

Research Article**Biological Evaluation of Substitution Different Levels of Nano Dicalcium Phosphate with Dicalcium Phosphate on Performance, Carcass Traits and Some Immune Parameters of Japanese Quails**

Mehrdad Mehrbod, Sayed Nouraldin Tabatabaei*, Majid Toghyani*, Sayed Ali Tabeidian, Amir Davar Foroozandeh

Department of Animal Science Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

*Corresponding authors: sntabaei@yahoo.com; toghiani@hotmail.com

Received: 27 February 2025

Accepted: 03 September 2025

DOI: 10.60833/ascij.2026.1200634

Abstract

The use of dicalcium phosphate Nanoparticles as the main source of phosphorus and calcium in quail diets is one of the most important ways to increase their performance and production profitability. The aim of the current study was to evaluate the biological effect of substitution different levels of Nano dicalcium phosphate with dicalcium phosphate on growth performance, carcass traits and immune titer in Japanese quails. A total of 360 quails were used with 3 different levels of dicalcium phosphate and Nano dicalcium phosphate and 5 replicates and 12 quails per replicate for 35 days period of time. The weight gain, feed intake and feed conversion ratio were calculated during the experiment. At the end of the experimental period, two quails were selected from each cages and after slaughter, the carcass traits and relative organ weights were examined. The blood samples were taken and antibody titers against sheep red blood cells (SRBC) and influenza virus vaccine (NDV) were evaluated. The results showed that the feed intake, body weight gain and feed conversion ratio improved significantly in Nano dicalcium phosphate treatments ($p \leq 0.05$). The carcass yield, gizzard and proventriculus were increased in Nano dicalcium phosphate groups compared to the control ($p \leq 0.05$). The results indicated none significant changes in immune titers and antibody production against SRBC and NDV in Nano dicalcium phosphate groups compared to the others ($p \geq 0.05$). Overall, the results of this study showed the benefits of substitution different levels of Nano dicalcium phosphate with dicalcium phosphate on growth performance, carcass traits and improving the immune system of Japanese quails.

Keywords: Nano dicalcium phosphate, Japanese quail, Performance, Carcass traits, Immune titer.



ارزیابی بیولوژیک اثر جایگزینی سطوح مختلف نانو دی‌کلسیم فسفات با دی‌کلسیم فسفات بر عملکرد، صفات لاشه و تیترایمی در بلدرچین‌های ژاپنی

مهرداد مهربد، سید نور الدین طباطبایی*، مجید طغیانی*، سید علی تبعیدیان، امیردور فروزنده

گروه علوم دامی واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

*مسئول مکاتبات: toghiani@hotmail.com, sntabae@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۹

DOI: 10.60833/ascij.2026.1200634

چکیده

استفاده از نانو ذرات دی‌کلسیم فسفات به عنوان منبع اصلی فسفر و کلسیم در جیره بلدرچین یکی از مهم‌ترین راه‌های افزایش سودآوری عملکرد و تولید آنهاست. به منظور ارزیابی بیولوژیک اثر جایگزینی سطوح مختلف نانو دی‌کلسیم فسفات با دی‌کلسیم فسفات بر عملکرد رشد، صفات لاشه و برخی از پارامترهای ایمنی در بلدرچین‌های ژاپنی، تعداد ۳۶۰ عدد بلدرچین مشتمل بر شش سطح مختلف مصرف دی‌کلسیم فسفات و نانو دی‌کلسیم فسفات و با ۵ تکرار برای هر سطح و ۱۲ عدد بلدرچین در هر تکرار به مدت ۳۵ روز مورد آزمایش قرار گرفتند. در حین دوره آزمایش میزان افزایش وزن، مصرف غذا و ضریب تبدیل غذایی آنها بررسی گردید. در انتهای دوره آزمایش دو قطعه بلدرچین از هر جایگاه انتخاب و پس از کشتار آنها و جداسازی امعا و احشاء داخلی به منظور بررسی بازده لاشه و اندام‌های پیش معده و سنگدان، نمونه‌های خون نیز به منظور ارزیابی تیتراآنتی‌بادی علیه گلبول‌های قرمز گوسفندی و واکسن علیه بیماری ویروسی آنفولانزا جمع‌آوری و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی بلدرچین‌ها در تیمارهای نانو دی‌کلسیم فسفات در مقایسه با گروه‌های تغذیه شده با دی‌کلسیم فسفات معمولی به طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) بهبود یافت. نتایج این مطالعه نشان داد بازده لاشه و وزن نسبی سنگدان و پیش معده تحت تاثیر مصرف نانو دی‌کلسیم فسفات نسبت به گروه شاهد افزایش یافت ($p \leq 0/05$). ارزیابی تیتراآنتی‌بادی نشان‌دهنده بهبود غیرمعنی‌دار تیتراایمنی و تولید پادتن علیه آنتی‌بادی گلبول‌های قرمز گوسفندی و ویروس آنفولانزا در گروه‌های مصرف‌کننده سطوح مختلف نانو دی‌کلسیم فسفات نسبت به گروه شاهد ($p \geq 0/05$) بود. به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان‌دهنده سودمندی جایگزینی سطوح مختلف نانو دی‌کلسیم فسفات با دی‌کلسیم فسفات بر عملکرد رشد، صفات لاشه و بهبود وضعیت سیستم ایمنی در بلدرچین‌های ژاپنی بود.

کلمات کلیدی: نانو دی‌کلسیم فسفات، بلدرچین ژاپنی، عملکرد رشد، صفات لاشه، تیتراایمنی.

مقدمه

همه نیازهای غذایی موجود را تامین کند و در عین حال نیز متعادل و اقتصادی نیز باشد همواره مورد توجه محققین و پرورش‌دهندگان بوده است (۱).

یکی از اساسی‌ترین مباحث مربوط به پرورش طیور تامین مواد مغذی مورد نیاز آنها در طی دوره پرورش می‌باشد. بهره‌مندی از یک جیره غذایی کامل که بتواند

فسفر به عنوان عنصر کلیدی در فرآیندهای سوخت-وساز و تشکیل غشاء سلولی سلول‌های بدن موجودات زنده بسیار با اهمیت می‌باشد (۲، ۳). همچنین عنصر کلسیم اهمیت بسزایی در شکل‌گیری بافت‌های سخت و استخوان‌های بدن دارد که همواره به عنوان تکیه‌گاه اصلی بافت عضلانی محسوب می‌گردد (۴، ۵). علاوه بر این عنصر فسفر در بسیاری از واکنش‌های انتقال انرژی، اکسیداسیون، سوخت‌وساز، احیاء و ذخیره سازی انرژی مورد نیاز می‌باشد. غلات مورد استفاده در خوراک طیور دارای مقادیر اندکی فسفر می‌باشند و بخش زیادی از فسفر موجود در آن‌ها نیز به صورت فسفر فیتاته است، که به دلیل نوع اتصالات شیمیایی آن و تولید اندک آنزیم فیتاز در طیور، دارای قابلیت دسترسی پائینی در بدن پرندگان می‌باشد (۶). به همین دلیل استفاده از مکمل‌های معدنی فسفر در جیره‌های طیور برای تأمین فسفر مورد نیازشان امری ضروری می‌باشد (۷، ۸). بسیاری از تولیدکنندگان و پرورش‌دهندگان از فرم کربنات کلسیم برای تأمین کلسیم جیره استفاده می‌کنند (۹). استفاده از فرم‌های نانو کلسیم می‌تواند تا حدود زیادی میزان جذب و در نتیجه رشد بلدرچین‌ها را افزایش دهد (۱۰). وجود محدودیت‌های جدی در تأمین فسفر جیره و جذب محدود این عناصر در دستگاه گوارش طیور و از بین رفتن قسمت وسیعی از آن‌ها حین مراحل تهیه غذا و عمل آوری از جمله مهم‌ترین دلایل عملکرد پایین این عناصر در جیره می‌باشد (۱۱). در مطالعات اخیر گزارش شده است که با توجه به اینکه دفع فسفر از بدن موجودات زنده برای محیط زیست خطرناک می‌باشد، استفاده از نانو دی‌کلسیم فسفات (CaHPO_4) می‌تواند به عنوان یک راهکار عملی که باعث کاهش دفع فضولات به محیط زیست به صورت جدی مورد توجه قرار گیرد (۱۲). ساختار نمکی دی‌کلسیم فسفات با گرانول‌های درشت

جذب و جداسازی عناصر فسفر و کلسیم را سخت می‌کند (۱۳). در این حالت ظهور تکنولوژی‌های نوین از جمله نانوتکنولوژی با بهره‌گیری از ذرات بسیار کوچک در حد نانو متر به عنوان یکی از علوم نوظهور باعث انقلاب عظیمی در علوم تغذیه‌ای دام و طیور شده است (۱۴). تغییر ساختار درشت مولکولی نمک دی‌کلسیم فسفات به ذرات در حد نانو می‌تواند تا حدود زیادی از معایب جذب پایین و کند فسفر و کلسیم بکاهد (۱۵). دی‌کلسیم فسفات و جذب این عناصر به علت افزایش سطح جذب در دستگاه گوارش طیور پرورشی می‌تواند تا حد بسیار زیادی موجب افزایش دسترسی به عناصر ضروری فسفر و کلسیم گردد و در نتیجه علاوه بر رفع کمبودهای موجود باعث افزایش رشد و تولید در واحدهای پرورشی گردد. تکنولوژی نانو، تا کنون جهت افزایش جذب اسیدهای چرب ضروری، اسانس‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و داروهای گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۶). در مطالعه‌ای نتایج حاکی از بهبود وضعیت فلور میکروبی روده جوجه‌ها با استفاده از مکمل دی‌کلسیم بود که با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری داشت (۱۷). نتایج محققان دیگر همچنین نشان داد جایگزینی نانو دی‌کلسیم فسفات در جیره‌های غذایی در سطوح ۴۰ و ۵۰ درصد می‌تواند ایمنی جوجه‌های گوشتی و مورفولوژی روده را بهبود بخشد (۱۸). با توجه به تحقیقات متعددی که اثرات مثبت استفاده از فناوری نانو در بهبود راندمان و افزایش سرعت جذب مواد غذایی نشان می‌دهد، هدف از انجام این تحقیق بررسی استفاده از فناوری نانو در بهبود راندمان و کاهش میزان استفاده از دی‌کلسیم فسفات به عنوان متداول‌ترین منبع فسفر درجیره غذایی بلدرچین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری مورد مطالعه و جیره‌های آزمایشی: در شروع آزمایش تمام بلدرچین‌ها به صورت دسته جمعی توزین و بر اساس اوزان به دست آمده به گروه‌های با میانگین وزنی یکسان در بین تیمارهای مختلف، تقسیم شدند. در این آزمایش تیمارها شامل: تیمار اول شامل تکمیل نیاز جیره با ۱۰۰ درصد دی‌کلسیم فسفات (DCP) تیمار دوم شامل غنی‌ساز جیره با ۸۰ درصد دی‌کلسیم فسفات (DCP) تیمار سوم شامل غنی‌ساز جیره ۶۰ درصد دی‌کلسیم فسفات (DCP) تیمار چهارم شامل جیره حاوی ۱۰۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات (NDCP) تیمار پنجم شامل جیره حاوی ۸۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات (NDCP) و تیمار ششم شامل جیره حاوی ۶۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات (NDCP) بود. ترکیب مواد مغذی جیره غذای بلدرچین‌ها براساس جداول نیازهای غذایی NRC ۱۹۹۴ تنظیم گردید (جدول ۱).
تهیه نانو ذرات دی‌کلسیم فسفات: دی‌کلسیم مورد استفاده در این آزمایش از شرکت پارس شیمی به شماره دامپزشکی ۴۷-۸۷ D.C.P تهیه گردید. سپس به میزان ۴۰ گرم نمونه همگن دی‌کلسیم فسفات به آزمایشگاه فرستاده شد و بر طبق استاندارد ملی ایران به شماره ISIR 2513 و ISIR 513 میزان فسفر و کلسیم نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس دی‌کلسیم فسفات مورد استفاده دارای ۱۸/۵۸ درصد فسفر و ۲۲/۱۷ درصد کلسیم بود. نانوکودن دی‌کلسیم فسفات توسط مرکز پژوهش‌های نانو فناوری و مواد پیشرفته دانشگاه صنعتی اصفهان صورت گرفت و ذرات نانو دی‌کلسیم فسفات در اندازه‌ای کمتر از ۱۰۰ نانومتر تولید شدند. روش تولید ذرات نانو دی‌کلسیم فسفات در این مرکز توسط دستگاه آلتراسونیک انجام گردید (شکل ۱).
اندازه گیری شاخص‌های عملکرد: شاخص‌های میزان مصرف خوراک (گرم)، اضافه وزن روزانه و

ضریب تبدیل غذایی بر اساس روابط زیر مورد محاسبه قرار گرفت. میزان غذای مصرفی در پایان هر هفته بر اساس میزان غذای خورده شده از مقدار دریافت شده در اول هفته و مقدار باقی مانده در انتهای هفته تعیین گردید.

میانگین مصرف خوراک هر جوجه (گرم) = خوراک داده شده - خوراک باقی مانده / تعداد جوجه × تعداد روزهای دوره همچنین میزان افزایش وزن هر جوجه در دوره بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید:

میانگین مصرف خوراک هر جوجه (گرم) = وزن جوجه‌های هر گروه در ابتدای دوره - وزن جوجه‌های هر گروه در انتهای دوره / تعداد روزهای دوره

ضریب تبدیل غذایی نیز که رابطه بین میزان غذای خورده شده و افزایش وزن گرفته شده را نشان می‌دهد نیز از طریق رابطه زیر محاسبه شد.

ضریب تبدیل غذایی = مقدار غذای مصرفی در طول دوره مورد نظر (گرم) / میزان افزایش دوره مورد نظر (گرم)

تلفات: وضعیت تلفات در طول دوره به شکل روزانه بررسی گردید. هر روز یک نوبت جهت جمع‌آوری تلفات احتمالی در نظر گرفته شد و تلفات از داخل قفس‌ها خارج گردید و مشخصات تلفات از جمله سن، نوع تیمار، دلیل تلفات، وزن و تاریخ ثبت گردید.

بررسی صفات لاشه: به منظور بررسی صفات لاشه در سن ۳۵ روزگی دو قطعه بلدرچین از هر تکرار به طور تصادفی انتخاب و پس از کشتار و جداسازی امعاء و احشاء داخلی بازده لاشه، وزن نسبی سنگدان و پیش معده مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۹).

ارزیابی تیترایمی: در انتهای دوره آزمایش در سن ۳۵ روزگی از هر جایگاه ۲ از دو قطعه بلدرچین توسط سرنگ (ونوجکت) به مقدار ۴ میلی‌لیتر خون-گیری شد و بعد از لخته شدن با دستگاه سانتریفوژ، سرم خون جدا شده و در لوله‌های مخصوص (اپن دورف) قرار داده شد و برای ارزیابی آنتی‌بادی و تیترا

ایمنی (تولید پادتن علیه پادگن) تزریق گلوبول قرمز
گوسفندی SRBC و تزریق واکسن علیه ویروس
بیماری نیوکاسل NDV به آزمایشگاه سرولوژی انتقال
داده شد و تیتراژ ایمنی و عیار پادتن با استفاده از روش
ELISA و روش HI مهار هماگلوتیناسیون مورد
بررسی قرار گرفت (۲۰).
تجزیه و تحلیل آماری: داده‌های جمع‌آوری شده با
استفاده از نرم‌افزار Excel و SPSS نسخه ۲۶ مورد
تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه بین میانگین
تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد ($p \leq 0.05$) بر
اساس آزمون توکی صورت گرفت. مدل آماری این
تحقیق به شرح زیر بود: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ که در آن Y_{ij} :
مقدار مشاهده تیمار، μ : میانگین جامعه آماری، T_i : اثر
تیمار و e_{ij} : اثر خطای آزمایشی بودند.

جدول ۱- جیره آزمایشی مورد استفاده در مراحل آغازین و دوره رشد بلدرچین‌ها

Table1. Experimental diet used in the initial stages and growth period of quails

Ingredients (% diet)	DCP (100%)	DCP (80%)	DCP (60%)	NDCP (80%)	NDCP (60%)	NDCP (100%)
Corn Grain	49.01	49.01	49.01	49.01	49.01	49.01
Soybean meal	45.08	45.08	45.08	45.08	45.08	45.08
Oil	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82
Methionine	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Lysine	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Threonine	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
DCP	1.39	1.11	0.83	0	0	0
Nano-DCP	0	0	0	1.39	1.11	0.83
Calcium carbonate	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Salt	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Mineral and vitamin premix	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Filler	0	0.28	0.56	0	0.25	0.56
Calculated Nutrient Analysis						
Energy (Kcal/kg)	2900	2900	2900	2900	2900	2900
Crude Protein (%)	24	24	24	24	24	24
Methionine (%)	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
Methionine+ Cysteine (%)	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Lysine (%)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Threonine (%)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Calcium (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Phosphorous (%)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Sodium (%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Crude Fiber (%)	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23

*هر کیلوگرم مکمل ویتامینه حاوی ۹۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۴۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D، ۶۳۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۲/۳ گرم ویتامین K، ۲/۶ گرم تیامین، ۶/۵ گرم ریبوفلاوین، ۱۵ گرم اسیدپانتوتنیک، ۴۸ گرم نیاسین، ۳ گرم پیریدوکسین، ۱/۷ گرم اسیدفولیک، ۰/۱۳ گرم کوبالامین بود. هر کیلوگرم مواد معدنی حاوی ۱۰۵ گرم اکسید منگنز، ۱۲۶ گرم اکسیدروی، ۱۶ گرم سولفات مس، ۱/۳ گرم یدات کلسیم و ۰/۳۸ گرم پرمیکس بود.

*Each kilogram of vitamin supplement contained 9,000,000 IU of vitamin A, 4,000,000 IU of vitamin D, 63,000 IU of vitamin E, 2.3 g of vitamin K, 2.6 g of thiamine, 6.5 g of riboflavin, 15 g of pantothenic acid, 48 g of niacin, 3 g of pyridoxine, 1.7 g of folic acid, 0.13 g of cobalamin. Each kilogram of minerals contained 105 g of manganese oxide, 126 g of zinc oxide, 16 g of copper sulfate, 1.3 g of calcium iodate, and 0.38 g of premix.



شکل ۱- ذرات نانو دی‌کلسیم فسفات و ذرات دی‌کلسیم فسفات

Fig. 1. Nano dicalcium phosphate particles and dicalcium phosphate particles

نتایج

درصد دی‌کلسیم فسفات و کمترین مقدار آن در گروه آزمایشی ۱۰۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات بود. بازدهی لاشه، درصد وزنی سنگدان و پیش معده: نتایج بررسی بازدهی لاشه، درصد وزنی سنگدان و پیش معده در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. بر این اساس بیشترین میزان درصد وزنی لاشه بلدرچین مربوط به تیمار تغذیه شده با ۶۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات و کمترین آن مربوط به تیمار تغذیه شده با ۸۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات بود و مقدار درصد وزنی پیش معده در دامنه ۰/۳۲ تا ۰/۳۶ درصد، سنگدان در دامنه ۱/۹۳ تا ۲/۳۰ درصد متغیر بود ($p \geq 0/05$).

تغییرات تیتراکتی‌بادی علیه گلبول قرمز گوسفندی و واکسن ویروس نیوکاسل: با افزایش سطح مصرف دی‌کلسیم فسفات و نانو دی‌کلسیم فسفات تولید پادتن علیه آنتی‌بادی سلول‌های قرمز گوسفندی و تیتراکتی‌ایمنی ایجاد شده بر اثر تزریق واکسن بر علیه ویروس عامل بیماری نیوکاسل تاثیر معنی‌دار نداشت (جدول ۴).

مصرف غذا: نتایج آزمون تحلیل واریانس به همراه آزمون تعقیبی دانکن در ارتباط با میزان مصرف غذا طی آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج حاصل نشان داد که افزودن نانو ذرات دی‌کلسیم فسفات به جیره غذایی بلدرچین‌ها در مقایسه با گروه شاهد باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار در میزان مصرف غذا شد ($p \leq 0/05$). بر اساس نتایج مشخص گردید که بین دو گروه دی‌کلسیم فسفات و نانو دی‌کلسیم فسفات از نظر شاخص وزن‌گیری تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p \leq 0/05$). همچنین تیمار شاهد (تغذیه شده با ۱۰۰ درصد دی‌کلسیم فسفات) و تیمار چهارم یعنی تیمار تغذیه شده با ۱۰۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات بیشترین میزان وزن‌گیری را در بین تیمارها داشت ($p \leq 0/05$). نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی دانکن در خصوص ضریب تبدیل غذایی نشان داد که بین دو گروه مورد مطالعه از نظر استفاده از دی‌کلسیم فسفات و نانو دی‌کلسیم فسفات تفاوت معنی‌داری در مقدار ضریب تبدیل غذایی وجود داشت ($p \leq 0/05$). همچنین بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار تغذیه شده با ۶۰

جدول ۲- نتایج مصرف غذا، میانگین وزن و ضریب تبدیلی غذا در بین تیمارهای مختلف

Table 2. Feed intake, body weight and feed conversion ration results among different treatments

Treatments	DCP (100%)	DCP (80%)	DCP (60%)	NDCP (80%)	NDCP (60%)	NDCP (100%)	p-value
------------	---------------	--------------	--------------	---------------	---------------	----------------	---------

Feed intake (gr)	757.91 ^a	730.49 ^{ab}	716.27 ^b	748.35 ^{ab}	727.07 ^{ab}	751.50 ^{ab}	**
Body weight (gr)	220.8 ^b	212.2 ^{ab}	196.4 ^c	237.6 ^a	225.8 ^{bc}	221 ^{bc}	**
Feed conversion ratio	3.43 ^b	3.44 ^b	3.64 ^a	3.15 ^c	3.31 ^{bc}	3.40 ^b	**

* اعداد در هر سطر با حروف غیر همسان دارای اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشند ($p \leq 0.05$).

* Numbers in each row with different letters have a statistically significant difference ($p \leq 0.05$).

جدول ۳- نتایج بازده لاشه، وزن نسبی سنگدان و پیش معده در تیمارهای مختلف

Table 3. Results of changes in carcass yield, gizzard and proventriculus in different treatments

Treatments	DCP (100%)	DCP (80%)	DCP (60%)	NDCP (80%)	NDCP (60%)	NDCP (100%)	p-value
Carcass yield (%)	75.37	74.16	72.53	73.14	74.80	73.08	n.s
Gizzard (%)	2.14	2.30	2.18	2.21	2.20	1.93	n.s
Proventriculus (%)	0.35	0.36	0.34	0.32	0.34	0.32	ns

جدول ۴- نتایج تغییرات تیترا آنتی بادی در تیمارهای مختلف

Table 4. Results of changes in antibody titer in different treatments

Treatments		DCP (100%)	DCP (80%)	DCP (60%)	NDCP (80%)	NDCP (60%)	NDCP (100%)	p-value
SRBC**	IgG+IgM	5.31	5.11	5.08	5.20	5.21	5.18	n.s
NDV***	Log ²	4.61	4.26	4.19	4.72	4.38	4.26	ns

بحث

فسفر و کلسیم را از طریق ساختار نانو دی‌کلسیم فسفات مهیا سازد (۲۳). این مطالعه نشان داد که میزان مصرف خوراک در پایان دوره ۳۵ روزگی تحت تاثیر سطوح مختلف دی‌کلسیم فسفات و نانو دی‌کلسیم فسفات قرار گرفت. بیشترین میزان اضافه وزن در تیمار ۱۰۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات مشاهده گردید و کمترین میزان وزن در تیمار ۶۰ درصد دی‌کلسیم فسفات است. هم راستا با تحقیق حاضر نشان داده شد که طی دوره رشد کاهش میزان فسفر دریافتی از تیمار یک تا سوم و همچنین کاهش سطوح نانو دی‌کلسیم فسفات از تیمار چهارم تا ششم هیچ اثر معنی‌داری ($p \leq 0.05$) روی میزان مصرف خوراک بلدرچین‌ها ندارد (۲۴). مقدار غذای مصرفی به احتیاجات حیوان بستگی دارد و این نیازها بسته به جثه، نژاد، میزان فعالیت، نوع جیره، درجه حرارت محیط، مرحله و نوع تولید متغیر می‌باشد. در مطالعه حاضر مصرف خوراک در غذاهای حاوی دی‌کلسیم

افزایش هضم و جذب فسفر و تغییر در میزان سطح فسفر در آزمایشات متفاوت نتایج مختلف و گوناگونی را نشان می‌دهد که بسته به شرایط آزمایش و سطوح مواد دیگر به خصوص کلسیم و ویتامین D و همچنین سن پرند و شرایط آزمایش بسیار متفاوت و متناقض می‌باشد. بسته به نوع دی‌کلسیم فسفات و میزان جذب آن شاخص‌های عملکردی از قبیل میزان افزایش وزن میزان مصرف خوراک و میزان ضریب تبدیل متفاوت می‌باشد که این امر اهمیت تفاوت در میزان جذب فسفر از منابع مشابه را به وضوح نشان می‌دهد (۲۱). در مقابل در گزارش‌های وجود دارند که اعلام کرده‌اند که استفاده از منابع مختلف دی‌کلسیم فسفات تأثیری بر عملکرد و ضریب تبدیل خوراک ندارد (۲۲). تحقیق حاضر در پی این است تا با استفاده از تکنولوژی نانو ذرات و علم نانو تکنولوژی با تغییر ساختار درشت مولکولی ماده غذایی دی‌کلسیم فسفات میزان راندمان جذب و اثر بخشی دو عنصر

فسفات بیش از سایر غذاهای فاقد این ماده غذایی می‌باشد. از دیگر عوامل موثر بر میزان مصرف غذا در بین طیور پرورشی طعم و خوش خوراکی جیره و صفات ظاهری آن است که به عنوان جاذب عمل نموده و باعث افزایش خوراک می‌گردد (۲۵). مقدار مصرف غذای بلدرچین‌های ژاپنی به عوامل مختلفی بستگی دارد و بسته به سن آن‌ها در دوره‌های زمانی آغازین، رشد و تخم‌گذاری متفاوت می‌باشد. فاکتور مصرف غذا رابطه مستقیمی با میزان نیاز غذایی و اشتها گونه دارد که در گرو سلامت و کیفیت شرایط نگه داری نیز می‌باشد (۲۶). در این آزمایش میزان مصرف خوراک در پایان دوره ۳۵ روزگی تحت تاثیر سطوح مختلف دی‌کلسیم فسفات و نانو دی‌کلسیم فسفات قرار گرفت. نانو ذرات معدنی از جمله فسفر و کلسیم اثر بسزایی در میزان طعم، خوش خوراکی و جذابیت غذا در طیور پرورشی دارند (۲۷). لذا با اضافه کردن مواد فوق به جیره طیور علاوه بر افزایش راندمان غذا می‌توان میزان مصرف غذا را هم از نظر کیفی بهبود بخشید (۲۸، ۲۹). در مطالعه ای نشان داده شد که مصرف نانو ذرات روی باعث بهبود در میزان مصرف خوراک روزانه جوجه‌های گوشتی گردید که می‌تواند نشان‌دهنده نقش اندازه ذرات در میزان مصرف غذایی پرندگان باشد (۳۰). همچنین در آزمایشی دیگر استفاده از نانو دی‌کلسیم فسفات باعث بهبود در ضریب تبدیل و میزان مصرف غذایی جوجه‌های گوشتی گردید (۳۱). فاکتور مصرف غذا رابطه مستقیمی با میزان نیاز غذایی حیوان و اشتها گونه دارد که در گرو سلامت و کیفیت شرایط نگه داری نیز می‌باشد (۳۲). نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تفاوت در نسبت دی‌کلسیم فسفات و نانو دی‌کلسیم فسفات در تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/05$) در میزان مصرف غذا ایجاد نمی‌کند. در یک مطالعه طی آزمایشی بر روی

جوجه‌های گوشتی نشان داده‌اند که کاهش میزان فسفر در طی دوره‌ی آغازین موجب کاهش میزان مصرف خوراک گردید (۳۳)، که نشان می‌دهد با افزایش دسترسی به فسفر در جیره حیوان میزان مصرف غذا نیز افزایش پیدا می‌کند. از مقایسه میزان مصرف خوراک در این تحقیق می‌توان به این نتیجه رسید که شکل فیزیکی دی‌کلسیم فسفات در دو نوع نانو دی‌کلسیم فسفات و دی‌کلسیم فسفات معمولی نمی‌تواند اثر معنی‌داری ($p \leq 0/05$) بر مصرف غذا در بلدرچین‌ها داشته باشد و مصرف غذا در این آزمایش بیشتر تحت تاثیر میزان فسفر جیره می‌باشد تا تحت تاثیر نانو ذرات به شکلی که در تیمار سوم با کاهش فسفر جیره کاهش میزان مصرف خوراک دیده شد. در مطالعه‌ای دیگر، استفاده از نانو ذرات کلسیم فسفات باعث بهبود در میزان وزن جوجه‌های گوشتی به صورت معنی‌داری گردید (۳۴، ۳۵). در گزارشی دیگر که بر هفت نوع دی‌کلسیم فسفات صورت گرفت نتایج نشان داد که بسته به نوع دی‌کلسیم فسفات میزان جذب آن شاخص‌های عملکردی در جوجه‌های گوشتی میزان مصرف خوراک متفاوت می‌باشد (۳۵). مطالعه‌ای بر روی نانو ذرات روی نشان داد که افزودن مکمل‌ها و افزودنی‌های غذایی به فرم نانو ذرات می‌تواند تا حد بسیار زیادی موجب افزایش میزان مصرف غذا گردد. مقادیر ۱/۵ گرم/کیلوگرم جیره از نانو ذرات موجب بهبود فعالیت‌های آنزیم‌های گوارشی و متابولیسمی در دستگاه گوارش و کبد می‌گردد (۳۶). در این آزمایش بیشترین میزان اضافه وزن در تیمار چهارم یعنی تیمار ۱۰۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات مشاهده گردید و کمترین میزان وزن در تیمار سوم ۶۰ درصد دی‌کلسیم فسفات می‌باشد که این امر می‌تواند نشان دهنده تاثیر میزان دسترسی فسفر بر میزان وزن‌گیری بلدرچین‌ها باشد. به نظرمی رسد با حذف منبع فسفر جیره میزان افزایش وزن پرندگان

به صورت معنی‌داری ($p \leq 0/05$) کاهش پیدا می‌کند (۳۷). استفاده از سطوح قابل قبول کلسیم و فسفات در جیره می‌تواند موجب افزایش راندمان تولید تخم و کیفیت تخم‌ها در بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی گردد (۳۵). نانو کردن دی‌کلسیم فسفات باعث بهبود جذب و راندمان مصرف دی‌کلسیم فسفات در وزن‌گیری بلدرچین‌ها می‌باشد. عدم تفاوت آماری بین وزن‌گیری در تیمار شاهد و تیمار استفاده‌کننده از ۶۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات می‌تواند نشان‌دهنده افزایش راندمان مصرف دی‌کلسیم فسفات در اثر نانو شدن بروزن‌گیری بلدرچین‌ها باشد و می‌توان از این فناوری در جهت کاهش استفاده از دی‌کلسیم فسفات و رسیدن به وزن ایده‌آل در سالن‌های پرورش بلدرچین بهره‌برد (۲۴). بیشترین میزان وزن در تیمار چهارم نسبت به تمامی تیمارهای آزمایشی می‌تواند نشان‌دهنده بهبود راندمان جذب دی‌کلسیم فسفات در حالت نانو باشد. با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار در فاکتور وزن‌گیری در بین تیمار شاهد و تیمارهای ۸۰ درصد و ۶۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات می‌توان به این نتیجه‌گیری رسید که با نانو کردن دی‌کلسیم فسفات می‌توان مصرف این ماده را در جیره‌های غذایی بلدرچین‌ها کاهش داد بدون آنکه اثر منفی بر میزان وزن بلدرچین‌ها داشته باشد و میزان دسترسی فسفر جیره بر افزایش وزن به‌عنوان یک شاخص مهم تأثیر مستقیم دارد (۸). بر این اساس افزایش دسترسی به فسفر در حالت نانو باعث بهبود در اضافه وزن جوجه‌ها گردیده است (۲). استفاده از نانو ذرات دی‌کلسیم فسفات باعث افزایش میزان رشد در جوجه‌های گوشتی گردید (۳۲، ۳۴). همچنین استفاده از ریز مغذی‌ها به صورت نانو باعث بهبود در میزان وزن و ضریب تبدیل بلدرچین‌های ژاپنی گردید (۲۵). نانو ذرات مس قادرند مقادیر بالایی از پروتئین و چربی و املاح مورد نیاز جنین را در تخم فراهم کنند.

همچنین آن‌ها عنوان کردند که استفاده از شکل‌های مختلف نانو ذرات در مواد غذایی به علت انتقال فعالی که انجام می‌دهند می‌تواند جذب بیشتری از مواد غذایی و در نتیجه وزن بیشتری از تخم‌ها را شاهد باشند (۳۶). شاخص مصرف غذا نمی‌تواند به تنهایی ملاک مناسبی برای ارزیابی‌های جیره‌های غذایی باشد افزایش میزان مصرف غذا به تنهایی ممکن است باعث بیماری‌ها و مشکلات گوارش و افزایش هزینه‌های غذایی گردد. از این رو ضریب تبدیل غذایی همواره یکی از مهمترین فاکتورهای کلیدی در ارزیابی جیره‌های غذایی مورد توجه قرار گرفته است (۳۷، ۳۸). عوامل متعددی می‌تواند میزان ضریب تبدیل غذایی را در طیور پرورشی تحت تأثیر قرار دهد که می‌توان از کیفیت غذا، تعادل اقلام غذایی، سلامت مواد غذایی، نوع گونه و سایر عوامل و شرایط محیطی نام برد (۲). با کاهش میزان فسفر دریافتی در جیره از تیمار اول تا تیمار سوم افزایش ضریب تبدیل غذایی در بین گروه‌های آزمایشی مشاهده شد (۲، ۸). همچنین با افزایش درصد نانو دی‌کلسیم فسفات بهترین ضریب تبدیل مربوط به تیمار چهارم یعنی تیمار ۱۰۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات بود، که با تیمار شاهد یعنی تیمار ۱۰۰ درصد دی‌کلسیم فسفات اختلاف معنی‌دار ($p \leq 0/05$) داشت و این امر نشان‌دهنده بهبود جذب و هضم دی‌کلسیم فسفات در اثر استفاده از فناوری نانوتکنولوژی می‌باشد. بهره‌مندی از شکل‌های نانو ذرات برای اقلام و عناصر ریز مغذی می‌تواند باعث بهبود ضریب تبدیل غذایی و در نتیجه افزایش وزن بیشتری نسبت به غذای مصرف شده در شکل معمول حاصل گردد (۹). در مطالعه حاضر با کاهش میزان فسفر دریافتی در تیمار سوم افزایش ضریب تبدیل نسبت به تیمار اول دیده شد که می‌تواند نشان‌دهنده نقش فسفر در راندمان استفاده از جیره غذایی باشد. در مطالعه ای در

استفاده از ذرات نانو دی‌کلسیم فسفات باعث بهبود در رشد پرندگان شده ولی تفاوت معنی‌داری در ضریب غذایی ایجاد ننمود (۲۹). نتایج برخی مطالعات نشان داده افزودن فسفر و کلسیم تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های ایمنی نداشت (۱۹). نتایج سایر مطالعات نیز نشان داد که استفاده از مکمل‌های دی‌کلسیم فسفات به فرم نانو در جیره جوجه‌های گوشتی اثرات مفیدی بر شاخص‌های لاشه و وزن روده در تیمارهایی که از نانو دی‌کلسیم فسفات استفاده کرده بودند نسبت به گروه شاهد داشت (۹، ۵).

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر مصرف سطوح مختلف نانو ساختاری دی‌کلسیم فسفات توانست اثرات قابل توجهی را در بهبود راندمان جیره داشته باشد. دی‌کلسیم فسفات در فرم‌های مرسوم خود کارایی لازم را در تامین میزان فسفر و کلسیم جیره بلدرچین‌ها نداشته و لذا استفاده از روش‌های جایگزین مبتنی بر تکنولوژی نانو ذرات که بتواند جذب و دسترسی این دو یون را افزایش دهد می‌تواند نقش موثری در افزایش عملکرد رشد، بهبود ضریب تبدیل غذایی، بهبود صفات لاشه و کاهش خطر بروز کمبودها و تاثیر بر تیترا ایمنی و بهبود سلامت در بلدرچین‌های گوشتی باشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از آقای دکتر مهدی بازرگانی‌پور از پژوهشکده نانو فناوری و مواد پیشرفته دانشگاه صنعتی اصفهان که در اجرای این پژوهش محبت داشته و همکاری کردند را اعلام می‌دارند.

سن ۴ تا ۶ هفته‌ای کاهش میزان فسفر غیرفیتاته باعث افزایش ضریب تبدیل خوراک گردید (۵). نکته قابل توجه در این آزمایش عدم معنی‌داری ضریب تبدیل غذایی در تیمار ششم یعنی ۶۰ درصد نانو دی‌کلسیم فسفات و تیمار شاهد یعنی تیمار استفاده کننده از ۱۰۰ درصد دی‌کلسیم فسفات می‌باشد که این امر می‌تواند از لحاظ اقتصادی بسیار قابل توجه باشد و نوید بخش روشی باشد که به وسیله آن می‌توان با کاهش استفاده از میزان دی‌کلسیم فسفات در جیره راندمان مناسب بالایی از نظر ضریب تبدیل غذایی به دست آورد (۴، ۲۸). با کاهش اندازه ذرات دی‌کلسیم فسفات روند جذب در روده‌ها و همچنین روند جذب سلولی و راندمان استفاده از دی‌کلسیم فسفات در بدن به مقدار زیادی افزایش می‌یابد و به تبع آن با افزایش میزان جذب دی‌کلسیم فسفات در اثر نانو شدن میزان دفع آن از مدفوع حیوان کاهش می‌یابد که علاوه بر کاهش میزان نیاز حیوان به دی‌کلسیم فسفات و کاهش هزینه‌های مربوط به غذا می‌تواند نقش موثری نیز در کاهش آلودگی محیط زیستی ایفا کند (۳۸). میزان مصرف فسفر بسته به شرایط آزمایش و سطوح مواد دیگر به خصوص کلسیم و ویتامین D همچنین سن پرنده و شرایط آزمایش بسیار متفاوت و متناقض می‌باشد. به طوریکه ممکن است، ضریب تبدیل خوراک تحت تاثیر منبع فسفات جیره قرار نگیرد (۳). طبق گزارشات استفاده از مکمل‌های معدنی مبتنی بر نانو ذرات اثرات قابل ملاحظه‌ای بر کارایی رشد و افزایش وزن در دوره آغازین دارد. همچنین افزایش میزان فسفر غیرفیتاته موجب بهبود ضریب تبدیل و افزایش میزان مصرف خوراک در جوجه‌ها می‌شود (۷). در مقابل نتایج این آزمایش نشان داده شده است که صفات تولیدی از جمله ضریب تبدیل تحت تاثیر سطح کلسیم یا فسفر جیره قرار نگرفت (۱۳). همچنین نشان داده شده که هرچند

منابع

10. Matuszewski A, Lukasiewicz M, Lozicki A, Niemiec J, Zielinska A, Gorsaka M, Scott A, Chwalobog A, Sawosz E. The effect of manganese oxide Nanoparticles on chicken growth and manganese content in excreta. *Anim Feed Sci Technol*. 2020;268: 114597.
11. Marchiori MS, Ooliveira RC, Souza CF, Baldisseira MD, Ribeiro QM, Wagner R, Gundel LSS, Ourique A F, Kirinus JK, Stefani LM. Curcumin in the diet of quail in cold stress improves performance and egg quality. *Anim Feed Sci Technol*. 2019;254: 114192.
12. Hassan H, Samy A, El-Sherbiny A, Mohamed M, Abd-Elsamee M. Application of Nano-dicalcium phosphate in broiler nutrition, performance and excreted calcium and phosphorus. *Asian J Anim Vet Adv*. 2016;11:477-483.
13. Beiki M, Hashemi S, Yaghobfar A. The use of phytase and low phosphorus levels in broiler diets with different metabolizable energy levels. *J Anim Poult Sci*. 2013; 2(2):48-54.
14. Thiruvengadam M, Rajakumar G, Chung IM. Nanotechnology: current uses and future applications in the food industry. *3 Biotech*. 2018;8:1-13.
15. Sheikhlar A, Kasim AB, Chwen LT, Bejo M. H. Effect of varying ratios of dietary calcium and phosphorus on performance, phytate P and mineral retention in Japanese quail (*Coturnix coturnix Japonica*). *Int J Poult Sci*. 2009;8:692-695.
16. Clift MJ, Jenkins GJ, Doak SH. An alternative perspective towards reducing the risk of engineered Nanomaterials to human health. *Small Sep*. 2020;16(36):2002002.
17. Hessabi Namaghi A, Kasraei M. Effects of different levels of calcium and phosphorous on performance, immunity and percentage of hatching in Khorasan native hens. *Res Anim Prod*. 2022;13(36):1-8.
1. Moshgeli A, Pourreza J, Samie A. Assesment of phosphorus bioavailability from several different samples of dicalcium phosphate and their effects on performance of laying hens. *Isfahan Uni Technol-J Crop Prod Process*. 2008;12:483-493.
2. Matuszewski A, Lukasiewicz M, Niemiec J. Calcium and phosphorus and their Nanoparticle forms in poultry nutrition. *World Poult Sci J*. 2020b;76: 328-345.
3. Nelson T, Kirby L, Johnson Z. The relative biological value of feed phosphates for chicks. *Poult Sci*. 1990;69:113-118.
4. Leske K, Coon NC. The development of feedstuff retainable phosphorus values for broilers. *Poult Sci*. 2002;81:1681-1693.
5. Sohail S, Roland SRD. Influence of dietary phosphorus on performance of Hy-Line W36 hens. *Poult Sci*. 2002;81:75-83.
6. Kalafova A, Hrnecar C, Zbynovska K, Bucko O, Hanusova AE, Kapoustova Z, Schenisgenova M, Bielik P, Capcarova M. The effects of dietary probiotics and humic acid on meat quality of Japanese quail including sex-related differences and economical background. *Biologia*. 2018;73: 765-771.
7. Bar A, Razaphkovsky V, Vax E. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements in aged laying hens. *Br Poult Sci*. 2002;43:261-269.
8. Shastak Y, Rodehutsord M. Determination and estimation of phosphorus availability in growing poultry and their historical development. *World Poult Sci J*. 2013;69:569-586.
9. Motamedi M, Javad KH, Malihe RN. The effect of different levels of dicalcium phosphate in the diet on growth performance, bone characteristics and microbial flora in broiler chickens. *J Vet Clin Res*. 2013;5(3):187-200.

- phases to 3 sources of microbial phytase. Poult Sci. 2020;99:3997-4008.
25. Khaleghi Darmiyan H., Bagherzadeh Kasmani F, Mehri M. Effect of adding different levels of sulfate, chelate and Nano zinc to diet on performance, tissue zinc reserves and meat quality of Japanese quail. Anim Prod Res. 2020;8:39-49.
 26. Konkol D, Wojnarowski K. The use of Nanominerals in animal nutrition as a way to improve the composition and quality of animal products. J Chem. 2017;5927058-5927065.
 27. Abbasi M , Dastar B , Afzal N , Sharagh MS, Hashemi IS. 2022. The effects of Nano and micro particle size of zinc oxide on performance, fertility, hatchability, and egg quality characteristics in laying Japanese quail. Biol Trace Element Res. 2020;200(1):2338-2348.
 28. Jabbar MA. 2014. Effect of dietary energy levels on growth performance and feed cost analysis in Japanese quail. Pakistan J Zool. 2014;46:1357-1362.
 29. Samanta G, Mishra S, Behura N, Sahoo G, Behera K, Swain R, Sethy K, Biswal S, Sahoo N. Studies on utilization of calcium phosphate Nano particles as source of phosphorus in broilers. Anim Nutr Feed Technol. 2019;19:77-88.
 30. Abdelfatah A, Rekaby IM, Aalwardany I, Ali R, Ghonime MS. Impact of dietary dicalcium phosphate Nanoparticles on productive performance of broiler chickens. Aswan Uni J Environ Stud. 2023;4(2):419-429.
 31. El-Ashram S, Abdelhafez GA, Farroh KY. Effects of Nanochitosan supplementation on productive performance of Japanese quail. J Appl Poult Res. 2020;29:917-929.
 32. Vijayakumar M, Balkrishnan V. Evaluating the bioavailability of calcium
 18. Abd EHM, Ashour EA, Aljahdali N, Zabermawi NM, Baset SA, Kamal M, Radhi KS, Moustafa M, Algopishi U, Alshahrani MO. Does the dietary supplementation of organic Nano-zinc as a growth promoter impact broiler's growth, carcass and meat quality traits, blood metabolites, digestive enzymes and cecal microbiota? Poult Sci. 2024;103550.
 19. Reda FM, El-Saadony MT, El-rayesTK, Attia AI, El-Sayed SA, Ahmed SY, Madkour M, Alagawanay M. Use of biological Nano zinc as a feed additive in quail nutrition: biosynthesis, antimicrobial activity and its effect on growth, feed utilization, blood metabolites and intestinal microbiota. Italia J Anim Sci. 2021;20:324-335.
 20. Rahimian Y, Kheiri F, Faghani M. Evaluation the effect of dietary vitamin E, sesamin and thymoquinone bioactive compounds on immunological response, intestinal traits and MUC-2 gene expression in broiler Japanese quails (*Coturnix japonica*). Anim Biotechnol. 2023;35(1):1-11.
 21. Lima FRD, Junior CM, Alvarez J, Garzillo J, Ghion E, Leal P. Biological evaluationsof commercial dicalcium phosphates as sources of available phosphorus for broiler chicks. Poult Sci. 1997;76:1707-1713.
 22. Makola MD, Motesi LE, AjayiTO, Yusuf AO. Dietary Nano-dicalcium phosphate improves immune response and intestinal morphology of broiler chickens. South Afr J Anim Sci. 2021;51(3):362-370.
 23. Marappan G, Beulah P, Kumar RD, Muthuvel S, Govindasamy P. 2017. Role of Nanoparticles in animal and poultry nutrition: modes of action and applications in formulating feed additives and food processing. Int J Pharmacol. 2017;13:724-731.
 24. Babatunde O, Jendza J, Aser P, Xue P, Adedokun SA, Adeola O. Response of broiler chickens in the starter and finisher

36. Scott A, Vadalasetty K, Sawosz E, Lukasiewicz M, Vadalasetty R, Jaworski S, Chwalibog A. Effect of copper Nanoparticles and copper sulphate on metabolic rate and development of broiler embryos. *Anim Feed Sci Technol.* 2016;220:151-158.
37. Ranjbari M, Farzinpour A, Vaziry A. Effect of silver Nanoparticles on the reproductive performance of male Japanese quail. *Anim Prod Res.* 2020;9(2):45-54.
38. Coon C, Seo S, Manangi M. The determination of retainable phosphorus, relative biological availability, and relative biological value of phosphorus sources for broilers. *Poult sci.* 2007;86:857-868.
- phosphate Nanoparticles as mineral supplement in broiler chicken. *India J Sci Technol.* 2014b;1475-1480.
33. Viveros A, Brenes A, Arijia I, Centineto C. Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. *Poult Sci.* 2002;81:1172-1183.
34. Vijayakumar MB, Balkrishnan V. Effect of calcium phosphate Nanoparticles supplementation on growth performance of broiler chicken. *India J Sci Technol.* 2014a;1149-1154.
35. Saleh AA. Effect of dietary mixture of *Aspergillus* probiotic and selenium Nanoparticles on growth, nutrient digestibility, selected blood parameters and muscle fatty acid profile in broiler chickens. *Anim Sci Pap Rep.* 2014;32:65-79.

سکاران

