

تأثیر منابع سولفات، هیدروکسی کلرید و کمپلکس آلی منگنز در جیره بر کیفیت تخم مرغ در مرغان تخم گذار مسن

مهران جمشیدیان قلعه سفیدی^۱، فاطمه شیرمحمد^{۲*} و مرتضی مهری^۲

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم دامی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۲۰)

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر منابع منگنز به شکل سولفات، هیدروکسی کلرید و کمپلکس آلی منگنز- متیونین بر کیفیت تخم مرغ در مرغان تخم گذار مسن، آزمایشی با به کارگیری ۳۸۴ قطعه مرغ های-لاین W-۳۶ در سن ۶۵ هفتگی به مدت ۸ هفته در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار، ۴ تکرار و ۱۶ قطعه مرغ در هر تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار شاهد (فاقد مکمل منگنز)، شاهد به علاوه سطوح ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی گرم منگنز به شکل هیدروکسی کلرید، شاهد به علاوه ۷۰ میلی گرم منگنز به شکل کمپلکس آلی منگنز- متیونین و شاهد به علاوه ۷۰ میلی گرم منگنز به شکل سولفات منگنز در هر کیلوگرم جیره بودند. نتایج نشان دادند که منابع مختلف مکمل منگنز اثر معنی داری بر وزن بدن، مصرف خوراک، درصد تولید، شاخص زرده، وزن مخصوص و واحد هاو تخم مرغ نداشتند. در هفته های ششم، هشتم و کل دوره، تمام تیمارها ضریب تبدیل خوراک بهتری نسبت به گروه شاهد داشتند ($P < 0.05$). همه تیمارها سبب افزایش معنی دار وزن تخم مرغ در هفته هشتم و کل دوره آزمایش و ضخامت، درصد و مقاومت پوسته تخم مرغ در برابر شکستگی در طی هفته های مختلف آزمایش نسبت به گروه شاهد شدند ($P < 0.05$). افزایش مقاومت پوسته با استفاده از ۹۰ میلی گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید منگنز در مقایسه با ۷۰ میلی گرم در کیلوگرم سولفات منگنز، معنی دار ($P < 0.05$) بود در حالی که بین ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید منگنز و ۷۰ میلی گرم در کیلوگرم منبع آلی منگنز- متیونین اختلافی مشاهده نشد. استفاده از منبع آلی یا هیدروکسی کلرید منگنز، غلظت منگنز خون و استخوان درشت نی پرندگان را در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد ($P < 0.05$). در مجموع نتایج نشان دادند که ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید منگنز می تواند جایگزین ۷۰ میلی گرم در کیلوگرم کمپلکس آلی منگنز- متیونین و یا سولفات منگنز در جیره مرغان تخم گذار مسن شود.

واژه های کلیدی: استخوان درشت نی، مرغان تخمگذار، مقاومت پوسته، واحد هاو.

Effect of dietary inclusion of sulphate, hydroxychloride and organic complex sources of manganese on egg quality of aged laying hens

Mehran Jamshidian GhaleSefidi¹, Fatemeh Shirmohammad^{2*} and Morteza Mehri²

1, 2. Former M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Animal Science, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: Feb. 21, 2019 - Accepted: Sep. 11, 2019)

ABSTRACT

In order to study the effect of manganese sources in the form of sulphate, hydroxychloride and methionine- chelated manganese organic complex on egg quality of aged laying hens, an experiment was conducted using 384 Hy-line W-36 laying hens at 65 week of age for 8 weeks in completely randomized design with 6 treatments, 4 replications and 16 hens in each replication. The experimental treatments included control (with no Mn supplementation), control plus 50, 70 and 90 mg of Mn as hydroxychloride per kg of diet, control plus 70 mg of manganese as manganese-methionine organic complex per kg of diet and 70 mg of manganese as manganese sulphate per kg of diet. The results showed that the different manganese sources had no significant effect on body weight, feed intake, egg production rate, yolk index, specific gravity and Haugh unit of egg. All treatments had better feed conversion ratio in weeks 6, 8 and in the entire experimental period when compared to control group ($P < 0.05$). All treatments increased egg weight at 8th week and entire experimental period and eggshell thickness, eggshell percentage and eggshell breaking strength during different weeks of experiment when compared to control group ($P < 0.05$). The increase in eggshell strength with 90 mg/kg of manganese hydroxychloride in comparison to 70 mg/kg of manganese sulphate was significant ($P < 0.05$), however no significant difference was observed between 50 mg/kg manganese hydroxychloride and 70 mg/kg manganese-methionine organic complex. The use of manganese organic source or manganese hydroxychloride increased blood and tibia manganese concentrations ($P < 0.05$) in comparison to control group. Generally, the results showed that 50 mg/kg of manganese hydroxychloride can be replaced for 70 mg/kg of manganese-methionine organic complex or manganese sulphate in the diet of aged laying hens.

Keywords: Eggshell strength, Haugh unit, laying hens, tibia.

* Corresponding author E-mail: shirmohammad.f@gmail.com

مقدمه

طی چند دهه اخیر در اثر انتخاب، تولید و وزن تخم‌مرغ در مرغان تخم‌گذار افزایش یافته که سبب تأثیر بر برخی ویژگی‌های تخم‌مرغ از جمله کیفیت پوسته شده است (Poggenpoel *et al.*, 1996). مقاومت بالای پوسته در برابر شکستگی و عدم وجود عیوب پوسته تخم‌مرغ، برای محافظت در برابر نفوذ باکتری‌هایی نظیر سالمونلا به داخل تخم‌مرغ ضروری است. تخمین زده شده است که تخم‌مرغ‌های دارای پوسته معیوب ۱۰-۶ درصد کل تخم‌مرغ‌های تولیدشده را شامل می‌شوند که سبب ضرر اقتصادی زیادی می‌گردد (Washburn, 1982; Roland, 1988) که غالباً در مرغان تخم‌گذار مسن و به دلیل تغییر در ساختمان پوسته تخم‌مرغ است (Nys *et al.*, 1999). یکی از عواملی که بر کیفیت پوسته تخم‌مرغ تأثیر دارد و با سن مرغ در ارتباط است، کاهش فعالیت آنزیم ۲۵- هیدروکسی کوله‌کلسیفرول ۱- هیدروکسیلاز می‌باشد که در هموستاز کلسیم دخالت دارد (Elaroussi *et al.*, 1994). برخی از فلزات کم‌نیاز نیز می‌توانند مورفولوژی بلور کلسیت را در پوسته تخم‌مرغ تغییر دهند و در فرآیند معدنی‌شدن بسیار اهمیت دارند. به‌عنوان مثال منگنز برعکس لیتیوم سبب بزرگ‌تر شدن بلورهای کلسیت می‌شود (Mann *et al.*, 1993). روی و مس نیز بر ویژگی‌های مکانیکی پوسته تخم‌مرغ اثر می‌گذارند و همچنین غالباً عناصر کم‌نیاز بر بهبود کیفیت پوسته تخم‌مرغ مؤثرند (Swiatkiewicz *et al.*, 2015). سطح بهینه منگنز می‌تواند کیفیت پوسته را به‌طور مؤثری بهبود بخشد. روی و منگنز، استفاده از کلسیم را در مرغان تخم‌گذار افزایش داده و مؤلفه‌های کیفی پوسته را بهبود می‌دهند (Mabe *et al.*, 2003). تغذیه جیره‌هایی با کمبود منگنز سبب تولید تخم‌مرغ‌هایی با پوسته نازک‌تر و نواحی شفاف و غیرطبیعی بیشتر در ساختمان پوسته تخم‌مرغ، به‌ویژه در لایه دکمه‌های پستانی (mammary knobs) می‌شود (Leach & Gross, 1983).

گزارش شده است که وجود ۲۵ میلی‌گرم منگنز در هر کیلوگرم جیره (سطح پیشنهادی توسط NRC, 1994)

برای حداکثر تولید، وزن تخم‌مرغ و بازده غذایی کافی است اما برای دستیابی به کیفیت بهینه پوسته به مقادیر بیشتری از این عنصر نیاز است (Xiao, 2014). اثر افزودن منگنز به جیره، در مرغان مسن آشکارتر از مرغان جوان است و پایین‌بودن مقدار منگنز در جیره پایه، فرضیه واکنش نشان دادن به مکمل منگنز را تقویت می‌کند (Xiao *et al.*, 2015). البته نه تنها سطح عناصر کم‌نیاز، بلکه نوع منبع آنها در جیره مرغان تخم‌گذار، می‌تواند بر کیفیت پوسته تخم‌مرغ اثر بگذارد. در واقع میزان جذب هر ماده معدنی با توجه به نوع منبع آن متفاوت است به‌طوری‌که نمی‌توان یک مقدار ثابت برای هر عنصری بدون توجه به نوع منبع آن تعیین کرد (Ashmead *et al.*, 1985).

عناصر کم‌نیاز و عناصر پرنیازی که به جیره طیور افزوده می‌شوند، معمولاً از منابع غیرآلی مانند اکسیدها، سولفات‌ها، کلریدها، کربنات‌ها و فسفات‌ها تامین می‌شوند. در عمل، سطوح مازاد از املاحی نظیر روی، مس، آهن و منگنز برای ممانعت از کمبود استفاده می‌شوند (Bertechini, 2003) که امکان بروز اثرات متقابل بین املاح و دیگر ترکیبات جیره را افزایش می‌دهند و منجر به غیرقابل دسترس شدن آنها در دستگاه گوارش پرنده می‌شوند (Mabe *et al.*, 2003) ولی منابع آلی عناصر کم‌نیاز، یون‌هایی با قابلیت دسترسی، پایداری و حلالیت بالا تولید می‌کنند (Viera, 2004). به‌علاوه منابع آلی عناصر کم‌نیاز به راحتی از روده انتقال یافته و جذب می‌شوند. همچنین در مقابل واکنش‌های نامطلوب بیوشیمیایی (مانند وجود فیتات) که ممکن است میزان جذب آنها را کاهش دهند، محافظت می‌شوند (Close, 1998).

استفاده از منابع آلی روی و منگنز در مقایسه با منابع غیرآلی آنها می‌تواند اثر منفی سن مرغ را بر مقاومت پوسته تخم‌مرغ در برابر شکستگی کاهش دهد (Swiatkiewicz & Koreleski, 2008). هموستاز منگنز به‌وسیله جذب کنترل می‌شود و جذب منگنز به محدودیت‌هایی مانند نوع منبع و آنتاگونیست‌های تغذیه‌ای بستگی دارد (Underwood & Suttle, 1999).

بهبود قابلیت دسترسی املاح با استفاده از منابع آلی ممکن است گزینه‌ای بهتر نسبت به منابع غیرآلی

جدول ۱. اجزای تشکیل دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره پایه
Table 1. Ingredients and nutrients composition of the basal diet

Ingredients	Composition (%)
Corn	45.81
Soybean meal (44%)	22.7
Wheat flour	11
Soybean oil	4
Wheat bran	1.7
CaCO ₃	11.09
Common salt	0.38
Dicalcium phosphate	2.5
Mineral premix [*]	0.3
Vitamin premix ^{**}	0.3
DL-Methionine	0.14
L-Lysine	0.08
Calculated composition	
ME (kcal/kg)	2800
Crude protein (%)	16
Calcium (%)	4.83
Available P (%)	0.43
Sodium (%)	0.25
Chlorine	0.27
Met (%)	0.40
Met+ Cys (%)	0.75
Lysine (%)	0.95

^{*}The mineral premix provided per kilogram of diet: Fe (FeSO₄), 40 mg; I (Ca(IO₃)₂), 1.2 mg; Se (Na₂SeO₃), 0.24 mg; Cu (CuSO₄), 3 mg and Zn (ZnO), 80 mg. Mn in experimental treatments was supplied as hydroxychloride (50, 70, and 90 mg Mn- Treatments 2 to 4), methionine chelate (70 mg Mn- Treatment 5), and sulphate (monohydrate; 70 mg Mn- Treatment 6).

^{**}The vitamin premix provided per kilogram of diet: vitamin A, 12000 IU; cholecalciferol, 3000 IU; vitamin E, 100 IU; menadione, 5 mg; thiamine, 3 mg; riboflavin, 12 mg; pyridoxine, 4 mg; vitamin B₁₂, 0.40 mg; niacin, 55 mg; biotin, 0.25 mg; choline chloride, 1000 mg; calcium pantothenate, 1.8 mg and butylated hydroxytoluene, 63 mg.

قبل از شروع آزمایش، پرندگان وزن‌کشی شده و با محدوده وزنی یکسان به قفس‌ها اختصاص یافتند. به منظور سازگاری با قفس و شناسایی مرغ‌های دارای نارسایی احتمالی تولیدمثلی و تخلیه ذخایر منگنز، یک دوره عادت‌پذیری ۱۴ روزه با جیره شاهد (بدون مکمل منگنز) قبل از اجرای آزمایش در نظر گرفته شد. از برنامه نوردی پیشنهادی توسط دفترچه راهنمای پرورش سویه مربوطه استفاده شد و متوسط دمای سالن طی مدت آزمایش ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود.

پرندگان هر دو هفته یک بار وزن‌کشی شده و از هر تکرار ۴ عدد تخم‌مرغ به‌طور تصادفی انتخاب و در آزمایشگاه، توزین و با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر، طول و عرض آنها اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول $[۱۰۰ \times (\text{طول} / \text{عرض})]$ شاخص شکل محاسبه شد. وزن مخصوص تخم‌مرغ با استفاده از روش پیشنهادی Keshavarz (2003) از طریق تهیه محلول‌های نمکی با وزن مخصوص ۱/۰۵۸ تا ۱/۱۰۲ با افزایش ۰/۰۰۴ واحد تعیین شد. سپس تخم‌مرغ‌ها

برای تنظیم سطوح تغذیه‌ای باشد. عناصر کم‌نیاز حاصل از منابع آلی به‌علت جذب و بازدهی بهتر، سبب آلودگی زیست‌محیطی کمتری می‌شوند (Yan & Waldroup, 2006). تاکنون تحقیقات زیادی در مورد مقایسه منابع آلی و غیرآلی عناصر کم‌نیاز انجام شده‌اند که غالباً برتری منابع آلی را نسبت به منابع غیرآلی نشان می‌دهند ولی هزینه منابع آلی زیاد است. اخیراً منبع جدیدی از عناصر کم‌نیاز با عنوان املاح هیدروکسی (Hydroxy Minerals) به بازار معرفی شده است که تحقیقات علمی چندانی در مورد آن انجام نگرفته است و برای اثبات برتری آنها نسبت به منابع آلی و غیرآلی مرسوم، نیاز به آزمایش‌های متعددی است تا صحت ادعای تولیدکنندگان این منبع جدید، روشن شود. لذا هدف آزمایش حاضر، مقایسه اثر منابع آلی، غیرآلی و هیدروکسی کلرید منگنز بر کیفیت تخم‌مرغ و پوسته آن در مرغان تخم‌گذار مسن بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از ۳۸۴ قطعه مرغ تخم‌گذار لگهورن سویه‌های-لاین W-36 در سن ۶۵ هفتگی استفاده شد. آزمایش به مدت ۸ هفته در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار، ۴ تکرار و ۱۶ پرنده در هر تکرار (۴ پرنده در هر قفس) انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی جهت مقایسه منابع آلی، غیرآلی و هیدروکسی کلرید منگنز شامل ۱- سطح صفر میلی‌گرم از مکمل منگنز در کیلوگرم جیره (شاهد) ۲- شاهد + ۵۰ میلی‌گرم منگنز از منبع هیدروکسی کلرید منگنز در هر کیلوگرم جیره، ۳- شاهد + ۷۰ میلی‌گرم منگنز از منبع هیدروکسی کلرید منگنز در هر کیلوگرم جیره، ۴- شاهد + ۹۰ میلی‌گرم منگنز از منبع هیدروکسی کلرید منگنز در هر کیلوگرم جیره، ۵- شاهد + ۷۰ میلی‌گرم منگنز از منبع آلی منگنز (کیلات منگنز- متیونین) در هر کیلوگرم جیره، ۶- شاهد + ۷۰ میلی‌گرم منگنز از منبع غیرآلی (سولفات منگنز) در هر کیلوگرم جیره بودند. جیره پایه براساس احتیاجات مواد مغذی توصیه‌شده به‌وسیله راهنمای پرورش سویه‌های-لاین W-36 (Hyline International, 2015) تنظیم شد ولی مکمل مواد معدنی استفاده‌شده در آن، فاقد منگنز بود (جدول ۱).

استخوان درشت‌نی، از هر تکرار ۲ قطعه مرغ به‌طور تصادفی انتخاب و کشتار شدند. استخوان درشت نی پای راست پرنده جدا و پس از خشک کردن و جداکردن چربی در کوره سوزانده و با استفاده از روش طیف‌سنجی جذب اتمی (AOAC, 1995) میزان منگنز استخوان درشت‌نی اندازه‌گیری شد.

داده‌های به‌دست‌آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌وسیله نرم‌افزار SAS (2014) با رویه مدل‌های خطی عمومی (GLM) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهند که هیچ‌یک از انواع مکمل منگنز اثر معنی‌داری بر وزن بدن، مصرف خوراک و تولید تخم‌مرغ طی مدت آزمایش نداشتند ولی استفاده از منابع مختلف مکمل منگنز در هفته هشتم و نیز کل دوره آزمایش سبب افزایش معنی‌دار ($P < 0/05$) وزن تخم‌مرغ نسبت به گروه شاهد (بدون مکمل منگنز) شد.

شکسته شده و مقاومت پوسته در مقابل شکستگی با استفاده از دستگاه استحکام سنج (Digital Egg Shell Force Gauge, model- II بر اساس کیلوگرم نیروی مورد نیاز برای شکستن پوسته در مقطع یک سانتی‌مترمربع تعیین شد. واحد هاو نیز پس از اندازه‌گیری ارتفاع سفیده توسط دستگاه ارتفاع سنج، با استفاده از رابطه $HU = 100 \times \log [H + 1.7 W^{0.37}]$ محاسبه شد. شاخص زرده از تقسیم ارتفاع زرده بر قطر زرده با استفاده از کولیس به‌دست آمد. پس از خشک کردن پوسته‌های تخم‌مرغ، غشای داخلی پوسته‌ها جدا و پوسته‌ها توزین شدند. ضخامت پوسته با استفاده از دستگاه ضخامت‌سنج (Ogawa Seiki, OSK 13469, Japan) با دقت ۰/۰۱ در ۳ نقطه (انتهای باریک، مرکز و انتهای پهن) بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری و میانگین آن گزارش شد. در آخرین روز آزمایش، از هر تکرار ۲ قطعه مرغ به صورت تصادفی انتخاب و از سیاهرگ زیر بال خون‌گیری و پس از جداکردن سرم خون، نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری غلظت منگنز خون به‌روش جذب اتمی (AOAC, 1995) به آزمایشگاه ارسال شدند. برای اندازه‌گیری میزان منگنز

جدول ۲. اثر منابع مختلف منگنز بر عملکرد مرغان تخم‌گذار

Table 2. Effects of different Mn sources on performance of laying hens

Mn Source	Body Weight (g)					Egg Weight (g)				
	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8	Means*	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8	Means*
Control	1650±73.0	1640±69.5	1650±69.6	1660±72.0	1650±64.0	62.0±3.93	63.5±3.13	62.8±3.80	60.6±3.63	62.2±3.45
Mn hydroxychloride (50 mg/kg)	1660±79.6	1645±69.8	1665±77.8	1690±73.2	1665±69.3	62.5±1.67	63.6±1.70	64.3±2.26	65.6±1.50	64.0±1.99
Mn hydroxychloride (70 mg/kg)	1640±72.5	1685±70.3	1675±70.6	1690±69.4	1672±66.4	62.8±2.49	63.5±2.68	64.9±3.37	65.8±3.35	64.3±2.95
Mn hydroxychloride (90 mg/kg)	1645±69.5	1695±65.8	1635±68.7	1675±71.5	1662±66.4	63.1±1.29	63.8±1.56	65.6±1.51	66.3±1.63	64.7±1.89
Mn-methionine chelate (70 mg/kg)	1630±54.1	1665±60.2	1640±49.1	1675±53.9	1653±52.2	63.8±1.78	64.3±1.65	65.3±1.87	66.8±1.86	65.0±1.94
Mn-sulfate (70 mg/kg)	1620±64.9	1645±69.2	1660±76.4	1685±60.6	1653±65.5	62.5±1.95	64.7±2.94	64.8±3.38	65.7±3.19	64.4±3.02
P-Value	0.97	0.79	0.96	0.99	0.91	0.94	0.97	0.77	0.04	0.04
Mn Source	Egg Mass (g/day)					Feed Intake (g/day)				
	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8	Means*	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8	Means*
Control	52.0±4.27	50.2±4.86	46.4 ^a ±3.50	47.1±4.55	48.9±4.18	106.5±6.56	107.7±8.38	106.8±7.49	108.3±8.03	107.3±7.28
Mn hydroxychloride (50 mg/kg)	48.7±2.87	50.7±2.00	49.8 ^{bc} ±2.59	49.7±2.43	49.7±2.42	101.2±6.77	106.5±5.59	104.7±6.45	107.5±5.82	105.0±6.05
Mn hydroxychloride (70 mg/kg)	50.4±3.12	49.8±2.50	52.1 ^a ±3.32	49.2±2.31	50.4±2.73	103.3±6.60	104.7±6.48	106.9±6.84	104.9±5.97	104.9±6.32
Mn hydroxychloride (90 mg/kg)	51.9±1.67	51.9±1.49	52.8 ^a ±1.38	47.6±1.56	51.1±1.40	102.4±5.14	104.9±4.74	106.8±4.68	104.7±5.66	104.7±4.89
Mn-methionine chelate (70 mg/kg)	50.0±2.02	50.3±1.81	48.1 ^{bc} ±1.81	48.4±1.66	49.2±1.69	102.5±4.24	105.7±4.67	103.5±4.42	104.7±3.93	104.1±4.20
Mn-sulfate (70 mg/kg)	51.8±2.97	51.6±1.99	50.3 ^{ab} ±2.12	47.7±3.33	50.3±2.44	103.5±6.79	108.4±5.54	105.6±6.98	104.9±6.47	105.6±6.18
P-Value	0.55	0.85	0.02	0.76	0.87	0.88	0.93	0.96	0.92	0.98
Mn Source	FCR					Egg Production (%)				
	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8	Means*	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8	Means*
Control	2.05±0.07	2.15±0.08	2.30 ^a ±0.07	2.30 ^a ±0.07	2.20 ^b ±0.07	84.3±0.12	79.4±0.11	74.3±0.10	78.3±0.12	79.1±0.11
Mn hydroxychloride (50 mg/kg)	2.08±0.06	2.10±0.07	2.10 ^b ±0.05	2.16 ^b ±0.06	2.11 ^b ±0.06	77.9±0.05	79.8±0.03	77.6±0.05	75.9±0.04	77.8±0.04
Mn hydroxychloride (70 mg/kg)	2.05±0.05	2.10±0.05	2.05 ^{cd} ±0.04	2.13 ^b ±0.06	2.08 ^b ±0.05	80.2±0.02	78.4±0.01	80.3±0.02	74.8±0.02	78.4±0.02
Mn hydroxychloride (90 mg/kg)	1.97±0.04	2.02±0.03	2.02 ^d ±0.04	2.20 ^a ±0.05	2.05 ^b ±0.04	82.3±0.01	81.4±0.01	80.5±0.01	71.8±0.02	79.0±0.01
Mn-methionine chelate (70 mg/kg)	2.05±0.04	2.10±0.03	2.15 ^b ±0.03	2.16 ^b ±0.03	2.12 ^b ±0.03	78.5±0.02	78.2±0.01	73.7±0.02	72.6±0.01	75.7±0.01
Mn-sulfate (70 mg/kg)	2.00±0.05	2.10±0.07	2.10 ^{bc} ±0.06	2.20 ^a ±0.07	2.10 ^b ±0.06	82.8±0.04	79.8±0.03	77.7±0.04	72.7±0.07	78.3±0.04
P-Value	0.09	0.11	<0.001	0.01	0.02	0.56	0.95	0.25	0.62	0.94

a-d: Means within each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

* Average of means from weeks 2, 4, 6, and 8.

Saldanha *et al.* (Venglovska *et al.*, 2014) (2009) گزارش کردند که جایگزینی کلسیم، فسفر، مس، آهن، منگنز و روی به میزان ۷۰ تا ۱۱۰٪ از منابع آلی به جای منبع غیرآلی آنها، اثری بر کیفیت تخم مرغ، شاخص زرده و درصد سفیده نداشت. این محققین احتمال دادند که سطح مازادی از این عناصر مورد ارزیابی قرار گرفته که بیش از نیاز پرنده برای دستیابی به کیفیت بهینه تخم مرغ بوده است.

از آزمایش حاضر چنین نتیجه گیری می شود که استفاده از منابع مختلف مکمل منگنز اثری بر کیفیت داخلی تخم مرغ ندارد و میزان منگنز مواد اولیه خوراک برای تامین آن کافی است. چنین نتیجه گیری در مورد استفاده از انواع منابع مختلف مکمل منگنز بر عملکرد تولید تخم مرغ توسط بسیاری از محققین به اثبات رسیده است (Sazzad *et al.*, 1994; Venglovska *et al.*, 2014; Xiao *et al.*, 2014, 2015; Zhang *et al.*, 2017).

نتایج حاصل از اثر منابع مختلف منگنز بر درصد، ضخامت و مقاومت پوسته تخم مرغ در برابر شکستگی در جدول ۳ نشان داده شده است. افزودن مکمل منگنز از منابع آلی، غیرآلی و هیدروکسی کلرید سبب افزایش معنی دار ($P < 0.05$) ضخامت پوسته تخم مرغ نسبت به گروه شاهد شد که جیره بدون مکمل منگنز دریافت کرده بودند. در توافق با این نتایج، Venglovska *et al.* (2014) گزارش کردند که افزودن سولفات منگنز، پروتئینات منگنز و منگنز- گلیسین به جیره سبب افزایش ضخامت پوسته تخم مرغ شد. همچنین گزارش شده است که استفاده از مکمل منگنز به مقدار ۲۵ تا ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم جیره، ضخامت پوسته تخم مرغ را بدون توجه به نوع منبع آن افزایش داد (Xiao *et al.*, 2015). از طرفی در آزمایش دیگری مشخص شد که افزودن منگنز به میزان ۴۰ تا ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم جیره در فاز دوم تخم گذاری، ضخامت پوسته تخم مرغ را بهبود بخشید (Fassani *et al.*, 2000).

در آزمایش حاضر، اثر افزودن مکمل منگنز به جیره بر درصد پوسته تخم مرغ معنی دار ($P < 0.05$) بود اما چنین به نظر می رسد که سولفات منگنز نسبت به دیگر منابع در مقادیر مشابه، اثر کمتری بر افزایش

توده تخم مرغ تولیدی و ضریب تبدیل خوراک در هفته ششم، تحت تأثیر ۷۰ و ۹۰ میلی گرم هیدروکسی کلرید منگنز نسبت به گروه شاهد افزایش معنی داری را نشان داد ($P < 0.05$). همچنین ضریب تبدیل خوراک همه تیمارهای آزمایشی در هفته هشتم و کل دوره نسبت به گروه شاهد بهتر بود ($P < 0.05$). در این رابطه Venglovska *et al.* (2014) گزارش کردند که استفاده از مکمل آلی منگنز (پروتئینات منگنز و منگنز- گلیسین) و غیرآلی (سولفات منگنز) اثری بر وزن بدن و وزن تخم مرغ نسبت به جیره بدون مکمل منگنز نداشت در حالی که Yildiz *et al.* (2011) گزارش کردند که استفاده از مکمل آلی منگنز، وزن تخم مرغ و میزان افزایش وزن بدن مرغان تخم گذار را طی سنین ۴۹ تا ۶۱ هفتگی افزایش و درصد تخم مرغ های آسیب دیده را در مقایسه با منبع غیرآلی این عنصر کاهش داد. در پژوهش دیگری نیز مشخص شد که منگنز در دو شکل اکسید و کیلات با اسید آمینه، اثری بر وزن تخم مرغ، تولید تخم مرغ، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک نداشت (Swiatkiewicz & Koreleski, 2008). در تحقیق حاضر به نظر می رسد که افزایش مدت زمان آزمایش می تواند اثر مثبت مکمل منگنز را در جیره بر وزن تخم مرغ آشکار کند.

نتایج جدول ۳ نشان می دهند که استفاده از مکمل منگنز در اشکال مختلف آلی، غیرآلی و هیدروکسی کلرید اثر معنی داری بر شاخص زرده، وزن مخصوص تخم مرغ و واحد هاو نداشت. مقدار منگنز در پوسته تخم مرغ به مراتب بیشتر از زرده است (به ترتیب ۲/۵۵ و ۰/۷۲ میلی گرم). به نظر می رسد منگنز نقش مهمتری در پوسته نسبت به زرده تخم مرغ دارد (Mabe *et al.*, 2003). در توافق با این نتایج، گزارش شده است که استفاده از منابع آلی روی و منگنز هیچ گونه اثر معنی داری بر وزن مخصوص تخم مرغ نداشت (Lim & Paik, 2003). گزارش دیگری نیز نشان می دهد که افزودن سولفات منگنز، منگنز- گلیسین و پروتئینات منگنز به جیره در مقایسه با تیمار شاهد که فاقد مکمل منگنز بود، اثر معنی داری بر وزن تخم مرغ، وزن و نسبت زرده و وزن سفیده نداشت

بوده و بین آنها را بلورهای کلسیم اشغال می‌کند. ضخامت پوسته ویژگی مهمی است ولی تنها ویژگی تعیین‌کننده برای میزان استحکام پوسته نمی‌باشد (Butcher & Miles, 2005). غشای آلی و ارتباط آن با پوسته و همچنین ماتریکس اسفنجی، نقش بسیار مهمی را در کیفیت و استحکام پوسته تخم‌مرغ بازی می‌کند (Lavelin *et al.*, 2000). هنگام تشکیل پوسته، بلورهای کلسیت در نقاط خاصی از غشاهای پوسته تجمع می‌یابند سپس رشد کروی بلورها ادامه یافته تا یک لایه کاملاً مفروش حاصل شود. پوسته تکمیل شده خارجی دارای سازماندهی خاصی است (Garcia-Ruiz & Rodriguez-Navarro, 1994) و نتیجه نهایی اثر متقابل بین کلسیت و مولکول‌های ماتریکس آلی است (Nys *et al.*, 1999). اجزای پروتئوگلیکان ماتریکس آلی بر ساختمان و مقاومت پوسته تخم‌مرغ در برابر شکستگی اثر می‌گذارند (Young *et al.*, 2007). استفاده از مکمل منگنز آلی در جیره، اثر مثبت خود را بر کیفیت پوسته تخم‌مرغ با افزایش سنتز گلیکوزآمین گلیکان‌های سولفات (sulfated GAGs) و اسید اورونیک در غشاهای پوسته تخم‌مرغ اعمال می‌کند که سبب بهبود ساختمان پوسته تخم‌مرغ می‌شود (Xiao, 2014). همچنین نتایج ارائه‌شده در جدول ۳ نشان می‌دهند که بین منابع مختلف منگنز نیز تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) از نظر مقاومت پوسته تخم‌مرغ در برابر شکستگی وجود دارد به طوری که تیمار دریافت‌کننده سولفات منگنز غالباً مقاومت کمتری در پوسته تخم‌مرغ نسبت به سایر تیمارهای مکمل‌شده، ایجاد کرد. منابع آلی مواد معدنی مانند کمپلکس اسید آمینه یا پروتئینات‌ها، قابلیت دسترسی بالاتری نسبت به اشکال غیر آلی دارند (Yan & Waldroup, 2006) که احتمالاً مرتبط با مکانیسم متفاوت جذب آنها (به وسیله پپتید یا مکانیسم جذب اسید آمینه در روده) و محافظت بهتر از باندشدن به وسیله ترکیبات جیره مانند فیتات که تشکیل کمپلکس‌های غیرقابل هضم می‌دهند، است (Swiatkiewicz *et al.*, 2001). به‌طور کلی منابع آلی نسبت به منابع غیرآلی مزایایی نظیر محافظت از واکنش‌های شیمیایی نامطلوب در لوله گوارش و عبور آسان از دیواره روده دارند و احتمالاً از

درصد پوسته تخم‌مرغ داشته است. همچنین اثر افزودن ۵۰ میلی‌گرم نسبت به ۹۰ میلی‌گرم هیدروکسی کلرید منگنز در هر کیلوگرم جیره بر افزایش درصد پوسته تخم‌مرغ کمتر بود. این نتایج در تناقض با یافته‌های Mabe *et al.* (2003) است که گزارش کردند هیچ اختلافی از نظر درصد پوسته تخم‌مرغ بین مرغانی که مکمل آلی و غیرآلی روی، منگنز و مس دریافت کرده بودند وجود نداشت ولی (Klecker *et al.*, 2002) اثر مثبت جایگزینی جزئی روی و منگنز آلی را به جای منابع غیرآلی بر وزن نسبی و ضخامت پوسته تخم‌مرغ، مشاهده کردند. Abdallah *et al.* (1994) گزارش کردند که وزن نسبی پوسته تخم‌مرغ با حذف منگنز در مرغان تخم‌گذاری که پوسته‌های سنگین‌تری داشتند، کاهش یافت. در آزمایش حاضر با وجود تفاوت معنی‌دار از نظر وزن نسبی پوسته بین گروه‌های دریافت‌کننده انواع مکمل منگنز، تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) از نظر ضخامت پوسته مشاهده نشد. 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 *et al.*, 2017). در مقابل، اثر مثبت جایگزینی منابع آلی منگنز به جای اشکال غیرآلی بر وزن و ضخامت پوسته تخم‌مرغ، گزارش شده است (Bunesova, 1999; Klecker *et al.*, 2002).

Zhang *et al.* (2017) بیان کردند که اختلاف بین منابع آلی و غیرآلی منگنز در تغییرات بوجود 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 ($P < 0.05$) مقاومت پوسته تخم‌مرغ در برابر شکستگی در مقایسه با گروه شاهد شد (جدول ۳). منگنز احتمالاً مسئول بهبود مقاومت در برابر شکستگی پوسته است (Mabe *et al.*, 2003). پوسته تخم‌مرغ روی ماتریکس آلی تولید می‌شود که شامل پروتئین‌های رشته‌ای درهم پیچیده و توده‌های کروی

۴۰٪ روی و منگنز با اشکال کیلاته به جای منبع غیرآلی این عناصر، مقاومت پوسته تخم مرغ در برابر شکستگی را به طور معنی داری افزایش داد (Klecker *et al.*, 2002). با این حال Mabe *et al.* (2003) گزارش کردند که هیچ اختلافی از نظر خواص مکانیکی پوسته تخم مرغ بین مرغان تغذیه شده با منابع غیرآلی روی، مس و منگنز یا کمپلکس آلی اسید آمینه‌ای این عناصر مشاهده نشد. گرچه نتایج مطالعات مقایسه‌ای منابع آلی و غیرآلی منگنز بر کیفیت پوسته تخم مرغ در مرغان تخم‌گذار، ضد و نقیض است (Zhang *et al.*, 2017). Xiao *et al.* (2015) عوامل اصلی این تناقضات را رویکردهای مختلف آماری و طرح‌های متفاوت آزمایشی مورد استفاده برای ارزیابی کارایی منگنز آلی و غیرآلی در جیره مرغان تخم‌گذار، دانستند. Dale (1998) نیز تفاوت از نظر مقدار منگنز جیره پایه، سن مرغ تخم‌گذار و طول دوره آزمایش را دلیلی برای این نتایج ضد و نقیض بیان کرد به طوری که Xie *et al.* (2014) گزارش کردند که استفاده از مکمل منگنز در جیره می‌تواند کیفیت پوسته تخم مرغ را در یک دوره بلنمدت، بهبود بخشد.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهند که شاخص شکل تخم مرغ با مصرف مکمل منگنز از منابع آلی، غیرآلی و هیدروکسی کلرید منگنز در جیره طی دوره آزمایش افزایش معنی داری نسبت به گروه شاهد پیدا کرد ($P < 0.05$). تنها گروه دریافت کننده ۵۰ میلی گرم هیدروکسی کلرید منگنز در هر کیلوگرم جیره نسبت به گروه شاهد افزایش عددی داشت ولی این تفاوت معنی دار نبود. همچنین تفاوت معنی داری از نظر شاخص شکل تخم مرغ بین گروه‌های دریافت کننده ۵۰ و ۹۰ میلی گرم هیدروکسی کلرید منگنز در هر کیلوگرم جیره، مشاهده شد ($P < 0.05$). در هر صورت افزودن مکمل منگنز صرف نظر از منبع آن، شاخص شکل تخم مرغ را افزایش داد. این نتایج در تناقض با یافته‌های Venglovska *et al.* (2014) هستند که گزارش کردند شاخص شکل تخم مرغ با افزودن منبع غیرآلی سولفات منگنز و منبع آلی منگنز-گلیسین در مقایسه با پروتئینات منگنز پس از ۸ هفته به طور معنی داری کاهش یافت. شاخص شکل تخم مرغ در دامنه ۷۶-۷۲ معمولی، کمتر از ۷۲ دراز و بیش از ۷۶، گرد در نظر گرفته می‌شود. استفاده از مکمل منگنز در

نظر جذب و مکانیسم‌های سوخت‌وسازی، متفاوت هستند (Mateos *et al.*, 2005) به طوری که گزارشی مبنی بر جذب بهتر منگنز آلی نسبت به نوع غیرآلی در ایلنوم مرغان تخم‌گذار وجود دارد (Ji *et al.*, 2006).

Saldanha *et al.* (2009) گزارش کردند که با کاهش کلسیم، فسفر، مس، آهن، منگنز و روی تا ۷۰٪ از منابع آلی به جای منبع غیرآلی هیچ گونه اثری بر فراسنجه‌های کیفی پوسته تخم مرغ مشاهده نشد. در آزمایش حاضر نیز تفاوت معنی داری بین گروه‌های دریافت کننده ۷۰ میلی گرم در کیلوگرم منگنز-متیونین و ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید منگنز از نظر مقاومت پوسته تخم مرغ مشاهده نشد ($P < 0.05$) به این معنی که می‌توان با استفاده از منبع هیدروکسی کلرید منگنز، از مقدار منگنز کمتری به جای منبع آلی آن در جیره مرغان تخم‌گذار مسن استفاده کرد. احتمالاً منبع هیدروکسی کلرید منگنز با جذب و بازدهی بهتر، سبب آلودگی زیست محیطی کمتری می‌شود.

گزارش شده است که حداقل نیاز منگنز برای حداکثر کیفیت پوسته تخم مرغ، ۱۰۰-۵۰ میلی گرم در کیلوگرم است (Inal *et al.*, 2001). در آزمایش حاضر، مقاومت پوسته تخم مرغ پرندگان دریافت کننده ۹۰ میلی گرم هیدروکسی کلرید 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 *et al.* (2015) در آزمایشی سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ mg/kg مکمل منگنز از منابع آلی و غیرآلی را در جیره به کار بردند و گزارش کردند که سطوح ۵۰ و ۱۰۰ mg/kg ضخامت و مقاومت پوسته تخم مرغ را افزایش دادند.

کاهش مقاومت پوسته تخم مرغ با افزایش سن مرغ از ۲۵ تا ۷۰ هفتگی و نیز اثر مثبت جایگزینی کمپلکس آلی منگنز و روی بجای منبع غیرآلی بر کیفیت پوسته از سن ۶۲ هفتگی، گزارش شده است (Swiatkiewicz & Koreleski, 2005). آزمایش دیگری نیز نشان داد که استفاده از منگنز آلی در مقایسه با منبع غیرآلی آن، مقاومت پوسته تخم مرغ در برابر شکستگی را در مرغان تخم‌گذار مسن، افزایش داد (Xiao *et al.*, 2015). پژوهشگران دیگری نیز دریافتند که جایگزینی ۲۰ یا

منگنز در استخوان درشتنی را در مقایسه با گروه شاهد به طور معنی داری افزایش دادند ($P < 0.05$)، با این حال بین منابع آلی، غیر آلی و هیدروکسی کلرید نیز تفاوت معنی داری وجود دارد ($P < 0.05$) به طوری که استفاده از ۷۰ و ۹۰ میلی گرم هیدروکسی کلرید منگنز در هر کیلوگرم جیره، غلظت منگنز استخوان درشتنی را حتی نسبت به گروه دریافت کننده ۷۰ میلی گرم منگنز-متیونین (منبع آلی منگنز) افزایش داد ($P < 0.05$). از آنجایی که بیشترین منگنز بدن در استخوان است (Leeson & Summers, 2001)، مقدار منگنز استخوان، شاخص حساسی برای تعیین تفاوت از نظر قابلیت دسترسی منابع منگنز در جوجه های گوشتی گزارش شده است (Fly *et al.*, 1989).

آزمایش حاضر، شاخص شکل تخم مرغ را در دامنه معمولی قرار داد. اگرچه Duman *et al.* (2016) گزارش کردند همبستگی معنی داری بین شاخص شکل و مقاومت پوسته تخم مرغ در برابر شکستگی، وجود ندارد. جدول ۵ اثر استفاده از منابع مختلف منگنز را بر غلظت منگنز خون و استخوان درشتنی نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می شود، مصرف مکمل منگنز در اشکال آلی و هیدروکسی کلرید در همه سطوح سبب افزایش معنی دار ($P < 0.05$) غلظت منگنز خون در مقایسه با تیمار شاهد شد. استفاده از سولفات منگنز تنها از نظر عددی غلظت منگنز خون را در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد. همچنین نتایج این جدول نشان می دهند که فرم های مختلف مکمل منگنز، میزان ابقای

جدول ۳. اثر منابع مختلف منگنز بر صفات کیفی تخم مرغ

Table 3. Effects of different Mn sources on qualitative traits of egg

Mn Source	Yolk Index				Egg Specific Gravity (g/cm ³)				Haugh Unit			
	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Control	0.37±0.05	0.37±0.06	0.38±0.06	0.40±0.05	1.06±0.06	1.05±0.07	1.05±0.06	1.05±0.06	68.1±2.56	67.9±3.12	68.2±2.84	68.1±2.92
Mn hydroxychloride (50 mg/kg)	0.40±0.04	0.40±0.04	0.41±0.03	0.41±0.03	1.06±0.05	1.06±0.03	1.06±0.04	1.06±0.04	67.2±2.77	67.9±2.47	68.2±2.34	68.8±2.34
Mn hydroxychloride (70 mg/kg)	0.40±0.04	0.40±0.03	0.41±0.03	0.41±0.04	1.07±0.03	1.07±0.04	1.07±0.04	1.06±0.04	67.5±1.99	67.9±1.96	68.4±2.05	68.9±2.15
Mn hydroxychloride (90 mg/kg)	0.40±0.02	0.40±0.02	0.41±0.03	0.41±0.02	1.07±0.02	1.07±0.02	1.06±0.02	1.06±0.02	67.4±1.40	67.8±1.25	68.5±1.24	68.8±1.20
Mn-methionine chelate (70 mg/kg)	0.40±0.01	0.40±0.02	0.40±0.02	0.41±0.01	1.07±0.02	1.07±0.02	1.07±0.02	1.06±0.02	68.6±1.62	66.8±1.32	67.7±1.55	68.6±1.43
Mn-sulfate (70 mg/kg)	0.40±0.04	0.40±0.03	0.41±0.04	0.41±0.04	1.06±0.04	1.07±0.05	1.06±0.04	1.06±0.04	68.8±1.56	68.8±1.76	68.1±1.82	68.4±1.87
P-Value	0.84	0.81	0.93	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	Egg Shell (%)				Egg Shell Strength (kg/cm ²)				Egg Shell Thickness (mm)			
	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Control	11.2 ^a ±0.39	11.1 ^c ±0.42	11.0 ^c ±0.41	11.1 ^b ±0.47	1.89 ^a ±0.11	1.73 ^a ±0.57	1.66 ^a ±0.05	1.60 ^a ±0.05	3.39 ^a ±0.00	3.39 ^a ±0.00	3.39 ^a ±0.00	3.39 ^a ±0.01
Mn hydroxychloride (50 mg/kg)	12.1 ^{bc} ±0.27	12.0 ^b ±0.29	11.8 ^b ±0.35	11.7 ^{bc} ±0.34	2.52 ^{ab} ±0.10	2.47 ^{ab} ±0.10	2.40 ^a ±0.12	2.36 ^{ab} ±0.08	0.41 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.01
Mn hydroxychloride (70 mg/kg)	12.6 ^{ab} ±0.30	12.6 ^a ±0.33	12.4 ^a ±0.29	12.3 ^{ab} ±0.30	2.50 ^{ab} ±0.08	2.44 ^{ab} ±0.08	2.38 ^a ±0.10	2.36 ^{ab} ±0.09	0.42 ^a ±0.01	0.42 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.01
Mn hydroxychloride (90 mg/kg)	12.8 ^a ±0.26	12.8 ^a ±0.24	12.6 ^a ±0.28	12.3 ^{ab} ±0.25	2.54 ^{ab} ±0.08	2.51 ^a ±0.08	2.39 ^a ±0.07	2.42 ^a ±0.08	0.42 ^a ±0.01	0.42 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.01
Mn-methionine chelate (70 mg/kg)	12.9 ^a ±0.38	12.7 ^a ±0.41	12.6 ^a ±0.36	12.4 ^a ±0.39	2.56 ^a ±0.06	2.46 ^{ab} ±0.06	2.42 ^a ±0.07	2.39 ^{ab} ±0.06	0.41 ^a ±0.00	0.41 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.00
Mn-sulfate (70 mg/kg)	11.9 ^{ab} ±0.47	11.8 ^b ±0.42	11.1 ^a ±0.35	11.4 ^a ±0.48	2.42 ^b ±0.09	2.36 ^b ±0.07	2.30 ^b ±0.05	2.30 ^b ±0.07	0.41 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.01	0.41 ^a ±0.01
P-Value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.02	0.01	0.05	0.04

a-d) Means within each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

جدول ۴. اثر منابع مختلف منگنز بر شاخص شکل تخم مرغ

Table 4. Effects of different Mn sources on shape index of egg

Mn Source	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Control	70.5±1.95 ^c	71.0±2.74 ^c	71.0±2.44 ^b	71.5±1.76 ^c
Mn hydroxychloride (50 mg/kg)	72.3±2.19 ^{bc}	72.8±2.18 ^{bc}	73.8±1.85 ^{ab}	73.5±1.88 ^{bc}
Mn hydroxychloride (70 mg/kg)	74.8±1.52 ^{ab}	75.3±1.96 ^{ab}	75.3±1.62 ^a	75.3±1.69 ^{ab}
Mn hydroxychloride (90 mg/kg)	74.5±1.34 ^{ab}	75.3±1.07 ^{ab}	75.0±1.92 ^a	76.5±1.30 ^a
Mn-methionine chelate (70 mg/kg)	75.0±1.38 ^a	75.8±1.62 ^a	76.5±1.22 ^a	76.0±1.52 ^{ab}
Mn-sulfate (70 mg/kg)	73.8±1.96 ^{ab}	73.8±1.82 ^{abc}	74.3±1.86 ^a	74.5±2.04 ^{ab}
P-Value	0.01	0.03	0.02	0.02

a-c) Means within each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

جدول ۵. اثر منابع مختلف منگنز بر غلظت منگنز خون و استخوان درشتنی

Table 5. Effect of different Mn sources on blood and tibia Mn concentrations

Mn Source	Blood Mn (µg/ml)	Tibia Mn (µg/g)
Control	0.050±0.002 ^c	3.5±0.10 ^a
Mn hydroxychloride (50 mg/kg)	0.070±0.003 ^{ab}	4.8±0.12 ^{bc}
Mn hydroxychloride (70 mg/kg)	0.077±0.003 ^a	5.2±0.10 ^a
Mn hydroxychloride (90 mg/kg)	0.080±0.005 ^a	5.3±0.14 ^a
Mn-methionine chelate (70 mg/kg)	0.070±0.004 ^{ab}	4.9±0.16 ^b
Mn-sulfate (70 mg/kg)	0.060±0.005 ^{bc}	4.6±0.12 ^c
P-Value	0.02	0.0001

a-d) Means within each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

برخی از نتایج مطالعات بررسی قابلیت دسترسی منگنز، بر اساس غلظت آن در استخوان است. به طوری که Henry *et al.* (1986) گزارش کردند که قابلیت دسترسی منگنز براساس تجمع آن در استخوان، از منبع آلی منگنز- متیونین بیشتر از سولفات منگنز بود که منطبق با یافته‌های آزمایش حاضر است. منگنز از اجزای پروتئوگلیکان‌ها است و گلیکوزیل ترانسفرازهایی را که در تشکیل موکوپولی‌ساکاریدها دخالت دارند، فعال می‌کند. پروتئوگلیکان‌ها در ناحیه اپی‌فیز استخوان شرکت دارند و در حفظ تراکم آن دخیل هستند (Leach, 1976).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان دادند که افزودن مکمل منگنز به جیره سبب بهبود کیفیت پوسته تخم‌مرغ می‌شود و ۵۰ mg/kg هیدروکسی کلرید منگنز می‌تواند جایگزین ۷۰ mg/kg کمپلکس آلی منگنز- متیونین و یا سولفات منگنز در جیره مرغان تخم‌گذار مسن گردد بدون این که تغییری در کیفیت پوسته تخم‌مرغ و غلظت منگنز خون و استخوان درشتنی ایجاد شود.

گزارش‌های زیادی نشان می‌دهند که منابع آلی عناصر کم‌نیاز مانند کمپلکس‌های اسید آمینه، کیلات‌ها و پروتئینات، قابلیت دسترسی بالاتری نسبت به اشکال معدنی این عناصر دارند (Yan & Waldroup, 2006; Skirvan *et al.*, 2010; Yuan *et al.*, 2011; Bai *et al.*, 2012). با این حال Pimentel *et al.* (1991) هیچ اختلافی بین منابع آلی و غیرآلی نیافتند.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۵، افزایش غلظت منگنز خون و استخوان درشتنی در گروه‌های دریافت‌کننده منبع هیدروکسی کلرید منگنز (۷۰ و ۹۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره) نشان‌دهنده جذب و ابقای بهتر منگنز است. در توافق با یافته‌های پژوهش حاضر، Sazzad *et al.* (1994) گزارش کردند که با افزایش مکمل منگنز از صفر تا ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره، مقدار منگنز استخوان درشتنی به صورت خطی افزایش یافت. منگنز به عنوان یک عنصر کم‌نیاز ضروری، نقش بیولوژیکی مهمی در حیوانات ایفا می‌کند. منگنز به ویژه برای تشکیل طبیعی استخوان، عمل دستگاه تولیدمثل، عمل مغز و سوخت‌وساز کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها، مورد نیاز است (Underwood, 1977).

REFERENCES

1. Abdallah, A. G., Harms, A. G. R., Wilson, H. R. & El-Husseini, O. (1994). Effect of removing trace minerals from the diet of hens laying eggs with heavy or light shell weight. *Poultry Science*, 73, 295-391.
2. AOAC International. (1995). Official Methods of Analysis. 15th ed. Method No. 968.08. AOAC Int., Arlington, VA.
3. Ashmead, H. D., Graff, D. J. & Ashmead, H. H. (1985). Intestinal Absorption of Metal Ions and Chelates. Springfield, Ill: Charles C Thomas.
4. Bai, S. P., Lu, L., Wang, R., Xi, L., Zhang, L. Y. & Luo, X. G. (2012). Manganese source affects manganese transport and gene expression of divalent metal transporter 1 in the small intestine of broilers. *British Journal of Nutrition*, 108, 267-276.
5. Bertechini, A. G. (2003). Mito e verdades sorbe o ovo e consumes. In: Proceedings of *Anais da Conferencia Apinco de Ciencia e Tecnologia Avicolas*. Santos, São Paulo, Brasil, pp. 19-26.
6. Bunesova, A. (1999). Chelated trace minerals (Zn, Mn) in nutrition of hens. *Zeszyty Naukowe Prezegladu Hodowlanego*, 45, 309-317.
7. Butcher, G. D. & Miles, R. D. (2005). Concepts of eggshell quality. <http://www.afn.org/poultry/flkman4.htm>.
8. Close, W. H. (1998). Biotechnology in the food industry: The role of trace mineral proteinates in pig nutrition. In: Proceedings of the 14th Alltech's Annual Symposium. Nottingham, Nottinghamshire, p. 376-469.
9. Dale, N. & Strong, Jr., C. F. (1998). Inability to demonstrate an effect of eggshell 49 on shell quality in older laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 7, 219-224.
10. Duman, M., Sekeroglu, A., Yildirim, A., Eleroglu, H. & Camci, Ö. (2016). Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *European Poultry Science*, 80, 1-9.
11. Elaroussi, M. A., Forte, L. R., Eber, S. L. & Biellier, H. V. (1994). Calcium homeostasis in the laying hens. 1. Age and dietary calcium effects. *Poultry Science*, 73, 1581-1589.
12. Fassani, J. E., Bertechini, A. G., de Oliveria, B. L., Goncalves, T. & Fialho, E. T. (2000). Manganese in nutrition of the leghorn hens in the second cycle of production (in Portuguese). *Revista Ciencia e Agrotecnologia*, 24, 468-478.

13. Fly, A. D., Izquierdo, O. A., Lowry, K. L. & Baker, D. H. (1989). Manganese bioavailability in Manganese-methionine chelate. *Nutrition Research*, 9, 901-910.
14. Garcia-Ruiz, J. M. & Rodriguez-Navarro, A. (1994). The mineral structure of the avian eggshell: a case of competitive crystal growth. In: *Proceedings of 7th International Symposium on Biomineralization. I. Fundamentals of Biomineralization*, Monaco, pp. 85-94.
15. Henry, P. R., Ammerman, C. B. & Miles, R. D. (1986). Bioavailability of manganese sulfate and manganese monoxide in chicks as measured by tissue uptake of manganese from conventional dietary levels. *Poultry Science*, 65, 983-986.
16. Hyline International. (2015). Available at: http://www.hyline.com/UserDocs/Pages/PUB_INVEST_ENG.pdf.
17. Inal, F., Coskun, B., Gulsen, N. & 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*, 42, 77-80.
18. Ji, F., Kuo, X. G., Lu, L., Liu, B. & Yu, S. Y. (2006). Effect of manganese source on manganese absorption by the intestine of broilers. *Poultry Science*, 85, 1947-1952.
19. Keshavarz, K. (2003). A comparison between cholecalciferol and 25-OH-cholecalciferol on performance and eggshell quality of hens fed different levels of calcium and phosphorus. *Poultry Science*, 82, 1415-1422.
20. Klecker, D., Zeman, L., Jelinek, P. & Bunesova, A. (2002). Effect of manganese and zinc chelates on the quality of eggs. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae*, 50, 59-68.
21. Lavelin, L., Meiri, N. & Pines, M. (2000). New insight in eggshell formation. *Poultry science*, 79, 1014-1017.
22. Leach, R. M. & Gross, J. R. (1976). Metabolism and function of manganese. In: Prasad, A.S. (Ed.), *Trace Elements in Human Health and Disease*. (Vol. II pp. 235-247) Academic Press, New York.
23. Leach, R. M. & Gross, J. R. (1983). The effect of Manganese deficiency upon the ultrastructure of the eggshell. *Poultry Science*, 62, 499-504.
24. Leeson, S. & Summers, J. D. (2001). *Scott's nutrition of the chicken*, 4th ed., Guelph University Press, Guelph, Ontario, Canada
25. Lim, H. S. & Paik, I. K. (2003). Effects of supplementary mineral methionine chelates (Zn, Cu, Mn) on the performance and eggshell quality of laying hens. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 16, 1804-1808.
26. Mabe, I., Rapp, C., Bain, M. M. & Nys, Y. (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, 1903-1913.
27. Mann, S., Archibald, D. D., Didymus, J. M., Douglas, T., Heywood, B. R., Meldrum, F. C. & Reeves, N. J. (1993). Crystallization at inorganic-organic interfaces biomaterials and biomimetic synthesis. *Science*, 261, 1286-1292.
28. Mateos, G. G., Lazaro, R., Astillero, J. R. & Serrano, M. P. (2005). Trace minerals: what text books don't tell you?. In: Taylor-Pickard, J. & Toker, L. (eds.), *Redefining Mineral Nutrition*. pp. 41-43, Nottingham University Press, Nottingham, UK.
29. National Research Council. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th revised ed., National Academy Press, Washington, DC.
30. Nys, Y., Hincke, M. T., Arias, J. L., Garcia-Ruiz, J. M. & Solomon, S. E. (1999). Avian eggshell mineralization. *Poultry Avian Biology Review*, 10, 143-166.
31. Pimentel, J. L., Cook, M. E. & Greger, L. (1991). Bioavailability of zinc-methionine for chicks. *Poultry Science*, 70, 1637-1639.
32. Poggenpoel, D. G., Ferreira, G. F., Hayes, J. P. & Preez, J. J. D. (1996). Response to long-term selection for egg production in laying hens. *British Poultry Science*, 37, 743-756.
33. Rodriguez-Navarro, A. B., Kalin, O., Nys, Y. & Garcia-Ruiz, J. M. (2002). Influence of the microstructure on the shell strength of eggs laid by hens of different ages. *British Poultry Science*, 43, 395-403.
34. Roland, Sr., D. A. (1988). Research note: eggshell problems: estimates of incidence and economic impact. *Poultry Science*, 67, 1801-1803.
35. Saldanha, E., Garcia, E. A., Pizzolante, C. C., Fattarone, A. B. G., Sechinato, A., Molino, A. B. & Laganá, C. (2009). Effect of organic mineral supplementation on the egg quality of semi-heavy layers in their second cycle of lay. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 11, 215-222.
36. SAS. (2014). *Statistical Analysis Systems, Version 9.4.*, SAS Institute Inc., Cary, NC.
37. Sazzad, H. M., Bertechini, A. G. & 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*, 46, 271-275.

38. Skřivan, M., Bubancová, I., Marounek, M. & Dlouhá, G. (2010). Selenium and α -tocopherol content in eggs produced by hens that were fed diets supplemented with selenomethionine, sodium selenite and vitamin E. *Czech Journal of Animal Science*, 55, 388-397.
39. Swiatkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., Krawczyk, J., Puchała, M. & Jozefiak, D. (2015). Dietary factors improving eggshell quality: an updated review with special emphasis on microelements and feed additives. *World's Poultry Science Journal*, 71, 83-94.
40. Swiatkiewicz, S. & Koreleski, J. (2005). Effect of 25-hydroxycholecalciferol in diet on quality of bones in caged laying hens (in polish). *Medycyna Weterynaryjna*, 61, 814-817.
41. Swiatkiewicz, S. & Koreleski, J. (2008). The effect of zinc and manganese source in the diet for laying hens on eggshell and bones quality. *Veterinarni Medicina*, 53, 555-563.
42. Swiatkiewicz, S., Koreleski, J. & Dai, Q. Z. (2001). The bioavailability of zinc from inorganic and organic sources in broiler chickens affected by addition of phytase. *Journal of Animal Feed Science*, 10, 317-328.
43. Underwood, E. J. (1977). *Trace elements in human and animal nutrition*, 4th Ed., Academic Press, New York, USA.
44. Underwood, E. J. & Suttle, N. F. (1999). Mineral nutrition of livestock. *Journal of Agricultural Research*, 43, 355-366.
45. Venglovská, K., Gresakova, L., Placha, I., Ryzner, M. & 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*, 59, 147-155.
46. Vieira, S. L. (2004). Mineraiis quelatados na nutrição animal. In: *Proceedings of Simpósio Sobre Manejo Enutrição De Aves e Suínos*, Campinas, p. 51-70.
47. Washburn, K. W. (1982). Incidence, cause and prevention of egg shell breakage in commercial production. *Poultry Science*, 61, 2005-2012.
48. Xiao, J. F. (2014). *Effect of Dietary Manganese Sources and Supplemental Levels on Eggshell Quality of Laying Hens*. Ph.D. Thesis. CAAS, Beijing, China.
49. Xiao, J. F., Wu, S. G., Zhang, H. J., Yue, H. Y., Wang, J., Ji, F. & Qi, G. H. (2015). Bioefficacy comparison of organic manganese with inorganic manganese for eggshell quality in Hy-Line Brown laying hens. *Poultry Science*, 94, 1871-1878.
50. Xiao, J. F., Zhang, Y. N., Wu, S. G., Zhang, H. J., Yue, H. Y. & Qi, G. H. (2014). Manganese supplementation enhances the synthesis of glycosaminoglycan in eggshell membrane: A strategy to improve eggshell quality in laying hens. *Poultry Science*, 93, 380-388.
51. Xie, J., Tian, C., Zhu, Y., Zhang, L., Lu, L. & Lu, X. (2014). Effects of inorganic and organic manganese supplementation on gonadotropin-releasing hormone-I and follicle-stimulating hormone expression and reproductive performance of broiler breeder hens. *Poultry Science*, 93, 959-969.
52. Yan, F. & Waldroup, P. W. (2006). Evaluation of Mintrex[®] manganese as a source of manganese for young broilers. *International Journal of Poultry Science*, 5, 708-713.
53. Yildiz, A. O., Cufadar, Y. & Olgun, O. (2011). Effects of dietary organic and inorganic manganese supplementation on performance, egg quality and bone mineralization in laying hens. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 162, 482-488.
54. Young, W. H., Son, M. J., Yun, K. S. & Kim, Y. S. (2007). Relationship between eggshell strength and keratin sulfate of eggshell membranes. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 147, 1109-1115.
55. Yuan, J., Xu, Z., Huang, C., Zhou, S. & Guo, Y. (2011) Effect of dietary Mintrex[®]-Zn/Mn on performance, gene expression of Zn transfer proteins, activities of Zn/Mn related enzymes and fecal mineral excretion in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 168, 72-79.
56. Zhang, Y. N., Wang, J., Zhang, H. J., Wu, S. J. & Qi, G. H. (2017). Effect of dietary supplementation of organic or inorganic manganese on eggshell quality, ultrastructure, and components in laying hens. *Poultry Science*, 96, 2184-2193.