	芪枣提取物水平 (mg/kg)				标准误	P 值	P 值	
	0	100	200	400			组间	线性
过氧化氢酶 CAT(U/mL)	59.100 ^b	58.671 ^b	72.116 ^a	66.594 ^a	1.553	0.001	0.005	0.028
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-PX(U/mL)	850.105	883.821	675.206	775.596	40.254	0.276	0.321	0.371
总抗氧化力 T-AOC(U/mL)	9.213 ^c	8.492 ^c	11.510 ^a	10.588 ^b	0.284	0.000	0.000	0.036
丙二醛 MDA(nmol/mL)	5.343 ^a	5.155 ^{ab}	3.492 ^c	4.452 ^b	0.197	0.000	0.009	0.003
超氧化物歧化酶 SOD(U/mL)	81.369 ^b	91.319 ^{ab}	105.586 ^a	94.578 ^{ab}	3.954	0.189	0.219	0.089

由表5可知,余干乌骨鸡血清中CAT、T-AOC和MDA含量随芪枣提取物水平的增加呈二次曲线变化($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 芪枣提取物对余干乌骨鸡蛋品质的影响

蛋品质主要通过蛋重、哈氏单位、蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋壳颜色和蛋黄颜色等指标综合评价。哈

2.4 芪枣提取物对余干乌骨鸡胆固醇代谢的影响

如图2(A)所示,余干乌骨鸡卵巢中VLDLR基因表达水平随芪枣提取物添加水平的增加呈二次曲线变化($P < 0.05$)。

如图2(B)所示,余干乌骨鸡肝脏中HMGR基因表达水平随芪枣提取物添加水平的增加呈二次曲线变化($P < 0.05$)。

2.5 芪枣提取物对余干乌骨鸡血清抗氧化指标的影响

氏单位和蛋黄指数都是用来衡量蛋的新鲜程度的重要指标,靳淑委研究表明,饲料中添加500、1000和2000 mg/kg的芪枣提取物可以显著提高京粉1号蛋鸡的产蛋率和蛋黄比,且剂量越高效果越好,张恒瑞研究表明,饲料中添加4 g/kg大枣多糖能显著提高乌鸡鸡蛋蛋形指数、平均蛋重、蛋白高度和蛋壳厚度。刘青翠的研究表明杜仲叶提取物对产蛋后期的蛋品质无影响。本例验中,添加200 mg/kg芪枣提

取物组余干乌骨鸡的哈氏单位和蛋黄指数显著增加,与以上三种提取物单独使用相比,芪枣提取物的添加剂量小,但却起到了更好的效果,这与唐日益研究的复方中草药添加剂的作用相似,说明了植物提取物联用的具有使用剂量小,功能全面的优势,推测不用的提取物之间存在协同作用。

蛋壳颜色受子宫中腺体分泌和色素沉积的影响,蛋壳色素的主要原料是原卟啉ⅠⅩ,它是血红蛋白的分解产物或输卵管粘膜层被破坏的红细胞,红细胞被肝脏和脾脏等处的巨噬细胞吞噬和破坏后,释放出残余物质,其中血红蛋白被分解为珠蛋白、胆绿素和铁,胆绿素被血液运送至肝脏生成葡萄糖醛酸胆绿素,葡萄糖醛酸被运送至子宫储存起来,在蛋壳形成的最后阶段沉积到蛋壳中。本研究中,余干乌骨鸡蛋壳黄度随芪枣提取物水平的增加呈线性增加,蛋壳红度呈二次曲线变化。研究表明,胆绿素具有抗氧化性,有清除机体自由基的作用,所以蛋壳的形成与蛋鸡机体抗氧化水平存在很大关联性,当蛋鸡发生氧化应激时,机体的胆绿素大量参与抗氧化作用,从而使参与蛋壳合成的胆绿素大大减少,而饲料中添加芪枣提取物具有抗氧化作用,可以减少氧化应激对蛋鸡机体内胆绿素的消耗,使合成蛋壳的胆绿素增多,蛋壳的颜色深度也就增加了。还有研究表明,雌激素、孕酮和某些前列腺素等多种激素参与了蛋壳色素的合成。因此本试验中芪枣提取物可能影响了蛋鸡某些激素的合成,从而改善了蛋壳的颜色。

3.2 芪枣提取物对余干乌骨鸡脂质代谢的影响

血清甘油三酯是血脂的成分之一,随着饮食和年龄的变化而不断改变,可以作为间接选择蛋中胆固醇含量的指标。胆固醇是细胞生长发育中的必需物质,但血清中胆固醇含量过高时便会产生不良影响,低密度脂蛋白含量过高会加速动脉粥样硬化病变的进程,使血斑不稳定,出现血栓,增大心肌梗塞的风险,而高密度脂蛋白清除血中胆固醇,能抗动脉粥样硬化,降低冠心病风险,被称作“好胆固醇”。本试验研究表明,饲料中添加芪枣提取物对余干乌骨鸡血清中的甘油三酯和胆固醇各项指标影响不明显,但在添加量为 200mg/kg 时提高了高密度脂蛋白胆固醇含量,降低了低密度脂蛋白含量。杨秋霞研究表明,饲料中添加 50~150 mg/kg 黄芪多糖能够降低蛋鸡血清中 TG 和 TC 的含量,调节蛋鸡的

脂质代谢。而有研究发现添加 0.5 % 杜仲叶粉的饲料能提高蛋鸡血清高密度脂蛋白浓度,降低总胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白浓度,对蛋鸡的脂质代谢具有积极影响,这与本试验结果一致,说明芪枣提取物有改善余干乌骨鸡脂质代谢的作用。

3.3 芪枣提取物对余干乌骨鸡蛋黄胆固醇含量的影响

蛋鸡机体能从食物中摄取的胆固醇极少,基本上都是由自身的肝脏和卵巢合成,蛋鸡每天能合成 300 mg 胆固醇,大部分会沉积在蛋黄中,因此降低蛋黄胆固醇含量,可以很好地预防动脉粥样硬化。刘青翠研究表明,饲料中添加 300 mg/kg 杜仲叶提取物可降低蛋黄胆固醇含量。本试验研究表明,芪枣提取物对余干乌骨鸡蛋黄胆固醇含量无显著影响,但是从图中可以看出蛋黄胆固醇含量有随着芪枣提取物水平的增加而降低的趋势,说明芪枣提取物有降低蛋黄胆固醇含量的作用,但由于本试验中的添加量过低,因此不能达到明显的效果。

3.4 芪枣提取物对余干乌骨鸡胆固醇代谢的影响

HMGCR 是胆固醇合成过程的限速酶,决定合成反应的快慢。肝脏中的胆固醇大多以游离的形式存在,进入血液需要与载脂蛋白装配成极低密度脂蛋白。当极低密度脂蛋白转运到卵巢的卵母细胞,经过受体介质的胞吞作用,到达卵母细胞当中形成蛋黄。HMGCR 和 VLDLR 基因的表达会促进蛋黄中胆固醇含量的沉积。本试验研究表明,余干乌骨鸡卵巢中 VLDLR 基因和肝脏中 HMGCR 基因表达水平随芪枣提取物添加水平的增加呈现出先降低再增加变化,说明在一定范围内,芪枣提取物对蛋鸡的胆固醇代谢能够起到作用。王志祥研究表明,黄芪提取物能降低肉鸡体内胆固醇的含量,与机体减少肝脏向肝外组织转运胆固醇的作用有关。

3.5 芪枣提取物对余干乌骨鸡血清抗氧化指标的影响

蛋鸡产蛋高峰期易发生氧化应激,不仅影响自身机体健康,也会导致卵巢衰退,进而使产蛋率降低。抗氧化酶如超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)在保护蛋鸡细胞结构免受老化引起的活性氧(ROS)的危害方面起着至关重要的作用。丙二醛(MDA)是脂质过氧化的产物,其水平高低与氧化应激的状态正相关。较多试验表明,饲料中添加杜仲叶提取物,能显著降低产蛋后期蛋鸡的破软

蛋率和死淘率和血清中丙二醛的含量,提高超氧化物歧化酶和过氧化氢酶的活性,使机体的抗氧化能力增强,延缓蛋鸡产蛋后期卵巢的衰老速度,减缓产蛋曲线下滑速度。本试验中,芪枣提取物能显著提高蛋鸡血清总抗氧化力,降低丙二醛含量,这与前人的研究一致,也印证了本试验中蛋壳颜色色素沉积的机制。

4 结论

芪枣提取物能够提高余干乌骨鸡的抗氧化能力,并通过调节脂质代谢、胆固醇代谢和抑制HMGR、VLDLR基因表达水平来调控蛋黄胆固醇的含量,其中200 mg/kg 芪枣提取物效果最好。

参考文献:

- [1] 李莎莎,李先德.我国居民鸡蛋消费需求与未来趋势[J].中国家禽,2018,40(17):7-13.
- [2] 段晓燕;刘宇;.现代养殖业蛋鸡产蛋性能影响因素概述[J].畜牧兽医杂志,2021,5:88-90.
- [3] 闫先峰,于家利,刘传凯.不同水平中草药添加剂对蛋鸡生产性能,血清生化及抗氧化性能的影响[J].中国饲料,2021(19):4.
- [4] 王聪;靳昌;郭小会;.中药-益生菌制剂对海兰褐蛋鸡免疫机能的影响[J].畜牧兽医杂志,2021,6:71-74.
- [5] 许栋,彭箫,李海英,等.饲料中添加发酵中草药对蛋鸡产蛋后期生产性能,血清生化指标和脂代谢的影响[J].饲料研究,2021,44(3):5.
- [6] 张吉,谢金防,刘长庆,等.江西省地方畜禽种质资源及其利用现状[J].江西畜牧兽医杂志,2008(2):21-23.
- [7] 中华人民共和国农业行业标准——鸡饲养标准(NY/T33—2004)[J].湖南饲料,2006(4):19-27.
- [8] 靳淑委,张光波,常羽,等.黄芪提取物对蛋鸡生产性能,蛋品质和抗氧化性能的影响[J].中国饲料,2022(20):4.
- [9] 刘青翠,彭翔,张俊平,等.杜仲叶提取物对产蛋后期蛋鸡生产性能、蛋品质、蛋黄胆固醇含量及血清抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2018(1):284-292.
- [10] 张恒瑞,侯旭东,叶美怡,等.大枣多糖对乌鸡抗氧化功能,产蛋性能和蛋品质的影响[J].饲料研究,2022(14):045.
- [11] 唐日益,张鑫,王继苹,等.复方中草药添加剂对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[J].黑龙江畜牧兽医.2020(4):95-98.
- [12] SAMIULLAH S, ROBERTS J R, CHOUSALKAR K. Eggshell color in brown-egg laying hens—a review [J]. Poultry science, 2015, 94(10): 2566-2575.
- [13] KAUR H, HUGHES M N, GREEN C J, *et al.* Interaction of bilirubin and biliverdin with reactive nitrogen species [J]. FEBS letters, 2003, 543(1-3): 113-119.
- [14] JAV? RKOVÁ V G, POKORNÁ M, MIKÍK I, *et al.* Concentration of egg white antimicrobial and immunomodulatory proteins is related to eggshell pigmentation across traditional chicken breeds [J]. Poultry science, 2019.
- [15] 孙月华,张玺,马进勇,等.中草药方剂不同添加方法对种公鸡繁殖性能的经济效益分析[J].畜牧兽医杂志,2021,2:41-42.
- [16] 贺容容,李锦霞,任俊豪,等.单核细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值在动脉粥样硬化性疾病中的研究进展[J].临床荟萃,2022,37(10):3.
- [17] 杨秋霞,王洪芳,陈辉,等.饲料中添加黄芪多糖对蛋鸡血清及蛋黄中脂肪性状的影响[J].动物营养学报,2011,23(12):2143-2148.
- [18] 张忠,祝艳华.黄芪多糖对家禽病毒性疾病的防治作用[J].畜牧兽医杂志,2010,29(4):42-43.
- [19] 李凤龙,任爱军,蔡国鹤,等.发酵杜仲叶粉对蛋鸡生产性能、鸡蛋胆固醇和脂质代谢的影响[J].西北农业学报,2016,25(8):1137-1143.
- [20] 王志祥,吕美,齐胜利,等.黄芪提取物对肉仔鸡生长及胆固醇代谢的影响研究[J].中国畜牧杂志,2006,42(15):2.
- [21] YONG-WEN Z, LIN L, WEN-XIANG L, *et al.* Effect of dietary manganese on antioxidant status and expressions of heat shock proteins and factors in tissues of laying broiler breeders under normal and high environmental temperatures [J]. British Journal of Nutrition, 2016, 116(11):10.
- [22] XIE J, TANG L, LU L, *et al.* Differential expression of heat shock transcription factors and heat shock proteins after acute and chronic heat stress in laying chickens (*Gallus gallus*) [J]. PloS one, 2014, 9(7):e102204.
- [23] 黄林,周斌,傅张琴,等.杜仲叶提取物的生物学功能及其在畜禽养殖中的应用研究进展[J].中国畜牧杂志,2022,58(6):60-65.