نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱٤۱، زمستان ۱٤۰۲
ص‌ص: ۹۱~۱۰٤

اثر منابع مختلف عناصر روی و سلنیوم بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی، وضعیت آنتی‌اکسیدانی، پاسخ ایمنی و خصوصیات کیفی تخم‌مرغ مرغان تخمگذار تجاری در زمان اوج تولید

• **فاطمه اصغرزاده[۱]، نظر افضلی*[۲]، سید همایون فرهنگفر[۲]، امیر کریمی ترشیزی[۳]**

[۱] دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشگاه بیرجند

[۲] استاد بخش علوم دامی، دانشگاه بیرجند

[۳] دانشیار، گروه علوم طیور، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت : آذر ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش : فروردین ۱۴۰۲

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۱۶۱۲۱۵۷

Email: nafzali@birjand.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ ASJ.2023.360840.2278

چکیده

در این تحقیق تاثیر روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک نانومینرال شده، بر خصوصیات عملکرد، خصوصیات کیفی تخم‌مرغ، وضعیت پاداکسایشی و پاسخ ایمنی مرغان تخمگذار بررسی شد. تعداد ۵۷٦ قطعه مرغ تخمگذار سویه های-لاین در اوج تولید (از سن ۲۵ تا ۳۷ هفتگی در سه دوره چهار هفته‌ای) در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل ۳×۳ با ۸ تکرار و ۸ پرنده در هر تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی عبارتند از: ۱. جیره شاهد (بدون سلنیوم و روی)، ۲. جیره شاهد +کیلات سلنیوم، ۳. جیره شاهد + کیلات روی، ٤. جیره شاهد + روی سنتز شده از پروبیوتیک، ۵. جیره شاهد + سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک، ٦. جیره شاهد + کیلات روی + کیلات سلنیوم، ۷. جیره شاهد + کیلات روی + سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک، ۸. جیره شاهد + روی سنتز شده از پروبیوتیک + کیلات سلنیوم، ۹. جیره شاهد + روی سنتز شده از پروبیوتیک + سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک. نتایج نشان داد استفاده از روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک موجب افزایش معنی‌دار درصد تولید، میانگین وزن تخم‌مرغ و بهبود ضریب تبدیل خوراک شد (P<۰/۰۵). غلظت سرمی کلسترول، تری‌گلیسرید و مالون دی‌آلدهید در مرغان دریافت کننده روی و سلنیوم پروبیوتیکی کاهش معنی‌دار و غلظت سرمی HDL و شاخص آنتی‌اکسیدانی کل افزایش معنی‌دار در مقایسه با سایر گروه‌های آزمایشی داشت (P<۰/۰۵). در نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان داشت که روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک نانومینرال شده ، عملکرد مناسبتری در مرغ‌های تخم‌گذار دارد.

واژه‌های کلیدی: پروبیوتیک، سلنیوم، روی، مرغ تخمگذار، مالون دی‌آلدئید.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 141 pp: 91-104

The effect of different sources of zinc and selenium elements on performance, blood parameters, antioxidant status, immune response and quality characteristics of eggs of commercial laying hens during the peak production time.

By: Fatemeh Asgharzadeh[1], Nazar Afzali[*1], Seyed Homayoun Farhangfar[1] ,Mohammad Amir Karimi Torshizi[2]

1: Department of Animal science, Faculty of agriculture, University of Birjand, Birjand. Iran

2: Department of Poultry Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

Received: December 2022 **Accepted: April 2023**

In this research, the effect of zinc and selenium synthesized from mineralized-nano probiotics was investigated on yield characteristics, egg quality characteristics, antioxidant status, and immune response of laying hens. A number of 576 high-line laying hens at the peak of production (from 25 to 37 weeks of age in three four-week periods) were used as a completely randomized design with a 3x3 factorial experiment with eight replications and eight birds per replication. Experimental treatments are 1. The control diet (without selenium and zinc), 2. Control diet + selenium chelate, 3. Control diet + zinc chelate, 4. Control diet + zinc synthesized from probiotics, 5. Control diet + selenium synthesized from probiotics, 6. Control diet + zinc chelate + selenium chelate, 7. Diet Control + zinc chelate + selenium synthesized from probiotic, 8. Control diet + zinc synthesized from probiotic + selenium chelate, 9. Control diet + zinc synthesized from probiotic + selenium synthesized from probiotic. The results showed that using zinc and selenium synthesized from probiotics increased production percentage, average egg weight, and improved feed conversion ratio ($P<0.05$). The serum concentration of cholesterol, triglyceride and malondialdehyde in chickens receiving probiotic zinc and selenium was the lowest. The serum HDL concentration and total antioxidant index were the highest compared to other treatments ($P<0.05$). In general conclusion, zinc and selenium synthesized from mineralized-nano probiotics have a better performance in laying hens.

Key words: probiotic, selenium, zinc, laying hen, malondialdehyde

مقدمه

نیاز به محصولات حیوانی سالم و با کیفیت (گوشت، تخم مرغ و شیر)، غنی شده با ریزمغذی‌ها که از سلامت جمعیت رو به رشد انسانی در سطح جهان حمایت می‌کند، بسیار مهم و در حال افزایش است. محصولات طیور دومین محصول پرمصرف پروتئینی در جهان بوده و حدود ۳۰ درصد از تولید گوشت را تشکیل می دهند (Mechora و همکاران، ۲۰۱۷؛ Khan و همکاران، ۲۰۱۸).

سلنیوم (Se) به عنوان یک ریز عنصر ضروری برای بهبود عملکرد، سلامت و سیستم آنتی اکسیدانی طیور شناخته شده است. سلنیوم بخشی جدایی ناپذیر بیش از ۲۵ سلنوپروتئین مانند آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز است که در تنظیم عملکردهای سلولی در بدن شرکت می‌کند. این یک ترکیب مهم از گلوتاتیون پراکسیداز (GSH-Px)، آنزیم آنتی اکسیدانی است که در وهله اول برای جلوگیری از تشکیل رادیکال های آزاد (ROS) عمل می کند و در تنظیم متابولیک هورمون‌های مختلف مانند هورمون‌های تیروئید نقش دارد (Lv و همکاران، ۲۰۱۹؛ Elnaggar و همکاران، ۲۰۲۰). بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی، تنظیم ایمنی و عملکرد تولید و باروری، متابولیسم هورمون تیروئید، و مهار اثرات مضر رادیکال‌های آزاد (سم زدایی) از مزایای قابل توجه سلنیوم می‌باشد (Yang و همکاران، ۲۰۱۷).

روی جزء آنزیم کربونیک انیدراز رحم است که در تشکیل پوسته تخم مرغ نقش دارد (Nys و همکاران، ۲۰۱۱). روی به دلیل نقشی که در سنتز پروتئین دارد، به طور غیر مستقیم بر کیفیت اپیتلیوم تأثیر می گذارد. کمبود روی در رژیم غذایی تولید تخم مرغ را کاهش می دهد. سه منبع مختلف روی برای صنعت خوراک در دسترس هستند که عبارتند از روی معدنی، آلی و نانو. با توجه به زیست فراهمی بالاتر روی از نانوروی نسبت به منابع معدنی و آلی، جذب بهتری نسبت به دو منبع دیگر دارند و در نتیجه عملکرد بهتری دارند (Pathak و همکاران ، ۲۰۲۰). علاوه بر این، روی می‌تواند نقش مهمی برای حیوانات در بسیاری از جنبه‌ها مانند آنتی اکسیدان، عملکرد رشد، رشد غدد، سنتز پروتئین، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، تغذیه و عملکرد تولید ایفا کند (Salim و همکاران، ۲۰۰۸). محققین افزایش سلامت مرغ، در نتیجه مصرف پروبیوتیک را این گونه گزارش نمودند که باکتری‌های مفید موجود در روده، بر بورس فابریسیوس تاثیر گذاشته و سبب ترشح سیتوکین از این اندام می‌شود، در مرحله بعد این هورمون بر تیموس تاثیر گذاشته و باعث افزایش تیتر آنتی بادی IgA می گردد (Nyholm، ۲۰۲۰). افزایش در قابلیت هضم و جذب غذا نیز رابطه مستقیمی با بهبود وزن و توده تخم مرغ دارد. با بررسی مطالب بالا در این تحقیق انتظار می‌رود ترکیبات روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک نانومینرال شده، عملکرد این ترکیبات را بهبود داده و یک ارزیابی جامع از تاثیر اشکال مختلف دو عنصر روی و سلنیوم در مرغان تخم‌گذار ارایه نماید.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از ۵۷۶ قطعه مرغ تخمگذار سویه های-لاین در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل ۳×۳ با ۸ تکرار و ۸ پرنده در هر تکرار استفاده شد. فاکتورهای استفاده شده در این آزمایش شامل: فاکتور روی (در ۳ مقدار صفر، شیمیایی (کیلات)، سنتزشده از پروبیوتیک) و فاکتور سلنیوم (در ۳ مقدار صفر، شیمیایی (کیلات)، سنتزشده از پروبیوتیک) بود. مقدار مورد استفاده از منابع مختلف بر اساس کاتالوگ احتیاجات توصیه شده سویه مرغ تخم‌گذار است. بدین صورت که از منبع روی مقدار ۸۰ گرم در تن و منبع سلنیوم مقدار ۰/۲۲ گرم در تن جیره و در همه گروه‌ها یکسان استفاده شد. با این توضیح که، تیمار کیلاته به صورت سلنومتیونین و روی_متیونین است. قبل از شروع آزمایش اصلی، پرندگان مورد آزمایش دو هفته با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند تا مرغانی با وزن بدنی نزدیک‌تر، مصرف خوراک مشابه‌تر و درصد تولید یکنواخت‌تر در آزمایش اصلی استفاده شدند. جیره آزمایشی بر اساس احتیاجات توصیه شده سویه های-لاین تنظیم شد (جدول ۱).گروه‌های آزمایشی عبارتند از: ۱. شاهد (بدون سلنیوم و روی)، ۲. جیره شاهد +کیلات سلنیوم، ۳. جیره شاهد + کیلات روی، ۴. جیره شاهد + روی سنتز شده از پروبیوتیک، ۵. جیره شاهد + سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک، ۶. جیره شاهد + کیلات روی + کیلات سلنیوم، ۷. جیره شاهد + کیلات روی + سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک، ۸. جیره شاهد + روی سنتز شده از پروبیوتیک + کیلات سلنیوم، ۹. جیره شاهد + روی سنتز شده از پروبیوتیک + سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک.

جدول ۱. ترکیب جیره آزمایشی در مرغ‌های تخم‌گذار

ترکیبات جیره	مقدار
ذرت (درصد)	۵۵/۵
سویا (درصد)	۲۵
جو (درصد)	۸
پودر صدف (درصد)	۹/۳۳
دی کلسیم فسفات (درصد)	۱/۸
نمک (درصد)	۰/۳
رنگدانه (درصد)	۱/۵
متیونین (درصد)	۰/۱۱۷
لیزین (درصد)	۰/۰۸۳
روغن (درصد)	۱/۵۳۳
کولین (درصد)	۰/۱۱۷
سبزینه (درصد)	۲
مکمل ویتامینه و مینراله (درصد)	۶
انرژی قابل متابولسم (مگاکالری‌برکیلوگرم)	۲۸۰۰

پروتئین خام(درصد)	۱۵
کلسیم(درصد)	۴/۵
فسفر(درصد)	۰/۵۶
سدیم(درصد)	۰/۱۸
کلر(درصد)	۰/۱۸
متیونین+ سیستین(درصد)	۰/۳۳۴
لیزین(درصد)	۰/۷۶۱
تریپتوفان(درصد)	۰/۱۷۴
ترئونین(درصد)	۰/۵۷۲
اسید لینولئیک(درصد)	۰/۱

هر کیلوگرم ازجیره تامین کننده: ۱۱۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۳۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D_3، ۱۵۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۳ میلی گرم ویتامین K (بشکل منادیون)، ۰/۲۰ میلی گرم سیانوکوبالامین، ۶/۵ میلی گرم ریبوفلاوین، ۴ میلی گرم اسید فولیک، ۱۰میلی گرم پنتوتنات کلسیم، ۴۰/۱ میلی گرم نیاسین، ۰/۲ میلی گرم بیوتین، ۲/۲ میلی گرم تیامین، ۴/۵ میلی گرم پیریدوکسین، ۱۰۰۰ میلی گرم کولین، ۱۲۵ میلی گرم اتوکسی کویین (آنتی اکسیدان)، ۶۶ میلی گرم منیزیم (بشکل دی اکسیدمنیزیم)، ۸۰ میلی گرم آهن بشکل سولفات فرو، ۱۰ میلی گرم مس (بشکل سولفات مس)، ۰/۴میلی گرم ید (بشکل یدات کلسیم)، ۰/۷میلی گرم نمک یددار.

صفات عملکردی

در این آزمایش، تخم مرغ‌های تولیدی هر تکرار به طور روزانه جمع‌آوری و تعداد آنها در طی ۱۲ هفته ثبت شد. سپس، درصد تخم‌گذاری در هر هفته و در کل دوره محاسبه گردید. میانگین خوراک مصرفی روزانه از طریق محاسبه اختلاف وزن خوراک باقیمانده در پایان هر هفته از وزن خوراک داده شده در طی یک هفته و تقسیم آن بر تعداد پرنده در یک هفته محاسبه شد. با گرفتن میانگین از نتایج حاصله در طول ۱۲ هفته میانگین خوراک مصرفی روزانه در هر تکرار برای کل دوره آزمایشی محاسبه شد. در این آزمایش گرم تخم مرغ تولیدی روزانه هر مرغ از تقسیم وزن کل تخم مرغ‌های تولیدی یک تکرار در هفته بر تعداد مرغ روز همان تکرار در هفته مورد نظر محاسبه شد. برای محاسبه ضریب تبدیل خوراک هفتگی، خوراک مصرفی هفتگی یک واحد آزمایشی به میانگین گرم تخم مرغ تولیدی آن واحد در همان هفته محاسبه گردید (فرخوی و همکاران، ۱۳۷۳).

صفات کیفی تخم‌مرغ

شاخص وزن مخصوص تخم مرغ در پایان هر دوره ۲۸ روزه تعیین شد. برای اندازه گیری کیفیت سفیده تخم مرغ از واحد" هاو" استفاده شد تخم مرغ را روی یک سطح صاف شکسته و ارتفاع سفیده را اندازه‌گیری و در فرمول آن قرار داده شد (فرخوی و همکاران، ۱۳۷۳):

واحد هاو =100 log (ارتفاع سفیده* ۷/۵۷-۱/۷ زن تخم مرغ$^{۰/۳۷}$)

با گرفتن میانگین از اعداد سه دوره ۲۸ روزه، میانگین شاخص‌های مختلف به دست آمد. پس از اندازه گیری سایر صفات کیفی تخم مرغ، غشای داخلی پوسته جدا و با دستگاه ضخامت سنج ضخامت پوسته تخم مرغ در پایان هر دوره ۲۸ روزه تعیین شد (پوررضا، ۱۳۸۹). مقاومت پوسته توسط دستگاه اندازه‌گیری مقاومت نیز اندازه‌گیری شد. در پایان از مجموع اعداد اندازه گیری شده در طی سه دوره میانگین کل دوره محاسبه شد.

فراسنجه‌های بیوشیمیائی خون

به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیائی خونی (کلسترول کل، تری‌گلیسرید، HDL)، در انتهای دوره آزمایشی(پایان ۳۷ هفتگی)، خون‌گیری از ورید بال ۱۶ مرغ از هر تیمار انجام و سرم آن جدا و با روش آنزیمی با کیت (پارس آزمون، ایران) و دستگاه اتوآنالیزر (جیسان[1]، ایتالیا) فراسنجه‌های فوق تعیین شد.

اندازه‌گیری شاخص پراکسیداسیون لیپیدی سرم (مالون دی آلدهید)

غلظت مالون‌دی‌آلدئید سرم براساس واکنش مواد با تیوباربیتوریک اسید اندازه‌گیری شد (Draper و همکاران، ۱۹۹۰). مالون‌دی‌آلدئید در شرایط اسیدی و دمای بالا با تیوباربیتوریک اسید واکنش داده و مجموعه‌ای به رنگ ارغوانی تولید نمود که شدت رنگ را در طول موج ۲۱۴ نانومتر اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پلاسما

ابتدا ۲ تا ۳ سی‌سی نمونه‌های خون در پایان دوره از یک پرنده در هر واحد آزمایشی در سرنگ‌های حاوی ماده ضد انعقاد گرفته شد. بلافاصله نمونه‌ها بر روی یخ گذاشته شده و سپس در

[1] Geesan

سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با ۲۵۰۰ دور بر دقیقه قرار داده شد. در این مرحله خون در سه لایه جداگانه قرار می‌گیرد. لایه رویی یا سرم خون و لایه میانی حاوی گلبول‌های سفید و پلاکت ها که به لایه بافی کوت[2] معروف است را به کمک پیپت از لوله آزمایش خارج کرده و در نهایت لایه زیری که همان گلبول‌های قرمز است را در ته لوله آزمایش جدا شد. حال به منظور خالص‌سازی گلبول‌های قرمز ۱ تا ۴ بار با سرم فیزیولوژی شسته می‌شود. به این ترتیب که مقدار ۵ سی‌سی سرم فیزیولوژی را به هر لوله آزمایشی اضافه کرده و به آرامی چندبار به هم زده تا گلبول‌های قرمز ته لوله با سرم فیزیولوژی اضافه شده مخلوط می‌شود. دوباره لوله‌ها داخل دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور بر دقیقه قرار داده شده و به کمک پیپت لایه رویی جدا می‌شود. در نهایت از ته هر لوله آزمایش به آرامی ۰/۵ سی‌سی گلبول قرمز را برداشته و به داخل یک لوله آزمایش دیگر ریخته و به آن ۲ سی‌سی آب مقطر خنک اضافه می‌کنیم. در این مرحله گلبول‌های قرمز به‌دلیل اختلاف فشار اسمزی ایجاد شده در دو طرف غشای خود ترکیده و محتویات داخل سلول از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را آزاد می‌کنند. به این محلول همولیزات گفته می‌شود. حال از این محلول ۳ نمونه ۰/۵ سی‌سی داخل اپندورف ریخته و تا زمان آزمایشات تعیین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در فریزر ۷۰- قرار داده شد (Draper و همکاران، ۱۹۹۰).

پاسخ ایمنی

از سنجش عیار پادتن علیه ویروس نیوکاسل جهت ارزیابی پاسخ ایمنی گروه‌های آزمایشی مختلف استفاده شد. بدین صورت که در ابتدای هفته بیست و نهم، کلیه گروه‌های آزمایشی علیه ویروس نیوکاسل سویه لاسوتا به روش اسپری واکسینه و ۴ هفته بعد از واکسیناسیون، نمونه‌گیری از ورید بال بری سنجش عیار پادتن انجام شد.

طرح آماری و نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های آزمایشی پس از ورود به برنامه اکسل، بر اساس مدل آماری زیر توسط نرم افزار SAS 9.4 (SAS Institute، ۲۰۰۷) و رویه خطی[3] مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح خطای ۵ درصد انجام شد.

$$Yijk= \mu+Zi+Sj+(Z*S)ij+eijk$$

Yijk: نشان دهنده صفت مورد مطالعه، μ: میانگین کل صفت، Zi اثر روی، Sj اثر سلنیوم، (Z*S)ij اثر متقابل بین روی و سلنیوم و eijk: اثر خطای آزمایشی

نتایج

صفات عملکردی

اثر تیمارهای آزمایشی بر درصد تولید، میانگین وزن تخم‌مرغ، گرم تخم‌مرغ تولیدی و ضریب تبدیل خوراک در کل دوره آزمایش در جدول ۲ ارایه شده است. نتایج نشان داد مرغ‌های دریافت کننده روی و سلنیوم سنتزشده از پروبیوتیک (تیمار ۹)، بالاترین درصد معنی‌دار تولید را در مقایسه با تیمار شاهد داشتند ($P<۰/۰۵$). عدم وجود روی و سلنیوم در جیره موجب کاهش معنی‌دار وزن تخم‌مرغ در مقایسه با تیمارهای حاوی روی و سلنیوم شد. در این بین، مرغ‌های دریافت کننده روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک بالاترین وزن تخم‌مرغ را در مقایسه با تیمار شاهد داشتند ($P<۰/۰۵$). گرم تخم‌مرغ تولیدی تنها در تیمارهای ۷ و ۹ که حاوی سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک و روی کیلاته و سنتز شده از پروبیوتیک بودند، افزایش معنی‌دار داشت ($P<۰/۰۵$). استفاده از منابع روی و سلنیوم در جیره موجب کاهش معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با تیمار شاهد شد که در این بین تیمارهای ۷ و ۹ در مقایسه با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار دارند ($P<۰/۰۵$).

خصوصیات کیفی تخم‌مرغ

ارزیابی اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات کیفی تخم‌مرغ در کل دوره شامل درصد پوسته، واحد هاو، ضخامت و مقاومت پوسته در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان داد تیمارهای مختلف آزمایشی در درصد پوسته با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند اما به لحاظ عددی مرغان تغذیه شده با روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک (تیمار ۹)، بالاترین درصد پوسته را داشتند. استفاده از منابع مختلف روی و سلنیوم در جیره مرغان موجب بهبود واحد

[2]. Buffy Coat
[3]. General Linear Model

هاو در مقایسه با تیمار شاهد شد که بررسی آنالیز آماری نشان داد اختلاف تیمارهای ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ با تیمار شاهد معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). بالاترین ضخامت پوسته تخم‌مرغ در مرغان تخم‌گذار تغذیه شده با روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت (P<۰/۰۵). مقاومت پوسته بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت اما به احاظ عددی بالاترین مقاومت پوسته در مرغان تخم‌گذار با روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک مشاهده شد.

جدول ۲. اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد مرغان تخم‌گذار و خصوصیات کیفی تخم‌مرغ

خصوصیات عملکردی (کل دوره)					خصوصیات کیفی تخم‌مرغ (کل دوره)				
اثرات اصلی		درصد تولید	میانگین وزن تخم‌مرغ (گرم)	توده تخم‌مرغ تولیدی	ضریب تبدیل خوراک (گرم:گرم)	درصد پوسته	واحد هاو	ضخامت پوسته (میکرومتر)	مقاومت پوسته (نیوتون بر سانتی‌متر مربع)
روی	فاقد	۹۱/۹۲^{b}	۶۰/۱۵^{b}	۵۲/۱۹^{b}	۲/۱۷^{a}	۱۲/۳۸	۹۰/۹۴^{b}	۰/۳۶۴۱	۱/۹۴
	کیلاته	۹۳/۱۰^{ab}	۶۱/۱۰^{a}	۵۳/۲۲^{ab}	۲/۱۳^{ab}	۱۲/۶۲	۹۲/۳۹^{a}	۰/۳۶۷۵	۲/۰۶
	پروبیوتیکی	۹۳/۵۲^{a}	۶۱/۵۹^{a}	۵۳/۸۴^{a}	۲/۱۱^{b}	۱۲/۷۱	۹۳/۱۵^{a}	۰/۳۷۰۸	۲/۰۷
خطای استاندارد میانگین‌ها		۰/۳۷	۰/۲۰	۰/۳۳	۰/۰۱	۰/۲۷۶۶	۰/۰۰۰۱	۰/۱۷۰۳	۰/۱۶۱۹
سطح معنی‌داری		۰/۰۱۲۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۵۵	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۰۵
سلنیوم	فاقد	۹۱/۷۸^{b}	۵۹/۹۲^{c}	۵۲/۰۵^{b}	۲/۱۸^{a}	۱۲/۳۵	۹۰/۱۷^{c}	۰/۳۶۳۸	۱/۹۴
	کیلاته	۹۲/۹۷^{ab}	۶۱/۱۰^{b}	۵۳/۰۳^{ab}	۲/۱۴^{ab}	۱۲/۵۴	۹۲/۵۴^{b}	۰/۳۶۷۳	۲/۰۵
	پروبیوتیکی	۹۳/۷۹^{a}	۶۱/۸۱^{a}	۵۴/۱۶^{a}	۲/۱۰^{b}	۱۲/۸۱	۹۳/۷۶^{a}	۰/۳۷۱۳	۲/۱۰
خطای استاندارد میانگین‌ها		۰/۳۷	۰/۲۰	۰/۳۳	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۰۵
سطح معنی‌داری		۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۹۳۲	۰/۰۰۰۱	۰/۱۰۷۷	۰/۱۰۶۵
تیمارهای آزمایش	اثرات متقابل سلنیوم	روی							
۱	فاقد	فاقد	۹۱/۱۲^{b}	۵۹/۴۰^{d}	۵۱/۲۶^{c}	۲/۲۱^{a}	۱۲/۲۹	۸۹/۵۴^{e}	۰/۳۵۸۹^{b}	۱/۸۹
۲	کیلاته	فاقد	۹۲/۱۱^{ab}	۵۹/۹۱^{bcd}	۵۲/۴۵^{bc}	۲/۱۶^{ab}	۱۲/۴۰	۹۰/۸۰^{de}	۰/۳۶۵۰^{ab}	۱/۹۵
۳	فاقد	کیلاته	۹۱/۸۸^{ab}	۵۹/۷۱^{cd}	۵۲/۳۹^{bc}	۲/۱۶^{ab}	۱۲/۳۵	۹۰/۰۹^{e}	۰/۳۶۴۹^{ab}	۱/۹۷
۴	فاقد	پروبیوتیکی	۹۲/۳۳^{ab}	۶۰/۶۶^{abcd}	۵۲/۵۱^{bc}	۲/۱۶^{ab}	۱۲/۴۰	۹۰/۹۰^{cde}	۰/۳۵۹۶^{b}	۱/۹۵
۵	پروبیوتیکی	فاقد	۹۲/۵۲^{ab}	۶۱/۱۲^{abc}	۵۲/۸۷^{abc}	۲/۱۵^{abc}	۱۲/۴۵	۹۲/۴۷^{bcd}	۰/۳۶۷۵^{ab}	۱/۹۹
۶	کیلاته	کیلاته	۹۳/۱۴^{ab}	۶۱/۵۳^{ab}	۵۳/۱۳^{abc}	۲/۱۴^{abc}	۱۲/۵۹	۹۲/۷۱^{abc}	۰/۳۶۸۱^{ab}	۲/۰۵
۷	پروبیوتیکی	کیلاته	۹۴/۲۸^{a}	۶۲/۰۴^{a}	۵۴/۱۳^{ab}	۲/۱۰^{bc}	۱۲/۹۱	۹۴/۳۷^{a}	۰/۳۶۹۴^{ab}	۲/۲۰
۸	کیلاته	پروبیوتیکی	۹۳/۶۷^{ab}	۶۱/۸۴^{a}	۵۳/۵۲^{abc}	۲/۱۲^{abc}	۱۲/۶۴	۹۴/۱۱^{ab}	۰/۳۶۸۸^{ab}	۲/۱۲
۹	پروبیوتیکی	پروبیتیکی	۹۴/۵۷^{a}	۶۲/۲۶^{a}	۵۵/۴۸^{a}	۲/۰۴^{c}	۱۳/۰۸	۹۴/۴۴^{a}	۰/۳۷۷۰^{a}	۲/۱۴
خطای استاندارد میانگین‌ها		۰/۶۴	۰/۳۵	۰/۵۷	۰/۰۲	۰/۲۵	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۰۹	
سطح معنی‌داری		۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱۰	۰/۳۷۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۰۲	۰/۳۱۱۴	

a, b, c: میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون دارای تفاوت معنی‌دار آماری هستند (P<۰/۰۵)

فراسنجه‌های خونی

ارزیابی بیوشیمیایی سرم خون تحت تاثیر تیمارهای مختلف در جدول ۳ آمده است. نتایج آنالیز آماری نشان داد بالاترین غلظت کلسترول در مرغان تغذیه شده با تیمار فاقد منابع روی و سلنیوم (تیمار شاهد) بود. استفاده از روی و سلنیوم در جیره مرغ‌های تخم‌گذار موجب کاهش معنی‌دار غلظت سرمی کلسترول شد که در این بین مرغ‌های تغذیه شده با روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک (تیمار ۹) کمترین غلظت معنی‌دار سرمی کلسترول را در مقایسه با تیمار شاهد داشتند (P<۰/۰۵). افزایش و کاهش معنی‌دار غلظت سرمی لیپوپروتئین با دانسیته بالا به ترتیب در ۹ و ۱ مشاهده شد (P<۰/۰۵). استفاده از روی و سلنیوم در جیره موجب کاهش غلظت سرمی تری‌گلیسرید شد که در بین تیمارهای مختلف، تیمارهای ۷، ۸ و ۹ اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند (P<۰/۰۵). غلظت سرمی کلسیم خون در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت. اما به لحاظ عددی مرغان تغذیه شده با منابع روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک بالاترین غلظت سرمی کلسیم را داشتند. غلظت سرمی فسفر خون در مرغان تغذیه شده با تیمارهای ۷ و ۹ افزایش معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد داشت (P<۰/۰۵).

وضعیت آنتی‌اکسیدانی

اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر وضعیت آنتی اکسیدانی خون مرغ‌های تخم‌گذار در پایان دوره در جدول ۳ ارایه شده است. نتایج نشان داد استفاده از منابع مختلف روی و سلنیوم در جیره موجب افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی کل شد که در مرغ‌های دریافت کننده روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک افزایش معنی‌دار ظرفیت آنتی اکسیدانی تام مشاهده شد (P<۰/۰۵). غلظت مالون دی آلدهید در تیمار شاهد کاهش داشت که در این بین کمترین غلظت معنی‌دار سرمی مالون دی آلدهید در مرغان تغذیه شده با روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک مشاهده شد (P<۰/۰۵).

سامانه ایمنی

نتایج آنالیز آماری اثر تیمارهای مختلف بر تیتر آنتی بادی علیه ویروس نیوکاسل در جدول ۳ آمده است. نتایج نشان داد استفاده از منابع مختلف روی و سلنیوم موجب افزایش تیتر آنی بادی علیه نیوکاسل در سرم خون شد که بالاترین تیتر در مرغ‌های دریافت کننده روی و سلنیوم سنتز شده از پروبیوتیک مشاهده شد (P<۰/۰۵).

جدول ۳. اثر تیمارهای آزمایشی بر بیوشیمیایی سرم خون (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)، وضعیت آنتی اکسیدانی تخم‌مرغ (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) و تیتر آنتی‌بادی علیه نیوکاسل (لگاریتم بر مبنای ۱۰)

اثرات اصلی		کلسترول	لیپوپروتئین با دانسیته بالا	تری‌گلیسرید	کلسیم	فسفر	شاخص آنتی اکسیدان کل	مالون‌دی‌آلدئید	تیتر علیه نیوکاسل
روی	فاقد	۲۴۱/۲۴^{a}	۵۱/۹۷^{b}	۲۳۵/۶۲^{a}	۳۰/۱۷	۷/۷۷^{b}	۱۴/۷۹^{b}	۳/۶۴^{a}	۷/۰۳^{b}
	کیلاته	۲۱۳/۲۱^{b}	۵۷/۳۷^{a}	۲۲۲/۹۶^{ab}	۳۰/۷۲	۸/۲۶^{ab}	۱۵/۸۹^{a}	۳/۳۲^{b}	۷/۴۳^{ab}
	پروبیوتیکی	۱۹۴/۱۱^{b}	۵۹/۴۲^{a}	۲۱۴/۱۳^{b}	۳۰/۷۹	۸/۶۵^{a}	۱۶/۳۹^{a}	۳/۲۴^{b}	۷/۹۰^{a}
خطای استاندارد میانگین‌ها		۷/۲۵	۰/۹۷	۵۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۷
سطح معنی‌داری		۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۶۶	۰/۳۱۰۲	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴۳
سلنیوم	فاقد	۲۵۰/۸۹^{a}	۵۱/۴۱^{c}	۲۴۱/۵۰^{a}	۳۰/۰۲	۷/۵۵^{b}	۱۴/۷۲^{c}	۳/۶۸^{a}	۶/۹۰^{b}
	کیلاته	۲۱۵/۹۵^{b}	۵۵/۱۸^{b}	۲۲۵/۵۱^{a}	۳۰/۶۱	۸/۴۹^{a}	۱۵/۸۷^{b}	۳/۳۳^{b}	۷/۵۰^{a}
	پروبیوتیکی	۱۸۱/۷۱^{c}	۶۲/۱۷^{a}	۲۰۵/۶۹^{b}	۳۱/۰۵	۸/۶۴^{a}	۱۶/۴۸^{a}	۳/۲۰^{b}	۷/۹۶^{a}
خطای آزمایش		۷/۲۵	۰/۹۷	۵۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۷
سطح معنی‌داری		۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۷۳۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴

تیمارهای آزمایش	اثرات متقابل							
	سلنیوم	روی						
۱	فاقد	فاقد	۲۶۷/۳۶^{a}	۴۷/۳۲^{c}	۲۶۲/۴۳^{a}	۲۹/۵۹	۶/۹۷^{b}	۱۳/۸۳^{d}	۴/۰۱^{a}	۶/۵۶^{c}
۲	کیلاته	فاقد	۲۳۲/۵۰^{ab}	۵۲/۲۹^{bc}	۲۳۹/۶۴^{ab}	۳۰/۱۹	۷/۶۶^{b}	۱۴/۸۱^{cd}	۳/۵۷^{b}	۶/۹۶^{bc}
۳	فاقد	کیلاته	۲۵۷/۱۳^{a}	۵۰/۶۶^{bc}	۲۳۱/۲۰^{ab}	۳۰/۱۸	۷/۵۷^{b}	۱۵/۵۱^{bc}	۳/۴۳^{bcd}	۷/۵۴^{abc}
۴	فاقد	پروبیوتیکی	۲۲۸/۱۸^{ab}	۵۶/۲۴^{b}	۲۳۰/۹۰^{ab}	۳۰/۲۸	۸/۰۸^{b}	۱۵/۵۹^{bc}	۳/۲۹^{bcde}	۷/۵۶^{abc}
۵	پروبیوتیکی	فاقد	۲۲۳/۸۶^{ab}	۵۶/۳۰^{b}	۲۰۴/۸۰^{b}	۳۰/۷۳	۸/۱۰^{b}	۱۶/۳۵^{ab}	۳/۲۱^{cde}	۷/۹۶^{ab}
۶	کیلاته	کیلاته	۲۲۰/۵۳^{abc}	۵۶/۶۲^{b}	۲۲۴/۵۶^{ab}	۳۰/۷۹	۸/۱۲^{b}	۱۴/۹۵^{cd}	۳/۴۹^{bc}	۶/۵۶^{c}
۷	پروبیوتیکی	کیلاته	۱۶۱/۹۶^{cd}	۶۴/۸۲^{a}	۲۱۳/۱۴^{b}	۳۱/۱۹	۹/۶۷^{a}	۱۶/۳۱^{ab}	۳/۴۹^{bcd}	۷/۷۶^{abc}
۸	کیلاته	پروبیوتیکی	۱۹۴/۸۳^{bcd}	۵۶/۶۴^{b}	۲۱۲/۳۵^{b}	۳۰/۸۶	۸/۱۴^{b}	۱۶/۵۵^{ab}	۳/۱۱^{de}	۷/۷۶^{abc}
۹	پروبیوتیکی	پروبیتیکی	۱۵۹/۳۳^{d}	۶۵/۳۹^{a}	۱۹۹/۱۶^{b}	۳۱/۲۲	۹/۷۰^{a}	۱۷/۲۵^{a}	۳/۰۵^{e}	۸/۳۶^{a}
خطای استاندارد میانگین‌ها			۱۲/۵۷	۱/۶۸	۸/۷۱	۰/۵۳	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۰۷	۰/۲۹
سطح معنی‌داری			۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۴۱۲۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۹

a, b, c: میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون دارای تفاوت معنی‌دار آماری هستند (P<۰/۰۵)

بحث

ضریب تبدیل خوراک (FCR) کارایی کلی مرغ‌ها را در تبدیل توده خوراک مصرف شده به توده تخم در یک دوره زمانی خاص توصیف می‌کند. روی و سلنیوم دو عنصر ضروی در بدن موجودات بوده و در چندین مسیر متابولیسم شرکت می کنند (Yan و Waldroup، ۲۰۰۶). روی و سلنیوم برای ساختار و عملکرد آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) ضروری است که ۹۰ درصد کل SOD را تشکیل می‌دهد و از بافت‌ها در برابر آسیب اکسیداتیو محافظت می‌کند (Noor و همکاران، ۲۰۰۲). در مطالعه حاضر، بهبود تولید تخم‌مرغ و ضریب‌تبدیل خوراک در پرندگانی که روی و سلنیوم دریافت کردند تا حدودی به نقش آن‌ها در محافظت از بافت پانکراس در برابر آسیب اکسیداتیو نسبت داده شد که ممکن است عملکرد مناسب پانکراس (به عنوان

مثال ترشح آنزیم های گوارشی) را تسهیل کند. بهبود قابلیت هضم مواد مغذی علاوه بر این، از آنجا که این عناصر در متابولیسم کربوهیدرات ها، پروتئین‌ها و لیپیدها نقش دارد (Ibs و Rink، ۲۰۰۳)، ممکن است به دلیل بهبود مصرف انرژی و پروتئین در پرندگان باشد. به همین دلیل، استفاده از شکل سنتز شده از پروبیوتیک دو منبع روی و سلنیوم، عملکرد مناسبتری داشت. لازم به ذکر است این افزودنی‌ها می‌توانند قابلیت هضم پروتئین و انرژی را افزایش دهند و عملکرد ، یکپارچگی روده، جمعیت میکروبی و فعالیت سامانه ایمنی را بهتر ارائه دهند (Tang و همکاران، ۲۰۱۹). پروبیوتیک‌ها همچنین دارای فعالیت ضد التهابی هستند و می‌توانند اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیره را افزایش دهند (Tomosoda و همکاران، ۲۰۱۳). مکانیسم‌های اثر متفاوتی به پروبیوتیک‌ها نسبت داده شده است. اثرات بیولوژیکی (باکتری‌های بی‌هوازی موجود در پروبیوتیک‌ها باعث ایجاد محیطی با تنش کم اکسیژن و در نتیجه مهار رشد پاتوژن‌ها)، اثرات شیمیایی (تولید باکتریوسین)، اثرات تغذیه‌ای (رقابت برای مواد مغذی بین باکتری‌های مفید پروبیوتیک و عوامل بیماری‌زا) و اثرات فیزیکی (حذف رقابتی یا رقابت برای یک محل اتصال) شرح داده شده است (Wu و همکاران، ۲۰۰۸). چندین مطالعه بهبودهایی را در تولید طیور با افزودن روی و سلنیوم به جیره نشان داده است. همانند برخی دیگر از عناصر معدنی کم مصرف، ترکیب جیره می‌تواند بر احتیاجات ظاهری روی تأثیر بگذارد اما به طور معمول روی به بیشتر جیره‌های طیور برای تأمین احتیاجات این عنصر اضافه می‌شود زیرا قابلیت دسترسی روی در منابع گیاهی به خاطر باند شدن آن با فیتات بسیار پایین است (Linares و همکاران، ۲۰۰۷). هر چند در جیره های عملی بر پایه ذرت و سویا میزان مورد نیاز روی به ۶۰ تا ۸۰ میلی گرم در کیلو گرم افزایش می‌یابد که این اختلاف در مقدار روی مورد نیاز احتمالاً به دلیل میزان اسید فایتیک جیره است زیرا این لیگاند یک کیلاتور بالقوه برای روی است و چنانچه از آنزیم فیتاز در جیره استفاده شود نیاز به استفاده از مکمل روی کاهش می‌یابد (Linares و همکاران، ۲۰۰۷). مطالعات نشان داده است که ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از روی به صورت روی- متیونین موجب افزایش وزن تخم مرغ و کاهش نقص پوسته در مرغان مواجه شده با شرایط تنش گرمایی می‌گردد.

جوادی‌فر و همکاران (۱۳۹۷) اثر نانو اکسید آهن و نانو اکسید روی بر عملکرد، صفات کیفی تخم مرغ و وضعیت پاداکسیدانی مرغ‌های تخم‌گذار را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند افزودن مکمل نانواکسیدآهن و نانواکسیدروی می‌تواند باعث بهبود شاخص‌های عملکرد، برخی خصوصیات کیفی تخم‌مرغ و کاهش کلسترول و تری‌گلیسرید خون، بهبود وضعیت پاداکسیدانی خون و پاسخ ایمنی در مرغان تخم‌گذار گردد. در مطالعه‌ای جیره مرغ‌های تخمگذار با ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نانو اکسید روی هیچ تأثیر مفیدی بر FCR نداشت (Mao و Lien، ۲۰۱۷). در مطالعه حاضر، بهبود تولید تخم مرغ و FCR در پرندگانی که روی و سلنیوم دریافت کردند تا حدودی به نقش آن در محافظت از بافت پانکراس در برابر آسیب اکسیداتیو نسبت داده شد که ممکن است عملکرد مناسب پانکراس (به عنوان مثال ترشح آنزیم‌های گوارشی) را تسهیل کند (Ibs and Rink، ۲۰۰۳).

پرندگانی که از جیره حاوی روی و سلنیوم تغذیه شده بودند، پوسته‌های تخم ضخیم‌تری نسبت به پرندگانی داشتند که با جیره شاهد تغذیه شدند، در حالی که ضخامت پوسته کمتر بود. نتایج این مطالعه با یافته‌های محققان که گزارش کردند مکمل غذایی مرغ های تخمگذار با ۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم روی استحکام پوسته تخم مرغ را بهبود بخشید (Mabe و همکاران، ۲۰۰۳)، مطابقت دارد. روی به طور مستقیم در سنتز پوسته تخم مرغ به عنوان یک عامل کمکی کربونیک انهیدراز، که یون‌های کربنات را در مگنوم در طول رسوب آلبومن و در تنگه برای تشکیل غشای پوسته تخم مرغ فراهم می‌کند، نقش دارد. روی همچنین در مسیرهای تشکیل پوسته تخم مرغ در سلول‌های رحم نقش دارد (Bahakaim و همکاران، ۲۰۱۴).

واحد هاو یک شاخص مناسب ارزیابی از کیفیت داخلی تخم‌مرغ است. در تحقیقات مختلف نشان داده شده که استفاده از ترکیبات آنتی اکسیدانی، موجب بهبود کیفیت سفیده و در نتیجه بهبود

واحد هاو شد (An و همکاران، ۲۰۱۰). سلنیوم و روی را می‌توان به عنوان ترکیبات آنتی اکسیدانی در نظر گرفت. در توجیه اثرات استفاده از روی و سلنیوم در بهبود صفات کیفی تخم‌مرغ می‌توان نتایج سایر محققین را در این راستا بررسی کرد. به عنوان مثال در یک مطالعه، استفاده از پودر سیر موجب افزایش واحد هاو در تخم‌مرغ و افزایش مدت نگهداری شد (Lim و همکاران، ۲۰۰۶). استفاده از ترکیبات حاوی آنتی‌اکسیدان و همچنین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی موجب بهبود کیفیت تخم‌مرغ و گوشت در نگهداری طولانی مدت می‌شود (Surai, 2000). در زمان نگهداری تخم‌مرغ، pH آن افزایش می‌یابد که افزایش دما هم به عنوان یک کاتالیست برای این واکنش عمل می‌کند. استفاده از گل همیشه بهار (Grcevic و همکاران، ۲۰۱۹)، کنجاله تخم کدو (Vlaicu و Panaite، ۲۰۲۱)، آستاگزانتین طبیعی (Heng و همکاران، ۲۰۲۰) و عصاره برگ توت‌فرنگی (Dos-Santos و همکاران، ۲۰۲۰) موجب کاهش pH آلبومین در مقایسه با تیمار شاهد شد. کاهش pH موجب مهار واکنش‌های بیوشیمیایی مرتبط با فروپاشی ساختار آلبومین می‌شود از این‌رو حفظ سطح pH مشابه با تخم‌مرغ تازه به حفظ ثبات آلبومین کمک می‌کند (Yuceer و همکاران، ۲۰۱۶). در نتیجه کاهش pH، سرعت مایع شدن آلبومین کاهش و متعاقبا مقادیر واحد هاو و کیفیت آلبومین حفظ می‌شود (Obianwuana و همکاران، ۲۰۲۲). مطابق با نتایج تحقیق حاضر، محققین نشان دادند استفاده از مواد حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدان مانند کنجاله تخم کدو (Vlaicu و Panaite، ۲۰۲۱)، پلی‌فنل‌های چای (Zhang و همکاران، ۲۰۲۰)، پپتیدهای جیره و و ویتامین E (Olukosi و همکاران، ۲۰۱۸)، میوه کاج تخمیر یافته (Kothari و همکاران، ۲۰۲۱) و آنتی اکسیدان‌های طبیعی به شکل عناصر کمیاب آلی کیلاته با اسیدهای آمینه و پروبیوتیک‌ها (Pereira و همکاران، ۲۰۱۸) منجر به بهبود واحد هاو شد.

تغییرات در وضعیت صفات بیوشیمیایی خون را شاید بتوان در ماهیت آنتی‌اکسیدانی سلنیوم و روی دانست. همسو با نتایج تحقیق حاضر، در مطالعات سایر محققین استفاده از منابع دارای محتوای آنتی اکسیدانی، منجر به کاهش کلسترول خون در مرغان تخم‌گذار و جوجه‌های گوشتی شد (Christakiو همکاران، ۲۰۱۱). به طور مثال، استفاده از ۳ درصد پودر برگ زیتون، منجر به کاهش کلسترول زرده تخم‌مرغ شد (Cayan و Erener، ۲۰۱۵). کاهش میزان کلسترول را می‌توان به دلیل کاهش غلظت سرمی و کبدی تری‌گلیسرید و تغییر متابولیسم کلسترول نسبت داد. همچنین ترکیبات آنتی اکسیدانی دارای اثر محافظتی در برابر اکسیداسیون لیپوپروتئین‌ها با چگالی کم به عنوان بازدارنده کوآنزیم 3-hydroxy3methylglataryl، کوآنزیم دخیل در سنتز کلسترول، شناخته شده‌اند سلنیوم در ترکیب با ویتامین E با افزایش دفع کلسترول از بافت‌هایی مانند سلول‌های ماهیچه صاف و تسهیل انتقال آن به کبد، سطح کلسترول کل را کاهش داد (Patrick و Uzick، ۲۰۰۱؛ Sung و همکاران، ۲۰۰۴).

کاهش سطح MDA در گروه‌های دریافت کننده سلنیوم و متیونین نشان دهنده کاهش پراکسیداسیون لیپیدی تحت تاثیر محتوی آنتی اکسیدانی می‌باشد. در راستای نتایج تحقیق حاضر، در تحقیق روی جوجه‌های گوشتی، کاهش میزان مالون دی آلدئید در گروه‌های دریافت کننده ترکیبات محتوی آنتی اکسیدان مشاهده شد (Agah و همکاران، ۲۰۱۹ ; Ismail et al., 2012; Tavafi و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعه روی عصاره برگ توت‌فرنگی، کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی در تخم‌مرغ‌ها طی ۲۸ روز نگهداری در دمای اتاق مشاهده شد (Dos-Santos و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین آرد آکای که یک محصول جانبی غنی از آنتوسیانین‌ها است موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل طی نگهداری تخم‌مرغ در ۲۸ روز در دمای ۲۷ درجه شد (Fortuoso و همکاران، ۲۰۱۹). می‌توان نتیجه‌گیری کرد که آلبومین و در نتیجه کیفیت تخم‌مرغ زمانی بهبود می‌یابد که میزان و فعالیت آنزیم‌ها و شاخص‌های آنتی اکسیدانی مانند ظرفیت انتی اکسیدانی کل، افزایش یابد (Ding و همکاران، ۲۰۲۰؛ Wang و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که تزکیبات آنتی‌اکسیدانی تخم‌مرغ را از اکسایش

محفوظ و در نتیجه باعث بهبود کیفیت سفیده می‌شوند (Florou-Paneri و همکاران، ۲۰۰۵).

رادیکال‌های آزاد در طول متابولیسم سلولی طبیعی و نتیجه متابولیسم داروها تولید می‌شوند. مصرف کافی ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌تواند به طور قابل توجهی سیستم ایمنی را بهبود بخشد (Hajiyan، ۲۰۱۴). ترکیبات آنتی اکسیدانی با تاثیر بر پاسخ ایمنی با واسطه سلول‌های T و پاسخ آنتی بادی، موجب بهبود عملکرد سیستم ایمنی در بدن می‌شوند. از طرفی ترکیبات آنتی اکسیدانی با بیان ژن Fas موجب محافظت سلول‌های T از رادیکال‌های آزاد و آپوپتوز می‌شوند (Dunstan و همکاران، ۲۰۱۶; wintergerst و همکاران، ۲۰۰۷). همراستا با این تحقیقات، در مطالعه حاضر نیز گروه‌های دریافت کننده روی و سلنیومستنزشده از پروبیوتیک، تیتر آنتی بادی علیه ویروس نیوکاسل افزایش نشان داد که ناشی از نقش محافظتی محتوی آنتی اکسیدانی سلنیوم و روی از سلول‌های ایمنی در برابر آسیب اکسیداتیو و بهبود عملکرد سیستم ایمنی می‌تواند باشد.

نتیجه‌گیری

در نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان داشت که سلنیوم و روی به خصوص شکل سنتز شده از پروبیوتیک، بر متابولیسم و عملکرد مرغ‌ها تأثیر مثبت گذاشته و پارامترهای تولید تخم مرغ را بهبود بخشید. استفاده از مکمل پروبیوتیکی در جیره مرغ می‌تواند موجب بهبود سلامت و عملکرد حیوان و در نتیجه ترکیب غذای عرضه شده به مصرف کننده را بهبود بخشید.

منابع

پوررضا، ج و کریمی، ا. ۱۳۸۷ . پرورش طیور در مناطق گرم، انتشارات اردکان، چاپ اول.

جوادی‌فر، ا.، حسینی واشان، س. ج.، منتظر تربتی، م. ب. و شمشیرگران، ی. ۱۳۹۷. تاثیر نانو اکسید آهن و نانو اکسید روی بر عملکرد، فراسنجه‌های کیفی تخم مرغ و وضعیت پاداکسیدانی مرغ‌های تخم‌گذار. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند.

فرخوی م، خلیقی سیگارودی ت، نیک نفس ف.(۱۳۷۳). راهنمای کامل پرورش طیور. ناشر:شرکت پژوهش توسعه کشاورزی کوثر

An, B. K., H. S. Kwon, B. K. Lee, J. Y. Kim, S. J. You, J. M. Kim, and C. W. Kang. (2010). Effects of Dietary Skullcap (Scutellaria baicalensis) Extract on Laying Performance and Lipid Oxidation of Chicken Eggs. Asian Australas Journal of Animal Science, 23 (6):772-776.

Bahakaim, A., H. Abdel Magied, S. Osman, A. Omar, N. Abdelmalak, and N. Ramadan. (2014). Effect of using different levels and sources of zinc in layer's diets on egg zinc enrichment. Egyptian Poultry Science Journal, 34 (1):39-56.

Balevi, T., U. S. Uçan, B. Coşkun, V. Kurtoglu, and I. S. Cetingül. (2001). Effect of dietary probiotic on performance and humoral immune response in layer hens. British poultry science, 42 (4):456-461.

Cayan, H., and G. Erener. (2015). Effect of Olive Leaf (Olea europaea) Powder on Laying Hens Performance, Egg Quality and Egg Yolk Cholesterol Levels. Asian Australas Journal of Animal Science, 28 (4):538-543.

Ding, X., J. Du, K. Zhang, S. Bai, Q. Zeng, H. Peng, Y. Xuan, Z. Su, and J. Wang. (2020). Tandem mass tag-based quantitative proteomics analysis and gelling properties in egg albumen of laying hens feeding tea polyphenols. Poultry Science, 99 (1):430-440.

Dos Santos, A. F. A., A. S. Da Silva, G. M. Galli, E. B. Paglia, M. V. Dacoreggio, A. P. Kempka, C. F. Souza, M. D. Baldissera, G. da Rosa, M. M. Boiago, and D. Paiano. (2020). Addition of yellow strawberry guava leaf extract in the diet of laying hens had antimicrobial and antioxidant effect capable of improving egg quality. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 29:101788.

Dunstan, J. A., L. Breckler, J. Hale, H. Lehmann, P. Franklin, G. Lyonso, S. Y. L. Ching, T. A. Mori, A. Barden, and S. L. Prescott. (2006). Associations between antioxidant status, markers of oxidative stress and immune responses in allergic adults. Clinical & Experimental Allergy, 36 (8):993-1000.

Elnaggar, A. s., a. ghazalah, a. h. elsayed, and A. abdelalem. (2020). Impact of selenium sources on productive and physiological performance of broilers. Egyptian Poultry Science Journal, 40 (3):577-597.

Florou-Paneri, P., G. Palatos, A. Govaris, D. Botsoglou, I. Giannenas, and I. Ambrosiadis. (2005). Oregano herb versus oregano essential oil as feed supplements to increase the oxidative stability of turkey meat. International Journal of Poultry Science, 4 (11):866-871.

Fortuoso, B. F., R. R. Gebert, R. C. De Oliveira, M. M. Boiago, C. F. Souza, M. D. Baldissera, R. G. Vendruscolo, A. P. Kempka, D. Paiano, R. Wagner, and A. S. Da Silva. (2019). Impacts of the supplementation of açai lump flour in the diet of laying hens on productive performance, and fatty acid profiles and antioxidant capacity in the fresh and stocked eggs. Journal of Food Biochemistry, 43 (11):e13022.

Ghanema, I. I. A., and K. M. Sadek. (2012). Olive leaves extract restored the antioxidant perturbations in red blood cells hemolysate in streptozotocin induced diabetic rats. International Journal of Animal and Veterinary Sciences, 6 (4):124-130.

Heng, N., S. Gao, Y. Guo, Y. Chen, L. Wang, X. Sheng, X. Wang, K. Xing, L. Xiao, H. Ni, and X. Qi. (2020). Effects of supplementing natural astaxanthin from Haematococcus pluvialis to laying hens on egg quality during storage at 4°C and 25°C. Poultry Science, 99 (12):6877-6883.

Ibs, K.-H., and L. Rink. (2003). Zinc-Altered Immune function. The Journal of nutrition, 133 (5):1452S-1456S.

Kanmanee, C., O. Srinual, M. Punyatong, T. Moonmanee, C. Lumsangkul, S. Tangtaweewipat, H. Van Doan, M. Yachai, T. Chaiyaso, and W. Tapingkae. (2022). Effects of Dietary Supplementation with Red Yeast (Sporidiobolus pararoseus) on Productive Performance, Egg Quality, and Duodenal Cell Proliferation of Laying Hens. Animals, 12 (3): 125-136.

Khan, A. Z., S. Kumbhar, Y. Liu, M. Hamid, C. Pan, S. A. Nido, F. Parveen, and K. Huang. (2018). Dietary Supplementation of Selenium-Enriched Probiotics Enhances Meat Quality of Broiler Chickens (Gallus gallus domesticus) Raised Under High Ambient Temperature. Biological trace element research, 182 (2):328-338.

Kothari, D., J. S. Oh, J. H. Kim, W. D. Lee, and S. K. Kim. (2021). Effect of Dietary Supplementation of Fermented Pine Needle Extract on Productive Performance, Egg Quality, and Serum Lipid Parameters in Laying Hens. Animals (Basel), 11 (5):126-139.

Lim, K. S., S. J. You, B. K. An, and C. W. Kang. (2006). Effects of Dietary Garlic Powder and Copper on Cholesterol Content and Quality Characteristics of Chicken Eggs. Asian Australasian Journal of Animal Science, 19 (4):582-586.

Lv, L., L. Li, R. Zhang, Z. Deng, T. Jin, and G. Du. (2019). Effects of dietary supplementation of selenium enriched yeast on egg selenium content and egg production of north China hens. Pakistan Journal of Zoology, 51:49-55.

Mabe, I., C. Rapp, M. M. Bain, and Y. Nys. (2003). Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. Poultry Science, 82 (12):1903-1913.

Mao, S.-Y., and T.-F. Lien. (2017). Effects of nanosized zinc oxide and γ-polyglutamic acid on eggshell quality and serum parameters of aged laying hens. Archives of animal nutrition, 71 (5):373-383.

Mechora, S., A. Zerdoner Calasan, M. Felicijan, A. Urbanek Krajnc, and J. Ambrozic-Dolinsek. (2017). The impact of selenium treatment on some physiological and antioxidant properties of Apium repens. Aquatic Botany, 138:16-23.

Noor, R., S. Mittal, and J. Iqbal. (2002). Superoxide dismutase--applications and relevance to human diseases. Medical Science

Monitor, 8 (9):Ra210-215.
Nyholm, S. V. (2020). In the beginning: egg–microbe interactions and consequences for animal hosts. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 375 (8):201-213.
Nys, Y. (Year) of Conference. Recent developments in layer nutrition for optimising shell quality. Paper read at Proc. 13th European Symposium on Poultry Nutrition. Blankenberge, Belgium.
Olukosi, O. A., W. Xiao, and J. Jia. (2018). Peptide supplementation to nutrient-adequate diets enhanced internal egg quality during storage in hens at peak production. Journal of Science and Food Agriculture, 98 (5):1850-1855.
Pathak, S. S., A. Saikia, and U. R. Tamuli. (2020). Influence of Graded Levels of Different Sources of Zinc on Growth Performances and Production Economics in Chicken. International Journal of Livestock Research, 10 (8):123-129.
Patrick, L., and M. Uzick. (2001). Cardiovascular disease: C-reactive protein and the inflammatory disease paradigm: HMG-CoA reductase inhibitors, alpha-tocopherol, red yeast rice, and olive oil polyphenols. A review of the literature. Alternative Medical Review, 6 (3):248-271.
Salim, H. M., C. Jo, and B. D. Lee. (2008). Zinc in Broiler Feeding and Nutrition. Avian Biology Research, 1 (1):5-18.
Sung, J. H., S. J. Choi, S. W. Lee, K. H. Park, and T. W. Moon. (2004). Isoflavones found in Korean soybean paste as 3-hydroxy-3-methylglutaryl Coenzyme A reductase inhibitors. Bioscience Biotechnology Biochemistry, 68 (5):1051-1058.
Surai, P. F. (2000). Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick. British poultry science, 41 (2):235-243.
Tang, W., Y. Qian, B. Yu, T. Zhang, J. Gao, J. He, Z. Huang, P. Zheng, X. Mao, J. Luo, J. Yu, and D. Chen. (2019). Effects of Bacillus subtilis DSM32315 supplementation and dietary crude protein level on performance, gut barrier function and microbiota profile in weaned piglets1. Journal of animal science, 97 (5):2125-2138.
Tomosada, Y., J. Villena, K. Murata, E. Chiba, T. Shimazu, H. Aso, N. Iwabuchi, J. Z. Xiao, T. Saito, and H. Kitazawa. (2013). Immunoregulatory effect of bifidobacteria strains in porcine intestinal epithelial cells through modulation of ubiquitin-editing enzyme A20 expression. PLoS One, 8 (3):e59259.
Vlaicu, P. A., and T. D. Panaite. (2022). Effect of dietary pumpkin (Cucurbita moschata) seed meal on layer performance and egg quality characteristics. Animal Bioscience, 35 (2):236-246.
Wang, L., A. Li, J. Shi, K. Liu, J. Cheng, D. Song, X. Yan, Y. Wang, and W. Wang. (2020). Effects of different levels of cottonseed meal on laying performance, egg quality, intestinal immunity and hepatic histopathology in laying hens. Food and Agricultural Immunology, 31 (1):803-812.
Wintergerst, E. S., S. Maggini, and D. H. Hornig. (2007). Contribution of selected vitamins and trace elements to immune function. Annals of nutrition and metabolism, 51 (4):301-323.
Wu, X., B. A. Vallance, L. Boyer, K. S. Bergstrom, J. Walker, K. Madsen, J. R. O'Kusky, A. M. Buchan, and K. Jacobson. (2008). Saccharomyces boulardii ameliorates Citrobacter rodentium-induced colitis through actions on bacterial virulence factors. American Journal of Physiology-Gastrointestinal, 294 (1): 295-306.
Yan, F., and P. Waldroup. (2006). Evaluation of Mintrex® manganese as a source of manganese for young broilers. International Journal of Poultry Science, 5 (8):708-713.
Yuceer, M., M. S. Aday, and C. Caner. (2016). Ozone treatment of shell eggs to preserve functional quality and enhance shelf life during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96 (8):2755-2763.