تأثیر استفاده از نانوذرات سلنیوم در جیره بر سلامت و عملکرد طیور

حسنا حاجاتی[1*]

۱- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

** نویسنده مسئول: h.hajati@areeo.ac.ir*

تاریخ دریافت: تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲

چکیده

حاجاتی، ح. ۱۴۰۰. تأثیر استفاده از نانوذرات سلنیوم در جیره بر سلامت و عملکرد طیور. مجله ترویجی علوفه و خوراک دام. ۲ (۲): ۱۰۴-۹۷.

امروزه بحث استفاده از نانوتکنولوژی در تغذیه طیور، بسیار مورد توجه قرار گرفته است که در این زمینه، استفاده از نانوذرات مواد معدنی در الویت اهمیت قرار دارد. بعضی از این مواد، در دما و فشار بالا پایدار هستند و نیز به راحتی می‌توانند در دستگاه گوارش مورد هضم و جذب قرار گیرند. نتایج تحقیقات در دهه اخیر نشان داد که افزودن نانو ذرات سلنیوم به جیره طیور، سبب بهبود عملکرد رشد، ضریب تبدیل غذایی، تولیدمثل، تولید تخم، پاسخ ایمنی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی و همچنین بهبود کیفیت گوشت و تخم و تعادل میکروبی روده می‌شود. از لحاظ اثرات زیست محیطی، استفاده از نانوذرات سلنیوم در جیره طیور، در مقایسه با منابع معمول سلنیوم، دفع سلنیوم به محیط را کاهش خواهد داد و این امر در کاهش آلودگی‌های محیطی و حفظ سلامت جامعه، از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین استفاده از نانوذرات سلنیوم در جیره طیور، با توجه به اثرات آن برکمیت و کیفیت تولیدات و نیز کاهش آلودگی زیست محیطی به ویژه در شرایط بروز انواع تنش‌ها، توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: نانوسلنیوم، ایمنی بدن، عملکرد، طیور

مقدمه

صنعت طیور با تأمین گوشت و تخم مرغ غنی از پروتئین، به رفع نیاز روزافزون جمعیت انسانی، کمک شایانی می‌کند. اخیراً، این صنعت به علت افزایش هزینه نهاده‌ها (نظیر خوراک، دارو، واکسن و ...)، بروز انواع تنش‌ها و بیماری‌ها (نظیر عفونت‌های میکروبی) و عوامل زیستی (نظیر آلودگی و تغییرات محیط زیست)، دچار چالش‌هایی شده است که می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد تولیدی دام و طیور داشته باشد (٦). از راهکارهای مختلفی برای برطرف کردن این چالش‌ها و افزایش عملکرد تولیدی و سطح ایمنی طیور استفاده شده است که برخی از مهمترین آن‌ها عبارتند از: افزودن محرک‌های رشد و مواد مغذی، استفاده از فراورده‌های دارویی، افزودن عناصر معدنی کم نیاز و آنتی اکسیدان‌ها به خوراک و همچنین بهبود انتخاب ژنتیکی و شیوه‌های مدیریتی (٤). افزودن عناصر معدنی کم نیاز به جیره طیور، به علت نقش‌های بسیار مهم این عناصر در رشد، متابولیسم و ایمنی پرنده‌ها، بسیار مورد بررسی قرار گرفته است. سلنیوم یکی از عناصر معدنی کم نیاز ضروری برای طیور است که کارکردهای فیزیولوژیکی متنوعی مرتبط با هموستازی سلولی، متابولیسم بدن و دفاع آنتی اکسیدانی دارد. اولین بار در سال ۱۹۵۷ اسچوآرتز و فولتر دریافتند که عنصر سلنیوم می‌تواند جایگزین ویتامین E در جیره غذایی موش شود و از بروز نکروز کبدی در موش‌ها جلوگیری کند. سلنیوم از جمله اجزای بنیادی موجود در حداقل ۲۵ نوع سلنوپروتئین موجود در بدن طیور می‌باشد که تنظیم کننده سیستم‌های آنزیمی کنترل‌کننده رادیکال‌های آزاد اکسیژن فعال، می‌باشند. سلنیوم موجود در خوراک، نقش کلیدی در ایمنی، رشد و باروری طیور دارد و لازم است به مقدار مطلوب در جیره موجود باشد تا عملکرد تولیدی و تولیدمثلی بالای پرنده‌ها حفظ شود. در دهه اخیر، نانوتکنولوژی توجه زیادی را در مباحث مرتبط با تشخیص بیماری، دارو و تغذیه به خود جلب نموده است و استفاده از مواد نانو در تغذیه طیور بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است.

شکل ۱- تأثیر بیولوژیکی مفید عناصر معدنی به شکل نانو در پرندگان

در حقیقت کاربرد اصلی نانوتکنولوژی در صنعت طیور، شامل: استفاده از عناصر معدنی نانو می‌باشد که می‌تواند هر گونه رفتار آنتاگونیست ناشی از استفاده از عناصر معدنی غیرآلی در دستگاه گوارش را کاهش و زیست فراهمی عنصر مغذی را افزایش دهد (۲۲). امروزه نانوسلنیوم به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است زیرا ذرات نانو، خصوصیات ویژه‌ای نظیر: فعالیت سطحی عالی، کارایی کاتالیتیک خوب، توانایی جذب زیاد و سمیت کم دارند. محققین گزارش کرده‌اند که تغذیه نانوذرات سلنیوم، سبب افزایش حداکثری غلظت این عنصر، در تخم مرغ‌ها می‌شود؛ بعلاوه در زرده تخم مرغ‌های غنی‌شده با نانو- سلنیوم که به مدت ۱۵ روز، در دمای اتاق ذخیره شدند، فعالیت بیشتر گلوتاتیون پراکسیداز و غلظت کمتر مالون دی آلدئید نیز، مشاهده شد. هم‌چنین، افزودن نانوسلنیوم سبب بهبود پروفایل اسیدهای چرب تخم مرغ به وسیله کاهش نسبت اسیدهای چرب اشباع به غیراشباع شد (۲۰). نتایج تحقیقات پیشین، نشان داده که افزودن نانوسلنیوم به جیره مرغ‌های تخم‌گذار به طور معنی‌داری سطح لیپید و کلسترول زرده تخم مرغ و پلاسمای خون پرنده‌ها را کاهش و سطح لیپوپروتئین با دانسیته بالا در زرده تخم مرغ و پلاسمای خون را افزایش داد (۲۰). به علاوه، نانوذرات مغذی در تغذیه طیور جهت کاهش جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا و افزایش جمعیت باکتری‌های پروبیوتیکی و بهبود عملکرد پرنده، بکار برده شده‌اند. نشان داده شده است که استفاده از نانوذرات روی در تغذیه جوجه‌های گوشتی، سبب بهبود عملکرد شده است (۱۵). در مطالعه دیگری نیز افزودن نانوذرات سلنیوم و نقره به جیره جوجه‌های گوشتی، سبب بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی و کاهش تنش اکسیداتیو شد. به‌علاوه، مشخص شده که افزودن نانوذرات مس، سبب بهبود پاسخ ایمنی و رشد پرنده‌ها شده است. تحقیقات نشان داده که استفاده از نانوذرات آهن، جوجه‌درآوری و رشد طیور را بهبود داده است. استفاده از نانوذرات سلنیوم می‌تواند کارایی خوراک، تولیدمثل، رشد و پاسخ‌های ایمنی را بهبود دهد. تغذیه جوجه‌ها با ذرات نانوسلنیوم به میزان ۰/۳ میلی گرم در کیلوگرم خوراک سبب افزایش معنی دار تیتر IgG و IgM در سرم خون پرنده‌ها شده است (۱۶).

تأثیر نانوذرات سلنیوم بر سلامت و وضعیت آنتی اکسیدانی طیور

سیستم‌های فیزیولوژیک و ماکرومولکول‌های آن، به عوامل محرک تنش اکسیداتیو که هموستازی سلولی را مختل می‌کنند، حساس هستند. تنش اکسیداتیو سبب تولید گونه‌های اکسیژن فعال نظیر: رادیکال‌های پراکسید هیدروژن، سوپراکسیدها و هیدروکسیدها می‌شود که فرایند مرگ سلولی را در سطح سلول تحریک می‌کنند. سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی، گونه‌های اکسیژن فعال را از طریق آنزیم‌های زیادی خنثی می‌کنند که این آنزیم‌ها عبارتند از: گلوتاتیون اس- ترانسفراز، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز. محققان مختلف تأثیر آنتی اکسیدانی سلنیوم را بر ماندگاری گوشت جوجه‌های گوشتی در برابر صدمات اکسیداتیو، گزارش کرده‌اند (۱۲، ۱۳ و ۲۳). مشخص شده است که آنتی اکسیدان‌های طبیعی به وسیله کاهش تشکیل رادیکال‌های آزاد و پیشگیری از پراکسیداسیون لیپید، نقش حیاتی در محافظت سلول‌ها علیه گونه‌های اکسیژن فعال دارند. به علاوه، در سیستم آنتی اکسیدانی بدن پرندگان، آنزیم‌های مختلفی فعالیت دارند که شامل: سوپراکسید دیسموتاز (SOD, EC ۱.۱۵.۱.۱)، گلوتاتیون پراکسیداز (GPx, EC ۱.۱۱.۱.۹) و کاتالاز (EC, ۱.۱۱.۱.٦) می‌باشد.

در حقیقت سلنیوم یک ماده معدنی کم نیاز است که مکانیسم دفاع آنتی اکسیدانی بدن را به وسیله کنترل ذخیره گلوتاتیون بدن و آنزیم‌های آنتی اکسیدانی وابسته به سلنیوم (گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز) تقویت می‌کند. این آنزیم‌ها می‌توانند به کاهش غلظت رادیکال‌های آزاد پراکسید هیدروژن و پراکسیدهای لیپید کمک کنند و پاسخ سیستم ایمنی را در گونه‌های مختلف حیوانات، تقویت کنند. سلنوسیستئین به عنوان یک جزء ساختاری در سیستم دفاع آنتی اکسیدانی گلوتاتیون پراکسیداز و تیوردوکسین ردوکتاز می‌باشد. به علاوه، نانوذرات سلنیوم در مقایسه با شکل‌های دیگر سلنیوم، می‌توانند از طریق تعدیل سطوح گلوتاتیون پراکسیداز و مالون دی آلدئید و افزایش تولید ایمونوگلوبولین‌ها، وضعیت آنتی اکسیدانی را در پرندگان تحت شرایط تنش گرمایی، بهبود بخشند. همچنین، نشان داده شده است که نانوذرات سلنیوم می‌توانند از تخریب سلولی پیشگیری و سطوح آنزیم های آنتی اکسیدانی (کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز) را در طی مسمومیت با کروم تعدیل کنند (۱۰). در حالی که فعالیت آنتی اکسیدانی اصلی سلنیوم به سلنوپروتئین‌ها نسبت داده می‌شود که نقش بسیار مهم در حذف گونه‌های اکسیژن فعال و سیستم اکسیداسیون- احیا ایفا می‌کنند، سلنیوم می‌تواند بیان ژن گلوتاتیون

High Density Lipo-protein(HDL)

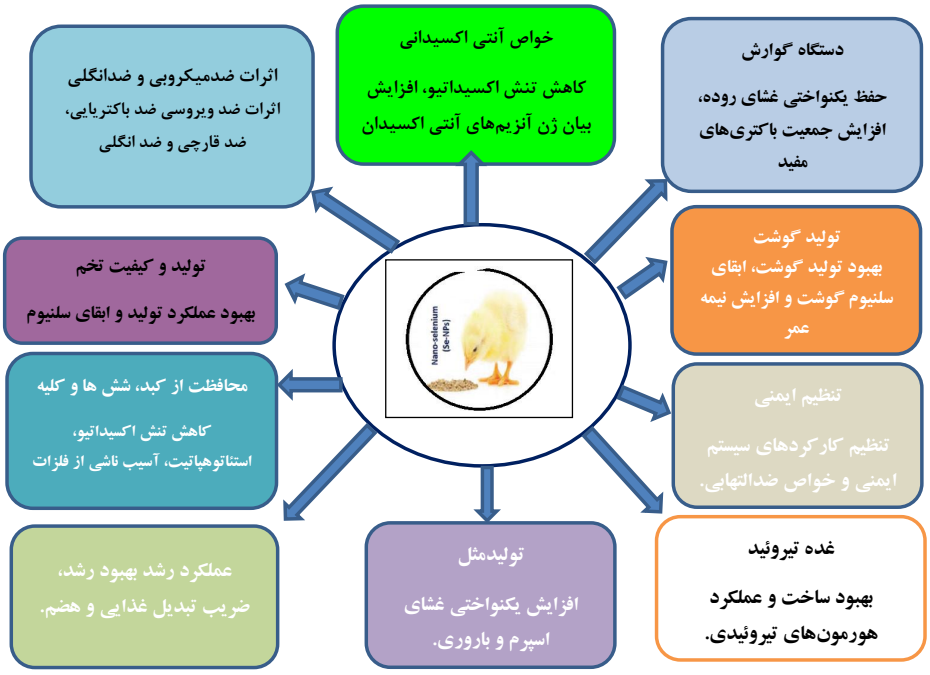
پراکسیداز را از طریق تشکیل سلنوفسفات افزایش دهد. تحقیقات نشان داده است که وضعیت آنتی اکسیدانی و سیستم ایمنی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی نانوذرات سلنیوم در سطوح ۱/۲-۰/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بهتر از گروه کنترل بود و نیز سطوح IgM و IgG در پرندگان تغذیه شده با نانوذرات سلنیوم در مقایسه با دیگر منابع سلنیوم، بالاتر بود (۸). به طور مشابه، افزودن نانوذرات سلنیوم در سطح ۰/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره در مرغ‌های تخم‌گذار، فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز را افزایش داد (۲۰). تأثیر مشابه نانوذرات سلنیوم در جوجه‌های گوشتی در معرض دمای بالای محیط مشاهده شد، به طوری که استفاده از نانوذرات سلنیوم، وضعیت ایمنی، آنتی اکسیدانی و عملکرد رشد را بهبود بخشید (۱٤). مشخص شده که استفاده از نانوذرات سلنیوم از طریق افزایش سطوح آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز ۱ و ٤، وضعیت سیستم ایمنی را در پرندگان تخم‌گذار تقویت می‌کند (۱۵). هرچند گزارش شده است که استفاده از شکل‌های غیرآلی سلنیوم و یا نانوذرات سلنیوم اثر سودمندی در پیشگیری از بروز تنش اکسیداتیو در جوجه‌های گوشتی ندارد اما سلنیوم، نرخ ماندگاری جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشید (۲۸). نانوذرات سلنیوم، پاسخ‌های ایمنی سلولی و هومورال را با افزایش سطوح گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز گلبول‌های قرمز در مرغ‌های تخم گذار و جوجه‌های گوشتی تقویت می‌کند. امروزه مشخص شده است که قابلیت استفاده از ویتامین E در بدن جوجه‌های گوشتی، بستگی به آنزیم‌های آنتی اکسیدانی حاوی سلنیوم دارد و بنابراین برای تضمین استفاده مناسب از این ویتامین گران قیمت، مصرف کافی سلنیوم، ضروری می باشد.

تأثیر نانوذرات سلنیوم بر عملکرد رشد و باروری طیور

استفاده از نانوذرات سلنیوم با توجه به تأثیر آن بر عملکرد طیور، بارها مورد ارزیابی قرار گرفته است. مطالعات زیادی مشخص نموده‌اند که در مقایسه با منابع غیرآلی سلنیوم نظیر سلنیت سدیم، استفاده از نانوذرات سلنیوم، سبب بهبود عملکرد رشد و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی می‌شود. استفاده از جیره‌های حاوی نانوذرات سلنیوم در سطوح ۰/۲، ۰/۳، ۰/٤ و ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک، سبب بهبود عملکرد رشد و خصوصیات لاشه در جوجه‌های گوشتی شد و هیچ‌گونه تأثیر منفی بر اندام‌های داخلی، مشاهده نشد (۲). به علاوه، استفاده از نانوذرات سلنیوم همراه با پروبیوتیک، منجر به بروز اثرات همکوشی شد و به طور معنی‌دار سطوح آلفا-توکوفرول سرم خون، میزان رشد و پروفایل اسیدهای چرب ماهیچه را بهبود بخشید. مطالعات زیادی مشخص نموده‌اند که تغذیه نانوذرات سلنیوم در مقایسه با دیگر شکل‌های سلنیوم، اثر مطلوب بیشتری بر طیور دارد. همچنین نشان داده شده که نانوذرات سلنیوم در افزایش بیان سلنوآنزیم‌ها کارایی قابل مقایسه ای با سلنیوم غیرآلی دارد اما اساساً سمیت آن برای موش‌ها کمتر می‌باشد (۷ برابر کمتر از سلنیت سدیم). به علاوه، محدوده قابل تحمل نانوذرات سلنیوم و همچنین دامنه سطح مطلوب تا سطوح سمی آن نسبت به شکل‌های غیرآلی سلنیوم نیز بیشتر است (۲۹). نیز، Wang و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که نانوذرات سلنیوم همه اثرات سمی سلنیوم غیرآلی را حداقل می‌کند و از آلودگی با عوامل بیماری زا و بروز کبد چرب در مرغ گوشتی پیشگیری می‌کند. جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی نانوذرات سلنیوم در سطوح ۱/۲۰-۰/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی، بهبود معنی‌داری در افزایش وزن بدن، نسبت به مرغ‌های تغذیه شده با سطح ۰/۳ میلی‌گرم/کیلوگرم سلنیوم غیرآلی نشان دادند (۱۱).

این یافته‌ها نشان می‌دهد که در مقایسه با سلنیت سدیم، استفاده از مقدار کم نانوذرات سلنیوم، سبب بروز تأثیر مثبت بر عملکرد طیور می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که افزودن ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذرات سلنیوم، موجب بهبود ضریب تبدیل غذایی، عملکرد رشد، کیفیت گوشت و وضعیت سیستم آنتی اکسیدانی در جوجه‌های گوشتی (۱۸) و مرغ های محلی (۳۰) می شود. نتیجه تحقیق دیگر نشان داد که تغذیه نانوذرات سلنیوم و شکل غیرآلی سلنیوم سبب افزایش ضریب تبدیل غذایی و اضافه وزن بدن روزانه می‌شود (۲٦). اخیراً، نشان داده شده که استفاده از نانوذرات سلنیوم در مقایسه با شکل‌های غیرآلی و یا آلی سلنیوم اثرات بالقوه بیشتری در بهبود کیفیت گوشت جوجه گوشتی منجمد دارد (۱۲). اثرات بیولوژیکی بالقوه نانوذرات سلنیوم در شکل ۲ نشان داده شده است.

تولید تجاری تخم‌مرغ از نظر کیفیت و کمیت و همچنین سلامت بیشتر مرغ‌های تخم‌گذار، برای پروش‌دهندگان طیور بسیار حائز اهمیت می‌باشد. برای حفظ عملکرد بالای مرغ‌های تخم‌گذار، سطوح بهینه مواد معدنی در جیره غذایی مورد نیاز می باشد. به دلیل نقش بسیار مهم سلنیوم در تولید فولیکول و فیزیولوژی تولیدمثل، افزودن آن به جیره، یک راهکار متداول برای بهبود وضعیت سلامتی و تولید تخم‌مرغ می‌باشد (۲۲). اما برخی از محققان گزارش کردند که افزودن نانوذرات سلنیوم در مقایسه با دیگر منابع سلنیوم (سلنیوم مخمر یا سلنومتیونین) به جیره مرغ‌های تخم‌گذار، تأثیری بر تولید و کیفیت تخم‌مرغ ندارد و بدون توجه به منبع سلنیوم،



شکل ۲- اثرات بیولوژیکی نانوذرات سلنیوم در پرندگان

توده و وزن تخم مرغ و ابقای سلنیوم در تخم‌مرغ افزایش یافته است (۱۸). مشخص شده است که بین میزان سلنومتیونین در منابع سلنیوم جیره و ذخیره سلنیوم در بافت ماهیچه جوجه گوشتی، رابطه مستقیم وجود دارد. نتایج محققان پیشین نشان داده است که افزودن ۰/۳- ۰/۲۵ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم در کیلوگرم جیره غذایی مرغ های تخم‌گذار، سبب افزایش تولید و محتوای سلنیوم تخم مرغ می‌شود (۱۵). این یافته‌ها نشان می‌دهد که نانوذرات سلنیوم به طور بالقوه می‌تواند سبب بهبود تولید تخم‌مرغ و تولید تخم‌مرغ‌های غنی از سلنیوم شود. همچنین، سلنیوم به حفظ کارکرد بیضه و ساختارهای سلولی آن و نیز تحرک و کارکرد اسپرم کمک می‌کند (۳). محققان گزارش داده‌اند که مکمل کردن نانوذرات سلنیوم در جیره خروس‌های گله مادر، برای حفظ باروری در گله مسن و تقویت عملکرد تولیدمثلی گله، موثر می‌باشد (۵). مطالعات بیشتری در پرندگان تخم‌گذار لازم است تا اثرات بیولوژیکی نانوذرات سلنیوم در مقایسه با دیگر منابع سلنیوم بر قابلیت جوجه درآوری و پاسخ‌های ایمنی کاملا مشخص شود.

تأثیر نانوذرات سلنیوم بر سلامت روده در طیور

تحقیق در مورد اثرات بالقوه نانوذرات سلنیوم بر توسعه، مورفولوژی، نفوذپذیری و یکنواختی روده در مرغ، محدود می‌باشد اما نشان داده شده است که افزودن نانوذرات سلنیوم (۰/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) سبب بهبود سلامت روده پرندگان از طریق افزایش جمعیت باکتری‌های مفید (گونه های لاکتوباسیل و فکالی باکتری) و تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر به ویژه بوتیریک اسید می‌شود (۹). این امر نشان می‌دهد که نانوذرات سلنیوم به طور بالقوه، توانایی تنظیم اکولوژی میکروبی روده را دارد و به طور معنی‌داری می‌تواند پاسخ ایمنی، سلامت و یکنواختی روده را ارتقا دهد. به علاوه، افزایش تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در روده، یک مزیت به شمار می‌آید زیرا اسیدهای چرب به عنوان منبع انرژی برای سلول‌های روده مصرف می‌شوند. همچنین، افزایش نسبی باکتری‌های *Faecalibacterium prausnitzii* تحت‌تأثیر نانوذرات سلنیوم، تأثیر پروبیوتیک‌های اضافه شده به خوراک را، افزایش می‌دهند. این موضوع افق جدیدی را برای تحقیقات آینده باز

می‌کند تا تأثیر استفاده از نانوذرات سلنیوم بر افزایش میکروب‌های مفید در میکروبیوتای روده و بهبود سلامت روده در مرغ، به دقت مورد بررسی قرار گیرد (۱۹).

تزریق داخل تخم‌مرغی نانوذرات سلنیوم

تکنولوژی تزریق داخل تخم‌مرغی، یک روش کاربردی جدید در تحقیقات و صنعت طیور است که به وسیله آن، می‌توان جنین را واکسینه کرد و یا مواد مغذی را برای جنین در حال توسعه در یک محیط بسته، فراهم کرد. بنابر تحقیقات پیشین، مشخص شده است که تغذیه داخل تخم مرغی، ترکیبات دارای خاصیت آنتی اکسیدانی نظیر نانوذرات سلنیوم، می‌تواند تأثیر تنش گرمایی ناشی از گرمای زیاد و تولید رادیکال‌های آزاد در اواخر دوران انکوباسیون را کاهش دهد و در نتیجه قابلیت جوجه درآوری که یکی از صفات اقتصادی مورد توجه در پرورش مرغ مادر و کارخانه های جوجه کشی است را، افزایش دهد (۱).

مضرات و محدودیت های نانوذرات سلنیوم

به طور کلی، افزودن نانوذرات سلنیوم به جیره با رعایت حدود مجاز، بی‌خطر می‌باشد. سطح مکمل نانوذرات سلنیوم در جیره‌های جوجه‌های گوشتی نباید از ۱/۰ میلی‌گرم درکیلوگرم جیره غذایی بیشتر باشد و دامنه مطلوب افزودن آن بین ۰/۳ تا ۰/۵ میلی‌گرم درکیلوگرم می‌باشد (۷). سطوح بالاتر، ممکن است منجر به تغییر مورفولوژی کبد و القای سمّیت شود. در تحقیقات پیشین، زیست فراهمی و سمیت نانوذرات سلنیوم در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح بیشتر (٤/۲۵ میلی گرم در کیلوگرم جیره) را مورد بررسی قرار گرفت که سبب القای تنش در سطح سلولی، تغییر متابولیسم کربوهیدرات و اسید چرب و تغییر بیان ژن و کارکرد پروتئین‌ها می‌شود (۲۵). این امر اساساً به جذب کنترل نشده نانوذرات سلنیوم به علت اندازه کوچک آن‌ها، نسبت داده می‌شود. نتایج مطالعه روی موش‌ها نشان داد که مصرف سلنیوم در سطح ۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، سبب کاهش رشد موش‌ها شد، در حالی که سطح ٦/٤ میلی‌گرم سلنیوم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن موش، سبب بروز تغییرات کبدی و کم خونی و سطح ۸ میلی‌گرم سلنیوم به ازای کیلوگرم وزن بدن، سبب افزایش مرگ و میر موش ها شد. مطالعات بیشتری مورد نیاز است تا سمیت نانوذرات سلنیوم و اثرات مضر بالقوه آنها در طیور، کاملاً روشن شود.

نتیجه گیری

نتایج تحقیقات نشان داده است که استفاده از نانوذرات سلنیوم، سبب تقویت سیستم ایمنی و بهبود عملکرد طیور می‌شود و محتوای سلنیوم تخم‌مرغ و گوشت را نیز افزایش می‌دهد که می‌تواند به عنوان یک غذای فراسودمند مورد مصرف انسان قرار گیرند. همچنین با توجه به افزایش جذب روده‌ای نانوذرات سلنیوم در مقایسه با منابع معمول سلنیوم، دفع سلنیوم به محیط، کمتر خواهد شد و این امر در کاهش آلودگی‌های محیطی و حفظ سلامت جامعه، حائز اهمیت می‌باشد.

توصیه ترویجی

به پرورش‌دهندگان محترم طیورتوصیه می‌شود، به منظور افزایش کمی و کیفی محصولات طیور و نیز کاهش آلودگی محیط، با مشورت متخصص تغذیه طیور، استفاده از نانوذرات سلنیوم با دوز مناسب را به ویژه در شرایط بروز تنش گرمایی و یا چالش بیماری‌های عفونی، مورد توجه قرار دهند.

منابع:

1. Abbas, D. A., Hasan, T. K., & Taha, A. T. (2020, August). Effect of in ovo-injection with Nano-Selenium on hatchability and post-hatch biological parameters in quail. In IOP *Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 553, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.

2. Ahmadi, M., Ahmadian, A., & Seidavi, A. R. (2018). Effect of Different Levels of Nano-selenium on Performance, Blood Parameters, Immunity and Carcass Characteristics of BroilerChickens. *Poultry Science Journal,* 6(1), 99-108.

3. Ahsan, U., Kamran, Z., Raza, I., Ahmad, S., Babar, W., Riaz, M. H., & Iqbal, Z. (2014). Role of selenium in male reproduction—A review. *Animal reproduction science,* 146(1-2), 55-62.

4. Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Saeed, M., Naveed, M., Arain, M. A., Arif, M., & Dhama, K. (2020). Nutritional applications and beneficial health applications of green tea and l-theanine in some animal species: A review. *Journal of animal physiology and animal nutrition,* 104(1), 245-256.

5. Alavi, M. H., Allymehr, M., Talebi, A., & Najafi, G. (2020). Comparative effects of nano-selenium and sodium selenite supplementations on fertility in aged broiler breeder males. *In Veterinary Research Forum* (Vol. 11, No. 2, p. 135). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.

6. Arif, M., Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Saeed, M., Arain, M. A., & Elnesr, S. S. (2019). Humic acid as a feed additive in poultry diets: a review. Iranian journal of veterinary research, 20(3), 167.

7. Cai, S. J., Wu, C. X., Gong, L. M., Song, T., Wu, H., & Zhang, L. Y. (2012). Effects of nano-selenium on performance, meat quality, immune function, oxidation resistance, and tissue selenium content in broilers. *Poultry Science,* 91(10), 2532-2539.

8. Fuxiang, W., Huiying, R., Fenghua, Z., Jinquan, S., Jianyang, J., & Wenli, L. (2008). Effects of nano-selenium on the immune functions and antioxidant abilities of broiler chickens. *Chinese Agricultural Science Bulletin,* 2, 831-835.

9. Gangadoo, S., Stanley, D., Hughes, R. J., Moore, R. J., & Chapman, J. (2016). Nanoparticles in feed: Progress and prospects in poultry research. *Trends in Food Science & Technology,* 58, 115-126.

10. Hassanin, K. M., Abd El-Kawi, S. H., & Hashem, K. S. (2013). The prospective protective effect of selenium nanoparticles against chromium-induced oxidative and cellular damage in rat thyroid. *International Journal of Nanomedicine,* 8, 1713.

11. Hu, C. H., Li, Y. L., Xiong, L., Zhang, H. M., Song, J., & Xia, M. S. (2012). Comparative effects of nano elemental selenium and sodium selenite on selenium retention in broiler chickens. *Animal feed science and technology,* 177(3-4), 204-210.

12. Ibrahim, D., Kishawy, A.T., Khater, S.I., Hamed Arisha, A., Mohammed, H.A., Abdelaziz, A.S., El-Rahman, A., Ghada, I., & Elabbasy, M.T. (2019). Effect of dietary modulation of selenium form and level on performance, tissue retention, quality of frozen stored meat and gene expression of antioxidant status in ross broiler chickens. *Animals,* 9(6), 342.

13. Korzeniowska, M., Króliczewska, B., & Kopeć, W. (2018). Effect of dietary selenium on protein and lipid oxidation and the antioxidative potential of selected chicken culinary parts during frozen storage. Journal of Chemistry, 2018.

14. Mahmoud H, E. D., Ijiri, D., Ebeid, T. A., & Ohtsuka, A. (2016). Effects of dietary nano-selenium supplementation on growth performance, antioxidative status, and immunity in broiler chickens under thermoneutral and high ambient temperature conditions. *The Journal of Poultry Science,* 0150133.

15. Meng, T., Liu, Y. L., Xie, C. Y., Zhang, B., Huang, Y. Q., Zhang, Y. W., & Wu, X. (2019). Effects of different selenium sources on laying performance, egg selenium concentration, and antioxidant capacity in laying hens. *Biological trace*

16. Mohammadi, E., Janmohammadi, H., Olyayee, M., Helan, J. A., & Kalanaky, S. (2020). Nano selenium improves humoral immunity, growth performance and breast-muscle selenium concentration of broiler chickens. *Animal Production Science,* 60(16), 1902-1910.

17. Mohammadi, V., Ghazanfari, S., Mohammadi-Sangcheshmeh, A., & Nazaran, M. H. (2015). Comparative effects of zinc-nano complexes, zinc-sulphate and zinc-methionine on performance in broiler chickens. *British poultry science*, 56(4), 486-493.

18. Mohapatra, P., Swain, R. K., Mishra, S. K., Behera, T., Swain, P., Mishra, S. S., & Jayasankar, P. (2014). Effects of dietary nano-selenium on tissue selenium deposition, antioxidant status and immune functions in layer chicks. *International Journal of Pharmacology*, 10(3), 160-167.

19. Nabi, F., Arain, M. A., Hassan, F., Umar, M., Rajput, N., Alagawany, M., & Liu, J. (2020). Nutraceutical role of selenium nanoparticles in poultry nutrition: a review. *World's Poultry Science Journal,* 76(3), 459-471.

20. Radwan, N. L., Eldin, T. S., El-Zaiat, A. A., & Mostafa, M. A. (2015). Effect of dietary nano-selenium supplementation on selenium content and oxidative stability in table eggs and productive performance of laying hens. *International Journal of Poultry Science,* 14(3), 161.

21. Safdari-Rostamabad, M., Hosseini-Vashan, S. J., Perai, A. H., & Sarir, H. (2017). Nanoselenium supplementation of heat-stressed broilers: effects on performance, carcass characteristics, blood metabolites, immune response, antioxidant status, and jejunal morphology. *Biological Trace Element Research,* 178(1), 105-116.

22. Surai, P. F., Kochish, I. I., & Velichko, O. A. (2017). Nano-Se assimilation and action in poultry and other monogastric animals: is gut microbiota an answer? *Nanoscale research letters*, 12(1), 1-7.

23. Vieira, V. I., Durau, J. F., Schramm, V. G., Bassi, L. S., Oliveira, S. G., & Maiorka, A. (2020). Effect of Selenium Supplementation in Broiler Diets on Breast Meat Deposition. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 22(1).

24. Wang, C., Wang, M. Q., Ye, S. S., Tao, W. J., & Du, Y. J. (2011). Effects of copper-loaded chitosan nanoparticles on growth and immunity in broilers. *Poultry science,* 90(10), 2223-2228.

25. Wang, H., Zhang, J., & Yu, H. (2007). Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes: comparison with selenomethionine in mice. *Free Radical Biology and Medicine*, 42(10), 1524-1533.

26. Wang, Y. (2009). Differential effects of sodium selenite and nano-Se on growth performance, tissue Se distribution, and glutathione peroxidase activity of avian broiler. *Biological trace element research,* 128(2), 184-190.

27. Weekley, C. M., & Harris, H. H. (2013). Which form is that? The importance of selenium speciation and metabolism in the prevention and treatment of disease. *Chemical Society Reviews,* 42(23), 8870-8894.

28. Xueting, L., Rehman, M. U., Mehmood, K., Huang, S., Tian, X., Wu, X., & Zhou, D. (2018). Ameliorative effects of nano-elemental selenium against hexavalent chromium-induced apoptosis in broiler liver. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(16), 15609-15615.

29. Zhang, J., Wang, X., & Xu, T. (2008). Elemental selenium at nano size (Nano-Se) as a potential chemopreventive agent with reduced risk of selenium toxicity: comparison with se-methylselenocysteine in mice. *Toxicological sciences,* 101(1), 22-31.

30. Zhou, X., & Wang, Y. (2011). Influence of dietary nano elemental selenium on growth performance, tissue selenium distribution, meat quality, and glutathione peroxidase activity in Guangxi Yellow chicken. *Poultry Science,* 90(3), 680-686.