13 (3) 113-120, Autumn 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Comparison of bioavailability of manganese glycinate and sulfate and their effects on laying hens performance

Javad Iravani [1], Reza Vakili [2*]

[1]Research and Development Department, Makian Phosphate Company, Mashhad, Iran
[2]Department of Animal Science, Kashmar Branch, Islamic Azad University, Kashmar, Iran

Key Words
Bioavailability
Manganese glycinate
Manganese Sulfate
Laying hen
Performance

Abstract

Introduction: The experiment was conducted to investigate the bioavailability of manganese glycinate and sulfate and its effects on yield and quality of eggs produced in commercial laying hens.

Materials & Methods: 300 Leghorn laying hens (w36) with 66 weeks of age were divided into 6 treatments and 5 replications in a completely randomized design. Treatments include control (without manganese supplementation), treatments containing manganese sulfate (S), internal manganese glycinate at 30 mg level (M30), internal manganese glycinate at 90 mg level (M90) external manganese glycinate at 30 mg level (B30) External manganese glycinate at the level of 90 mg (B90).

Result: The results showed that there was a significant increase in feed intake, egg production, egg mass and feed conversion ratio in treatments receiving manganese supplementation increased significantly compared to the control treatment ($P<0.05$). Egg weight in diets containing manganese supplementation was significantly increased compared to the control treatment ($P<0.05$). No significant difference in egg quality traits was observed between experimental treatments. Tibia manganese was significantly increased in diets containing manganese supplementation compared to basal diet ($P<0.05$). Manganese sulfate and glycinate significantly increased the concentration of manganese in yolk, egg shell, serum and liver ($P<0.05$).

Conclusion: Addition of manganese sulfate and glycine to the diet caused more manganese uptake and improved production performance and manganese storage in different body tissues of laying hens.

* Corresponding Author's email: rezavakili2010@yahoo.com
Received: 28 May 2020; Reviewed: 7 July 2020; Revised: 13 September 2020; Accepted: 11 October 2020
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.289671.2554

مقاله پژوهشی

مقایسه زیست فراهمی گلایسینیت و سولفات منگنز و اثرات آن‌ها بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار

جواد ایروانی[۱]، رضا وکیلی[۲]*

[۱] بخش تحقیق و توسعه، شرکت ماکیان فسفات، مشهد، ایران

[۲] گروه علوم دامی، واحد کاشمر، دانشگاه آزاد اسلامی، کاشمر، ایران

کلمات کلیدی

گلایسینیت منگنز
زیست فراهمی
سولفات منگنز
مرغ تخمگذار
عملکرد تولیدی

چکیده

مقدمه: این آزمایش به‌منظور بررسی زیست فراهمی منابع مختلف منگنز و اثرات آن بر عملکرد و کیفیت تخم‌مرغ تولیدی در مرغ‌های تخم‌گذار تجاری انجام شد.

مواد و روش‌ها: ۳۰۰ قطعه مرغ تخم‌گذار سویه هایلاین (W36) با سن ٦٦ هفته در ٦ تیمار و ٥ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی تقسیم شدند. تیمارها شامل گروه شاهد (بدون مکمل منگنز)، تیمار حاوی سولفات منگنز (S)، گلایسینیت منگنز داخلی در سطح ۳۰ میلی‌گرم (M30)، گلایسینیت منگنز داخلی در سطح ۹۰ میلی‌گرم (M90) گلایسینیت منگنز خارجی در سطح ۳۰ میلی‌گرم (B30)، گلایسینیت منگنز خارجی در سطح ۹۰ میلی‌گرم (B90) بود.

نتایج: نتایج نشان داد که مصرف خوراک، درصد تخم‌گذاری، وزن تخم‌مرغ، توده تخم‌مرغ و ضریب تبدیل خوراک در تیمارهای دریافت کننده مکمل منگنز به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (P<۰/۰۵). اختلاف معنی‌داری در صفات کیفی تخم‌مرغ بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. منگنز استخوان درشت نی به‌طور معنی‌داری در جیره‌های حاوی مکمل منگنز نسبت به جیره پایه افزایش داشت (P<۰/۰۵). سولفات و گلایسینت منگنز به‌طور معنی‌داری باعث افزایش غلظت منگنز در زرده، پوسته تخم‌مرغ، سرم و کبد نسبت به جیره پایه شدند (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری و بحث: افزودن سولفات و گلایسینت منگنز به جیره سبب جذب بیش‌تر منگنز و بهبود عملکرد تولیدی و ذخیره منگنز در بافت‌های مختلف بدن مرغ‌های تخم‌گذار شد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rezavakili2010@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸ خرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۱۷ تیر ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۲۳ شهریور ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۲۰ مهر ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.289671.2554

مقدمه

در دهه‌های اخیر، تولید فرآورده‌های طیور در دنیا افزایش پیدا نموده و توان ژنتیکی، رشد و بازده تولید نیز بهبود یافته است. درنتیجه تمایلات تجاری برای مصرف مکمل عناصر معدنی کم مصرف در جیره‌های غذایی طیور افزوده شد تا احتیاجات افزوده عناصر معدنی گله‌های برتر تحت‌شرایط صنعتی جبران‌شود. معمولاً نمک‌های معدنی به فرم نمک‌های غیرآلی که در بدن به سهولت قابل دسترس نیست ولی به‌دلیل ارزانی قیمت و پایین بودن قابلیت زیست فراهمی به‌مقدار بیش از اندازه در جیره غذایی مصرف شده که افزایش دفع آن صدمه به‌محیط و آلودگی‌های زیست‌محیطی را به‌دنبال دارد (Leeson، ۲۰۰۵). منگنز به‌عنوان یک عنصر ضروری در تغذیه طیور شناخته شده و به‌عنوان کوفاکتور در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و اسیدهای آمینه نقش دارد (Crowley و همکاران، ۲۰۰۰؛ Suttle، ۲۰۱۰). این ماده با فعال کردن آنزیم‌هایی مانند گلیکوزیل ترانسفراز، سوپر اکسید دسموتاز و پیروات کربوکسیلاز در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی شرکت می‌کند (Suttle، ۲۰۱۰). منگنز در تغذیه طیور به‌دلیل نقش آن در تکامل استخوان، رشد، متابولیسم مواد مغذی، کیفیت مطلوب پوسته تخم‌مرغ و جلوگیری از پروزیس برای مرغ‌های تخم‌گذار بسیار دارای اهمیت‌است (Lu و همکاران، ۲۰۰۷؛ Olgun، ۲۰۱۷). هم‌چنین، منگنز یک جز اصلی سوپراکسید دسموتاز (superoxide dismutase enzymes=Mn-SOD) است که سلول‌ها را از تنش اکسیداتیو محافظت می‌کند (Li و همکاران ۲۰۱۱). در فرآیند تشکیل تخم‌مرغ، منگنز برای تشکیل پوسته مهم است و لذا کیفیت پوسته تحت تأثیر این عنصر قرار می‌گیرد. برخی از محققان استفاده از منابع آلی منگنز را که به‌طور قابل توجهی بر کیفیت و عملکرد پوسته تخم‌مرغ تأثیر دارد، توصیه کرده‌اند (Yildiz و همکاران، ۲۰۱۱؛ Sun و همکاران، ۲۰۱۲). Olgun (۲۰۱۷) اظهار داشت که افزودن جیره‌ای ۹۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خوراک از بروز اختلالات مختلفی مانند پروزیس جلوگیری می‌کند و باعث رشد طبیعی جوجه‌های گوشتی و بهبود پارامترهای کیفیت پوسته تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار می‌شود. مکمل ۱۲ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خوراک از هر دو منبع (غیرآلی و آلی) برای ارائه عملکرد مطلوب جوجه‌های گوشتی کافی بود (Mwangi و همکاران، ۲۰۱۹). از طرفی، درجیره مرغ‌های تخم‌گذار مقادیر زیادی کلسیم و فسفر وجود دارد که پس از حل شدن توسط اسید معده، تشکیل رسوب نامحلول فسفات کلسیم در شرایط قلیایی روده را خواهد داد و منگنز را دفع می‌کند. بنابراین لزوم دستیابی به فرم آلی منگنز که قابلیت جذب حداکثری در دستگاه گوارش را داشته باشند امری بدیهی هست و تحقیقات متعددی بیان داشتند که میزان زیست فراهمی شکل‌های آلی به‌ویژه به‌صورت کیلات پروتئینی و اسیدآمینه بیش‌تر است (Wedekind و Baker، ۱۹۹۰؛ Wedekind و همکاران، ۱۹۹۲؛ Cao و همکاران، ۲۰۰۰). آلودگی محیط‌زیست توسط منگنز براثر فعالیت‌های انسان و در آب‌های شیرین در حال افزایش هست و افزایش زیست فراهمی منگنز می‌تواند دلیلی بر جذب بیش‌تر منگنز که سبب کاهش دفع منگنز به محیط‌زیست شود و مطالعات اخیر حاکی از آلودگی زیستی انواع فلزات ازجمله منگنز در ایران است (باهنر و سلگی، ۱۳۹۹). عناصر آلی سنتتیک در راستای تلاش برای افزایش قابلیت زیست فراهمی عناصر معدنی جیره تولید شده و ثابت پایداری و وزن مولکولی لیگاند باید مورد توجه قرار گیرد. گلایسین کوچک‌ترین آمینواسیدی است که تاکنون شناخته شده و به‌دلیل کوچک بودن شاخه جانبی، خیلی باثبات است. گلایسین نقش مهمی در ساختار و عملکرد بدن دارد (Li و Wu، ۲۰۱۸). مولکول گلایسینیت منگنز شامل یک یون فلزی منگنز با پیوندهای کوئور دینانسی با گلایسین است، که به‌خاطر ثابت پایداری و وزن مولکولی لیگاند در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی کارآمدی گلایسنیت منگنز تولید ایران و قیاس کیفیت آن با نمونه خارجی و سولفات منگنز بر عملکرد تولیدی، کیفیت و قابلیت غنی‌سازی تخم‌مرغ و نیز بررسی میزان منگنزی که پس از هضم و جذب، در متابولیسم بدن شرکت می‌کند (زیست فراهمی) در مرغ‌های تخم‌گذار در سن ۶۶ هفته‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۳۰۰ قطعه مرغ تخم‌گذار سویه هایلاین W36 در سن ۶۶ هفته‌ای در مرحله دوم تخم‌گذاری استفاده شد. دوره آزمایش شامل ۴ هفته دوره تخلیه ذخایر بدن (تغذیه با جیره فاقد منگنز) و ۸ هفته تغذیه با تیمارهای آزمایشی بود. مرغ‌ها به ۶ تیمار آزمایشی با ۵ تکرار و ۱۰ قطعه مرغ در هر تکرار تقسیم شدند. تمامی مرغ‌ها به‌صورت تصادفی در قفس‌های سه طبقه قرار داشتند و به لحاظ وزن در طیف یکسانی قرار داشتند و سپس به‌طور تصادفی در تیمارها قرار گرفتند. خوراک و آب به‌صورت آزادانه در اختیار مرغ‌ها قرار داشت. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: تیمار شاهد (بدون مکمل منگنز) (C)، تیمار حاوی ۳۰ میلی‌گرم سولفات منگنز افزودنی (S)، تیمار حاوی گلایسینیت منگنز داخلی در سطح ۳۰ میلی‌گرم (M30)، تیمار حاوی گلایسینیت منگنز داخلی در سطح ۹۰ میلی‌گرم (M90) ، تیمار حاوی گلایسینیت منگنزخارجی در سطح ۳۰ میلی‌گرم (B30) و تیمار حاوی گلایسینیت منگنز خارجی در سطح ۹۰ میلی‌گرم (B90). سولفات منگنز ۵ آبه (۳۲/۴ درصد منگنز) به‌عنوان مکمل معدنی از شرکت دامیارجامع خریداری و استفاده‌شد. از گلایسنیت منگنز ساخت شرکت ماکیان فسفات (۲۵/ ۲۳ درصد منگنز) به‌عنوان محصول داخلی و از

گلایسینیت منگنز (۲۴/۱ درصد منگنز) ساخت شرکت BASF آلمان به‌عنوان محصول خارجی استفاده شد.. جدول ۱ ترکیبات جیره پایه را نشان می‌دهد.

جدول ۱: اجزا و ترکیبات جیره پایه

ماده خوراکی	درصد
ذرت	۵۵/۶
سویا	۲۷
کنجاله آفتابگردان	۳/۳۳
کربنات کلسیم	۹/۵
روغن سویا	۱/۵
دی‌کلسیم فسفات	۱/۹۶
نمک	۰/۲۳
جوش شیرین	۰/۱۵
مکمل ویتامینه*	۰/۲۵
مکمل معدنی**	۰/۲۵
دی ال متیونین	۰/۱۵
لایزین	۰/۰۳
ترئونین	۰/۰۳
آنالیز محاسباتی جیره	
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم)	۲۸۰۰
پروتئین خام (درصد)	۱۶
کلسیم (درصد)	۴/۶۵
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۴
سدیم (درصد)	۰/۱۸
متیونین (درصد)	۰/۳۸
متیونین- سیستئین (درصد)	۰/۶۵
لایزین (درصد)	۰/۸
آرژنین (درصد)	۰/۹
ترئونین (درصد)	۰/۵۹

*ترکیب مکمل ویتامینه برای هر کیلوگرم جیره شامل: ۳۲۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم ویتامین A، ۱۳۲۰۰۰۰ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم ویتامین D3، ۸۰۰۰ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم ویتامین E، ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ویتامین K3، ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ویتامین B1، ۲۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ویتامین B2، ۳۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ویتامین B3 ، ۱۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیاسین، ۱۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم B6، ۳۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم B9، ۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم B12، ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیوتین، ۴۴۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کولین، آنتی‌اکسیدان ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم. **مکمل معدنی بدون منگنز برای هر کیلوگرم جیره پایه شامل: ۳۲۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۳۲۰۰ میلی‌گرم مس، ۴۸۰ میلی‌گرم ید، ۸۸ میلی‌گرم سلنیوم، ۱۶۰۰۰ میلی‌گرم آهن. **میزان منگنز جیره پایه اندازه‌گیری‌شده در آزمایشگاه ۷۹/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد..

صفات عملکردی: میزان خوراک مصرفی طبق راهنمای سویه مورد نظر (هایلاین، ۲۰۱۵) روزانه ۱۱۰ گرم در نظر گرفته شد. در طی آزمایش مصرف خوراک روزانه (گرم)، تعداد و تولید تخم‌مرغ (گرم/مرغ/روز) و ضریب تبدیل خوراک محاسبه شد. مصرف خوراک روزانه هر تیمار، با اندازه گیری باقی‌مانده خوراک مصرفی در روز بعد و کسر آن از مقدار کل خوراک درنظر گرفته‌شده برای هر تیمار محاسبه شد. وزن تخم‌مرغ با استفاده از ترازو دیجیتال بادقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری می‌شد.درصد تولید، وزن تخم‌مرغ و ضریب تبدیل خوراک با استفاده از فرمول‌های زیر به‌دست آمد: EP= (Ce/n)×100

Ep: درصد تولید روزانه، Ce: تعداد تخم‌مرغ هر واحد آزمایشی، n: تعداد مرغ هر واحد آزمایشی

وزن تخم مرغ: EW= EWT/n

EW: میانگین وزن تخم‌مرغ روزانه، EWT: وزن کل تخم‌مرغ هر واحد آزمایشی، n: تعداد تخم‌مرغ تولیدی هر واحد آزمایشی

ضریب تبدیل: FCR=FI/Em

FCR: ضریب تبدیل خوراک هر واحد آزمایشی، FI: مصرف خوراک هر واحد آزمایشی، Em: توده تخم‌مرغ هر واحد آزمایشی (درصد تولید ضرب در میانگین وزن تخم‌مرغ تقسیم بر ۱۰۰)

جدول ۲: مقادیر عنصرمنگنز تأمین‌شده در منابع معدنی و آلی استفاده شده در آزمایش (میلی‌گرم در کیلوگرم)

تیمار	مکمل سولفات منگنز	مکمل منگنز داخلی	مکمل منگنز خارجی
شاهد* (بدون مکمل)	۰	۰	۰
S	۳۰	۰	۰
M30	۰	۳۰	۰
M90	۰	۹۰	۰
B30	۰	۰	۳۰
B90	۰	۰	۹۰

*میزان منگنز جیره پایه آنالیز شده در آزمایشگاه ۷۹/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میزان احتیاجات سویه هایلاین طبق راهنمای پرورش سویه (۲۰۱۵) ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است.

صفات کیفی تخم‌مرغ: جهت بررسی برخی صفات کیفی در انتهای دوره آزمایش، تعداد ۴ عدد تخم‌مرغ از هر تکرار انتخاب و شکسته شد و محتویات داخلی روی شیشه مخصوص قرار داده شد و با استفاده از میکرومتر سه پایه، ارتفاع سفیده غلیظ در سه نقطه به فواصل یکسان از زرده با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری‌شد و واحد هاو با اندازه‌گیری ارتفاع سفیده از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

$$HU = 100\log(H + 7.57 - 1.7W^{0.37})$$

H: ارتفاع سفیده تخم‌مرغ به میلی‌متر، W: وزن تخم‌مرغ به گرم

وزن زرده پس از جداسازی سفیده با استفاده از ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. پس از جداسازی غشای داخلی، پوسته‌ها با

استفاده از آون خشک گردید و بعد از وزن‌کشی، ضخامت پوسته با استفاده از دستگاه ضخامت‌سنج(OSK13469) بادقت ۰/۰۱ با سنجش سه نقطه (دو انتها و مرکز بر حسب میلی‌متر) اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی مقاومت پوسته در برابر شکستگی از دستگاه استحکام سنج (digital egg shell force Gauge model-II) بر حسب کیلوگرم نیروی مورد نیاز برای شکستن پوسته در مقطع یک سانتی‌مترمکعب استفاده شد (عادلی‌مشفق و همکاران، ۱۳۹۷).

زیست فراهمی: در روز پایان آزمایش از هر تکرار ۲ رأس مرغ انتخاب و از هر مرغ ۱۰ سی‌سی خون گرفته شد. جداسازی سرم با سانتریفیوژ با ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه انجام شد و تا زمان اندازه‌گیری منگنز سرم در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. قبل از کشتار تمامی مرغ‌های آزمایشی به‌مدت ۱۰ ساعت به حالت ناشتا نگه‌داری شدند تا صحت و دقت اندازه‌گیری‌ها بالا رود، سپس با استفاده از گاز آرگون کشتار شدند. به‌منظور اندازه‌گیری میزان منگنز استخوان، استخوان درشت نی راست مرغ‌ها جدا شد و بعد از جداسازی بخش‌های نرم و غضروفی، استخوان درشت نی در آون به‌مدت ۲۴ ساعت خشک گردید سپس جهت تهیه خاکستر در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. جهت تعیین میزان منگنز استخوان، زرده تخم‌مرغ و کبد از روش طیف‌سنجی جذب اتمی (AOAC، ۱۹۹۵) استفاده شد. میزان منگنز سرم با استفاده از دستگاه icp-oes varian ساخت شرکت واریان استرالیا در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد اندازه‌گیری شد.

آنالیز داده‌ها: آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ویرایش ۹/۱ و مدل آماری GLM ارزیابی شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی انجام گرفت. مدل آماری مورد استفاده در طرح به‌صورت زیر است: $y_{ij}=\mu+t_i+ e_{ij}$

که در این فرمول: y_{ij}: صفت مورد نظر، μ: میانگین صفت اندازه‌گیری شده، t_i: اثر تیمار آزمایشی، e_{ij}: اثر خطای آزمایشی می‌باشد.

نتایج

اثرات مکمل‌سازی منگنز با سطوح مختلف گلایسینیت منگنز و سولفات منگنز در رابطه با صفات عملکردی مرغ‌های تخم‌گذار در جدول ۳ ارائه شده است. مصرف خوراک، درصد تخم‌گذاری، توده تخم‌مرغ و ضریب‌تبدیل‌خوراک در تیمارهای دریافت‌کننده مکمل آلی و معدنی منگنز به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد($P<۰/۰۵$). جدول ۴ نتایج اثرات سطوح مختلف گلایسینیت منگنز وسولفات منگنز بر صفات کیفی تخم‌مرغ را نشان می‌دهد. تیمارهای دریافت‌کننده مکمل منگنز چه به‌صورت معدنی و چه آلی اختلاف معنی‌دار آماری را نسبت به تیمار شاهد در رابطه با ضخامت پوسته، استحکام پوسته، ارتفاع سفیده، شاخص هاو، وزن زرده و وزن پوسته نشان ندادند ($P>۰/۰۵$). نتایج مربوط به زیست فراهمی عنصر منگنز منابع گلایسنیت منگنز و سولفات منگنز در بافت‌های مختلف در جدول ۵ ارائه شده است. با افزایش سطوح منگنز جیره، تراکم منگنز در بافت‌های اندازه‌گیری شده به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است ($P<۰/۰۵$). میزان منگنز استخوان درشت نی به‌طور معنی‌داری در جیره‌های حاوی سولفات منگنز و گلایسنیت منگنز نسبت به جیره پایه افزایش داشت ($P<۰/۰۵$). تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۳۰ میلی‌گرم گلایسنیت منگنز خارجی و سولفات منگنز زرده تخم‌مرغ وجود نداشت. ولی جیره ۳ که شامل ۹۰ میلی‌گرم گلایسنیت منگنز داخلی است در مقایسه با همه تیمارها به‌طور معنی‌داری بیش‌ترین مقدار منگنز را نشان می‌دهد ($P<۰/۰۵$). مقدار منگنز پوسته تخم‌مرغ در تیمارهای حاوی ۹۰ میلی‌گرم گلایسنیت منگنز داخلی و خارجی نسبت به جیره پایه افزایش داشت ($P<۰/۰۵$). تیمارهای دریافت‌کننده مکمل معدنی و آلی منگنز به‌طور معنی‌داری باعث افزایش میزان منگنز در سرم و کبد نسبت به جیره پایه شدند ($P<۰/۰۵$). تیمار حاوی ۹۰ میلی‌گرم گلایسنیت منگنز خارجی (B90) بالاترین مقدار منگنز در کبد را داشت ($P<۰/۰۵$).

جدول ۳: اثرات سطوح مختلف مکمل آلی و معدنی منگنز بر عملکرد تولیدی مرغ‌های تخم‌گذار مسن

تیمارآزمایشی	مصرف خوراک (گرم)	درصد تخم گذاری	وزن تخم مرغ (گرم)	توده تخم مرغ (گرم)	ضریب تبدیل
شاهد (جیره پایه)	۱۰۷/۲۹^{b}	۷۱/۷^{b}	۶۲/۶^{b}	۴۳/۴۵^{c}	۲/۴۷^{c}
S	۱۰۷/۵۶^{ab}	۷۲/۶۶^{ab}	۶۵/۹^{a}	۴۷/۸۸^{b}	۲/۲۵^{b}
M30	۱۰۷/۶۳^{ab}	۷۴/۹۳^{ab}	۶۶/۲^{a}	۴۹/۶^{a}	۲/۱۷ ^{ab}
M90	۱۰۷/۹۷^{a}	۷۵/۸۳^{ab}	۶۶/۲^{a}	۵۰/۲^{a}	۲/۱۵^{ab}
B30	۱۰۷/۹۵^{a}	۷۷/۸ ^{a}	۶۶/۳^{a}	۵۱/۶۵^{a}	۲/۰۹^{a}
B90	۱۰۸/ ۳۱^{a}	۷۸/۱ ^{a}	۶۶/۴^{a}	۵۱/۸۵^{a}	۲/۰۹^{a}
SEM	۰/۰۸۸	۰/۵۸	۰/۲۸	۱/۶۴	۰/۰۶۳
P-value	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۱

^{a,b} میانگین‌های با حرف غیرمشابه در هر ستون ، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری دارند ($P<۰/۰۵$)، SEM: میانگین خطای معیار. پایه (بدون مکمل منگنز)، تیمار حاوی ۳۰ میلی‌گرم سولفات منگنز افزودنی (S)، گلایسینیت منگنز داخلی در سطح ۳۰ میلی‌گرم (M30)، گلایسینیت منگنز داخلی در سطح ۹۰ میلی‌گرم (M90) گلایسینیت منگنزخارجی در سطح ۳۰ میلیگرم (B30)، گلایسینیت منگنز خارجی در سطح ۹۰ میلی‌گرم (B90).

جدول ۴: اثرات مکمل معدنی و آلی منگنز بر صفات کیفی تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار مسن

تیمار آزمایشی	وزن زرده (گرم)	ارتفاع سفیده (میلی‌متر)	واحد هاو	وزن پوسته (گرم)	استحکام پوسته (نیوتن)	ضخامت پوسته (میلی‌متر)
شاهد (جیره پایه)	۱۸/۷	۳/۳	۶۴/۸	۵/۲۱	۱/۸	۰/۲۷۳
S	۱۹/۵	۴/۹	۶۲/۹	۵/۶۲	۱/۹۲	۰/۲۸۲
M30	۱۹/۶	۳/۸	۶۰/۹	۵/۶۴	۱/۹۶	۰/۲۹۳
M90	۱۹/۷	۳/۹	۶۱/۴	۵/۷۹	۲/۶۴	۰/۲۹۳
B30	۲۰/۹	۴/۱	۶۵/۴	۶/۰۳	۲/۶۷	۰/۲۹۷
B90	۲۱/۶	۴/۲	۶۵/۳	۶/۰۴	۲/۷۷	۰/۳۰۶
SEM	۱/۱۵	۰/۶۳۷	۷/۳۶۵	۰/۲۵۳	۰/۳۱۹	۰/۰۱۲
P-value	۰/۲۰۷	۰/۴۹۷	۰/۴۲۴	۰/۲۴۸	۰/۱۶۴	۰/۰۸۴

SEM: میانگین خطای معیار. پایه (بدون مکمل منگنز)، تیمار حاوی ۳۰ میلی‌گرم سولفات منگنز افزودنی (S)، گلایسینیت منگنز داخلی در سطح ۳۰ میلی‌گرم (M30)، گلایسینیت منگنز داخلی در سطح ۹۰ میلی‌گرم (M90) گلایسینیت منگنز خارجی در سطح ۳۰ میلی‌گرم (B30)، گلایسینیت منگنز خارجی در سطح ۹۰ میلی‌گرم (B90).

جدول ۵: زیست فراهمی عنصر منگنز در مرغ‌های تخم‌گذار تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل آلی و معدنی منگنز[1]

تیمار آزمایشی	منگنز استخوان	منگنز زرده	منگنز پوسته	منگنز سرم	منگنز کبد
شاهد (جیره پایه)	۱/۸۱^{c}	۱/۳۶^{d}	۰/۹۳^{c}	۰/۵۶^{b}	۲/۵۳^{c}
S	۲/۴۱^{b}	۱/۶۷^{c}	۱/۱۱^{b}	۰/۸۹^{a}	۳/۷۸^{b}
M30	۲/۸۳^{b}	۲/۱۷^{b}	۱/۲۰^{b}	۱/۵۱^{a}	۳/۹۱^{b}
M90	۳/۲۱^{ab}	۶/۵۵^{a}	۱/۶۵^{a}	۱/۵۹^{a}	۴/۸۲^{b}
B30	۲/۵۳^{b}	۱/۹۴^{c}	۱/۲۱^{b}	۱/۷۹^{a}	۴/۶۸^{b}
B90	۴/۲۷^{a}	۲/۴۳^{b}	۱/۶۴^{a}	۱/۸۱^{a}	۶/۵۸^{a}
SEM	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۰۶۶	۰/۰۴۸	۰/۹۲
P-value	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۴

[1]مقادیر بر حسب ppm. a,b میانگین‌های با حرف غیرمشابه در هرستون، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵)، SEM: میانگین خطای معیار. پایه (بدون مکمل منگنز)، تیمار حاوی ۳۰ میلی‌گرم سولفات منگنز افزودنی (S)، گلایسینیت منگنز داخلی در سطح ۳۰ میلی‌گرم (M30)، گلایسینیت منگنز داخلی در سطح ۹۰ میلی‌گرم (M90) گلایسینیت منگنز خارجی در سطح ۳۰ میلی‌گرم (B30)، گلایسینیت منگنز خارجی در سطح ۹۰ میلی‌گرم (B90).

بحث

وزن تخم‌مرغ در تیمارهای دریافت‌کننده سولفات منگنز و گلایسنیت منگنز نسبت به جیره پایه افزایش معنی‌داری داشت به‌طوری که تیمارهای حاوی گلایسنیت منگنز تخم‌مرغ‌های سنگین‌تری داشتند. جمشیدیان‌قلعه‌سفیدی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند استفاده از منابع مختلف منگنز سبب افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۵) وزن تخم‌مرغ و بهبود ضریب تبدیل خوراک در همه تیمارهای آزمایشی و افزایش توده تخم‌مرغ در تیمارهای ۷۰ و ۹۰ میلی‌گرم هیدروکسی کلرید منگنز نسبت به گروه شاهد شد. در پژوهشی Venglovska و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که استفاده از مکمل آلی منگنز در سطح ۱۲۰ میلی‌گرم (پروتئینات منگنز و منگنز- گلیسین) و غیرآلی (سولفات منگنز) اثری بر وزن بدن و وزن تخم‌مرغ نسبت به جیره بدون مکمل منگنز نداشت. درحالی‌که Yildiz و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که استفاده از مکمل آلی منگنز در سطوح ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم منگنز، وزن تخم‌مرغ و میزان افزایش وزن بدن مرغان تخم‌گذار را طی سنین ۴۹ تا ۶۱ هفتگی افزایش و درصد تخم‌مرغ‌های آسیب‌دیده را درمقایسه با منبع غیرآلی این عنصر کاهش داد. در پژوهش دیگری نیز مشخص شد که منگنز در دو شکل اکسید و کیلات با اسیدآمینه، اثری بر وزن تخم‌مرغ، تولید تخم‌مرغ، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک نداشت (Swiatkiewicz و Koreleski، ۲۰۰۵) که این نتایج با نتایج تحقیق‌حاضر در تضاد بود. به‌نظر می‌رسد در تحقیق حاضر مدت زمان آزمایش و مکمل گلایسنیت داخلی و خارجی (S، M30،M90، B30و B90) اثرات مثبت منگنز را در جیره بر بهبود وضعیت متابولیسمی و صفات عملکردی مرغان تخم‌گذار مسن آشکار کرده است.

از نتایج تحقیق حاضر چنین نتیجه‌گیری می‌شود که استفاده از منابع مختلف مکمل منگنز اثری بر کیفیت داخلی تخم‌مرغ ندارد و

میزان منگنز مواد اولیه خوراک برای تأمین آن کافی است. جمشیدیان قلعه‌سفیدی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که استفاده از مکمل منگنز در اشکال مختلف آلی، غیرآلی و هیدروکسی کلرید اثر معنی‌داری بر شاخص زرده و واحد هاو ندارد. چنین نتیجه‌گیری در مورد استفاده از انواع منابع مختلف مکمل منگنز بر عملکرد تولید تخم‌مرغ توسط بسیاری از محققین به اثبات رسیده است (Venglovska و همکاران، ۲۰۱۴؛ Sazzad و همکاران، ۱۹۹۴؛ Zhang و همکاران، ۲۰۱۷؛ Xiao و همکاران، ۲۰۱۵). از طرفی Klecker و همکاران (۲۰۰۲) اثر مثبت جایگزینی جزئی روی و منگنز آلی را به‌جای منابع غیرآلی بر وزن نسبی و ضخامت پوسته تخم‌مرغ مشاهده کردند. Abdallah و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که وزن نسبی پوسته تخم‌مرغ با حذف منگنز در مرغان تخم‌گذاری که پوسته‌های سنگین‌تری داشتند، کاهش یافت. نتایج پژوهشی نشان داد که استفاده از مکمل آلی و غیرآلی منگنز در جیره سبب افزایش ضخامت پوسته شد، ولی بر وزن و نسبت پوسته اثر معنی‌داری نداشت و احتمالاً به‌جز ضخامت پوسته عوامل دیگری مانند اندازه تخم‌مرغ و تراکم پوسته بر وزن و نسبت پوسته تخم‌مرغ، اثرگذار بوده است (Zhang و همکاران، ۲۰۱۷). در مقابل، اثر مثبت جایگزینی منابع آلی منگنز به‌جای اشکال غیرآلی بر وزن و ضخامت پوسته تخم‌مرغ، گزارش شده است (Bunesova، ۱۹۹۹؛ Klecker و همکاران، ۲۰۰۲). استحکام بالای پوسته در برابر شکستگی و عدم وجود عیوب پوسته تخم‌مرغ، برای محافظت در برابر نفوذ باکتری‌های نظیر سالمونلا به‌داخل تخم‌مرغ ضروری است. تخمین زده شده است که تخم‌مرغ‌های دارای پوسته معیوب ۶ تا ۱۰ درصد کل تخم‌مرغ‌های تولیدشده را شامل می‌شوند که سبب ضرر اقتصادی زیادی می‌گردد که غالباً در مرغ‌های مسن و به‌دلیل تغییر ساختمان پوسته تخم‌مرغ رخ می‌دهد (Nys و همکاران، ۱۹۹۹). Zhang و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که اختلاف بین منابع آلی و غیرآلی منگنز در تغییرات به‌وجود آمده در ضخامت و مقاومت پوسته تخم‌مرغ بستگی به سطح منگنز در جیره پایه، سطوح مکمل منگنز در جیره و سن مرغ تخم‌گذار دارد. در این آزمایش افزودن مکمل منگنز از منابع مختلف سبب افزایش معنی‌دار مقاومت پوسته تخم‌مرغ در برابر شکستگی نشد ($P>0/05$). منگنز احتمالاً مسئول بهبود مقاومت در برابر شکستگی پوسته است. پوسته تخم‌مرغ روی ماتریکس آلی تولید می‌شود که شامل پروتئین‌های رشته‌ای درهم پیچیده و توده‌های کروی بوده و بین آن‌ها را بلورهای کلسیم اشغال می‌کند (Butcher و Miles، ۲۰۰۵). گزارش شده است که حداقل نیاز منگنز برای حفظ کیفیت پوسته تخم‌مرغ ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است (Inal و همکاران، ۲۰۰۱). در آزمایش حاضر، مقاومت پوسته تخم‌مرغ پرندگان دریافت کننده ۹۰ میلی‌گرم گلایسنیت منگنز نسبت به بقیه تیمارها بالاتر بود. احتمالاً برای تعیین سطح بهینه منگنز مورد نیاز برای استحکام پوسته لازم باشد سطوح بالاتر نیز مورد آزمایش قرار گیرد. Xiao و همکاران (۲۰۱۵) در آزمایشی سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مکمل منگنز از منابع آلی و غیرآلی را در جیره به‌کار بردند و گزارش کردند که سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم ضخامت و مقاومت پوسته تخم‌مرغ را افزایش دادند. کاهش مقاومت پوسته تخم‌مرغ با افزایش سن مرغ از ۲۵ تا ۷۰ هفتگی و نیز اثر مثبت جایگزینی کمپلکس ۰/۵ تا ۲۰ درصد منگنز و روی آلی به‌جای منبع غیرآلی بر کیفیت پوسته از ۶۲ هفتگی، گزارش شده است (Swiatkiewicz و Koreleski ، ۲۰۰۵). آزمایش دیگری نیز نشان داد که استفاده از منگنز آلی در مقایسه با منبع غیرآلی آن، مقاومت پوسته تخم‌مرغ در برابر شکستگی را در مرغان تخم‌گذار مسن، افزایش داد (Xiao و همکاران، ۲۰۱۵). پژوهشگران دیگری نیز دریافتند که جایگزینی ۲۰ یا ۴۰ درصد روی و منگنز با اشکال کیلاته به‌جای منبع غیرآلی این عناصر، مقاومت پوسته تخم‌مرغ در برابر شکستگی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Klecker و همکاران، ۲۰۰۲). با این‌حال، در تحقیقی گزارش شد که هیچ اختلافی از نظر خواص مکانیکی پوسته تخم‌مرغ بین مرغان تغذیه شده با منابع غیرآلی روی، مس و منگنز یا کمپلکس آلی اسیدآمینه‌ای این عناصر وجود ندارد (سهرابی و همکاران، ۱۳۹۸). نتایج حاصل از مطالعات مقایسه‌ای اثرات منابع آلی و غیرآلی منگنز بر کیفیت تخم‌مرغ بسیار متناقض است (Xiao و همکاران، ۲۰۱۵) عوامل اصلی این تناقضات را رویکردهای مختلف آماری و طرح‌های متفاوت آزمایشی مورداستفاده برای ارزیابی کارآیی منگنز آلی و غیرآلی در جیره مرغان تخم‌گذار دانستند.

افزایش غلظت منگنز در کبد می‌تواند زمینه فعالیت بیش‌تر آنزیم منگنز سوپر اکسید دیسموتاز را به‌همراه داشته باشد و فعالیت بیش‌تر آنزیم منگنز سوپر اکسید دیسموتاز به‌عنوان یکی از کارآمدترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، با حذف رادیکال‌های آزاد سوپراکسید، در سلامت کبد موثر باشد (Li و همکاران، ۲۰۱۱).

در آزمایشی روی جوجه‌های تخم‌گذار در سن ۸ هفته‌ای نشان داده شد که سطح منگنز استخوان درشت نی تیمار دریافت‌کننده ۸۰ ppm مکمل آلی منگنز و ۸۰ ppm کیلات منگنز-متیونین به‌طور معنی‌داری بالاتر از دیگر تیمارهای آزمایشی بود (Das و همکاران، ۲۰۱۴). گزارش‌ها حاکی از آن است که Mn آلی بهتر از Mn معدنی موجود در ایلئوم جذب می‌شود (Ji و همکاران، ۲۰۰۶). Bai و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که منابع آلی نسبت به منگنز معدنی بیش‌تر جذب می‌شوند و یک حامل فلزی دو ظرفیتی، منگنز آلی را در بیضه جوجه‌های گوشتی افزایش داد. مطالعه حاضر نشان داد که مرغ‌های تغذیه شده با ۹۰ میلی‌گرم گلایسنیت منگنز، میزان منگنز

بیش‌تری در پوسته تخم‌مرغ و زرده نسبت به مرغ‌های تغذیه شده با سولفات منگنز،داشتند (P<۰/۰۵) که‌می‌تواند به‌علت‌جذب بهتر منگنز آلی نسبت به منگنز معدنی باشد. بهترین نتیجه برای غنی‌سازی تخم‌مرغ با تامین ۹۰ میلی‌گرم منگنز از منبع گلایسینیت منگنز داخلی به‌دست آمد. فرم کیلاته و هیدروکسی عناصر سبب افزایش منگنز زرده و پوسته و کاهش منگنز مدفوع در مقایسه با فرم سولفات و هیدروکسی ۷۰ درصد می‌شود (سهرابی و همکاران، ۱۳۹۸). افزایش غلظت منگنز در کبد می‌تواند زمینه فعالیت بیش‌تر آنزیم منگنز سوپر اکسید دیسموتاز را به همراه داشته و در سلامت کبد موثر باشد. این مساله در مرغ‌های تخم‌گذار که در طول دوره تولید همیشه در معرض سندرم کبد چرب قرار دارند، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است.

به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که به‌کارگیری مکمل منگنز سولفات و گلایسینت منگنز به‌طور معنی‌داری باعث افزایش غلظت منگنز در زرده، پوسته تخم‌مرغ، سرم و کبد نسبت به جیره پایه شدند. در این آزمایش اثر سطح و نوع گلایسینیت منگنز معنی‌دار بود. در سطح ۳۰ میلی‌گرم هیچ تفاوتی معنی‌داری بین گلایسینیت منگنز داخلی و خارجی وجود نداشت. به‌منظور غنی‌سازی تخم‌مرغ با منگنز، بهترین نتیجه با تامین ۹۰ میلی‌گرم منگنز ازمنبع گلایسینیت منگنز داخلی به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار ذخیره منگنز در کبد در تیمار ۹۰ میلی‌گرم گلایسینیت منگنز خارجی بیش‌ترین بود.

منابع

۱. **باهنر، ز. و سلگی، ع.، ۱۳۹۹.** غلظت آهن، سرب، روی، مس، منگنز در پر گنجشک خانگی (*Passer domesticus*) شیوه نمونه بردای غیرمخرب. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۲، شماره ۴، صفحات ۱۹۹ تا ۲۰۸.

۲. **جمشیدیان‌قلعه‌سفیدی، م.؛ شیرمحمد، ف. و مهری، م.، ۱۳۹۸.** تأثیر منابع سولفات، هیدروکسی کلرید و کمپلکس آلی منگنز در جیره بر کیفیت تخم‌مرغ در مرغان تخم‌گذار مسن. مجله علوم دامی ایران. دوره ۵۰، شماره ۲، صفحات ۱۳۱ تا ۱۴۱.

۳. **سهرابی، ع.؛ مهری، م. و شیرمحمد، ف.، ۱۳۹۸.** اثر منابع آلی، غیرآلی و هیدروکسی کلرید منگنز، روی و مس بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار مسن. تحقیقات تولیدات دامی. دوره ۸، شماره ۴، صفحات ۶۵ تا ۷۷.

۴. **عادلی‌مشفق، ت.؛ فتاح، ا. و هنرور، م.، ۱۳۹۷.** بررسی اثرات جایگزینی ضایعات جوجه‌کشی به‌جای کنجاله سویا بر فراسنجه‌های خونی و وزن تخم‌مرغ در مرغ تخم‌گذار. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۰، شماره ۱، صفحات ۸۷ تا ۹۴.

5. **Abdallah, A.G.; Harms, A.G.R.; Wilson, H.R. and El Husseini, O., 1994.** Effect of removing trace minerals from the diet of hens laying eggs with heavy or light shell weight. Poul. Sci. Vol. 73, pp: 295-391.

6. **AOAC. 1995.** Official methods of analysis 16th Ed. Association of official analytical chemists. Washington DC, USA.

7. **Bai, S.; Lu, L.; Wang, R.L.; Xi, L.; Zhang, L.Y. and Luo, X.G., 2012**. Manganese source affects manganese transport and geneexpression of divalent metal transporter 1 in the small intestineof broilers. Br. J. Nutr. Vol. 108, pp: 267-276.

8. **Brooks, M.A.; Grimes, J.L.; Lloyd, K.E.; Valdez, F. and Spears, J.W., 2012.** Relative bioavailability in chicks of manganese from manganese propionate. J Appl Poult Res. Vol, 21, No. 1, pp: 126-130.

9. **Bunesova, A., 1999.** Chelated trace minerals (Zn, Mn) in nutrition of hens. Zeszyty Naukowe Prezegladu Hodowlanego. Vol. 45, pp: 309-317.

10. **Butcher, G.D. and Miles, R.D., 2005.** Concepts of eggshell quality. http://www.afn.org/poultry/ flkman4.htm.

11. **Cao, J.; Henry, P.R.; Guo, R.; Holwerda, R.A.; Toth, J.P.; Littell, R.C.; Miles, R.D. and Ammerman, C.B., 2000.** Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. Journal of Animal Science. Vol. 78, No. 8, pp: 2039-2054.

12. **Crowley, J.D.; Traynor, D.A. and Weatherburn, D.C., 2000.** Enzymes and proteins containing manganese: an overview. In Metal ions in biological systems. pp: 257-326. CRC Press.

13. **Das, A.; Mishra, S.K.; Swain, R.K.; Sahoo, G.; Behura, N.C. and Sethi, K., 2014.** Effects of Organic Minerals Supplementation on Growth, Bioavailability and Immunity in Layer Chicks. International Journal of Pharmacology. Vol. 10, pp: 237-247.

14. **Hyline International. 2015.** Available at: http://www.hyline.com/UserDocs/Pages/PUB_INVEST_ENG. pdf.

15. **Inal, F.; Coskun, B.; Gulsen, N. and Kurtoglu, V., 2001.** The effects of withdrawal of vitamin and trace mineral supplements from layer diets on egg yield and trace mineral composition. British Poultry Science. Vol. 42, pp: 77-80.

16. **Ji, F.; Luo, X.G.; Lu, L.; Liu, B. and Yu, S.Y., 2006.** Effects of manganese source and calcium on manganese uptake by in vitro everted gut sacs of broilers' intestinal segments. Poultry Science. Vol. 85, pp: 1217-1225.

17. **Klecker, D.; Zeman, L.; Jelinek, P. and Bunesova, A., 2002.** Effect of manganese and zinc chelates on the quality of eggs. Acta Universitatis Agricukturea et Silviculturae Mendelianae. Vol. 50, pp: 59-68.

18. **Leeson, S., 2005.** Trace element requirements of poultry validity of the NRC requirements. Redefining mineral nutrition. Nottingham University Press, Nottingham, UK. pp: 107-118.

19. **Li, P. and Wu, G., 2018.** Roles of dietary glycine, proline, and hydroxyproline in collagen synthesis and animal growth. Amino acids. Vol. 50, No. 1, pp: 29-38.

20. **Li, S.; Lin, Y.; Lu, L.; Xi, L.; Wang, Z.; Hao, S.; Zhang, L.; Li, K. and Luo, X., 2011.** An estimation of the manganese requirement for broilers from 1 to 21 days of age. Biol Trace Elem Res. Vol. 143, No. 2, pp: 939-948.

21. **Lu, L.; Luo, X.G.; Ji, C.; Liu, B. and Yu, S.X., 2007.** Effect of manganese supplementation on carcass traits, meat quality and lipid oxidation in broilers. Journal of Animal Science. Vol. 85, No. 3, pp: 812-822.

22. **Mwangi, S.; Timmons, J.; Ao, T.; Paul, M.; Macalintal, L. and Pescatore, A., 2019.** Effect of manganese preconditioning and replacing inorganic manganese with organic manganese on performance of male broiler chicks. Poultry Science. Vol. 98, No. 5, pp: 2105-2113.

23. **Nys, Y.; Hincke, M.T.; Arias, J.L.; Garcia-Ruiz, J.M. and Solomon, S.E., 1999.** Avian eggshell mineralization. Poultry Avian Biology Review. Vol. 10, pp: 143-166.

24. **Olgun, O., 2017.** Manganese in poultry nutrition and its effect on performance and eggshell quality. World Poultry Science Journal. Vol. 73, No. 1, pp: 45-56.

25. **SAS Institute. 2004.** SAS Users Guide: Statistics. Version 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC.

26. **Sazzad, H.M.; Bertechini, A.G. and Nobre, P.T.C., 1994.** Egg production, tissue deposition and mineral metabolism in two strains of commercial layers with various levels of manganese in diets. Animal Feed Science and Technology. Vol. 46, pp: 271-275.

27. **Sun, Q.; Guo, Y.; Li, J.; Zhang, T. and Wen, J., 2012.** Effects of methionine hydroxy analog chelated Cu/Mn/Zn on laying performance, egg quality, enzyme activity and mineral retention of laying hens. Journal of Poultry Science. Vol. 49, No. 1, pp: 20-25.

28. **Suttle, N.F., 2010.** Mineral nutrition of livestock. 4th ed. Oxfordshire, UK: CAB International. pp: 355-376.

29. **Swiatkiewicz, S. and Koreleski, J., 2005.** Effect of 25-hydroxycholecalciferol in diet on quality of bones in caged laying hens (in polish). Medycyna Weterynaryjna. Vol. 61, pp: 814-817.

30. **Venglovska, K.; Gresakova, L.; Placha, I.; Ryzner, M. and Cobanova, K., 2014.** Effects of feed supplementation with manganese from its different sources on performance and egg parameters of laying hen. Czech Journal of Animal Science. Vol. 59, pp: 147-155.

31. **Wedekind, K.J. and Baker, D.H., 1990.** Manganese utilization in chicks as affected by excess calcium and phosphorus ingestion. Poultry science. Vol. 69, No. 6, pp: 977-984.

32. **Wedekind, K.J.; Hortin**, **A.E. and Baker, D.H., 1992.** Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. Journal of Animal Science. Vol. 70, No. 1, pp: 178-187.

33. **Xiao, J.F.; Wu, S.G.; Zhang, H.J.; Yue, H.Y.; Wang, J.; Ji, F. and Qi, G.H., 2015.** Bioefficacy comparison of organic manganese with inorganic manganese for eggshell quality in Hy-Line Brown laying hens. Poultry Science. Vol. 94, pp: 1871-1878.

34. **Yildiz, A.O.; Cufadar, Y. and Olgun, O., 2011.** Effects of dietary organic and inorganic manganese supplementation on performance, egg quality and bone mineralization in laying hens. Rev Med Vet. Vol. 10, pp: 482-488.

35. **Zhang, Y.N.; Wang, J.; Zhang, H.J.; Wu, S.J. and Qi, G.H., 2017.** Effect of dietary supplementation of organic or inorganic manganese on eggshell quality, ultrastructure, and components in laying hens. Poultry Science. Vol. 96, pp: 2184-2193.