



## اثر منابع آلی، غیرآلی و هیدروکسی منگنز، روی و مس بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار مسن

علی سهرابی<sup>۱</sup>، مرتضی مهري<sup>۲\*</sup>، فاطمه شیرمحمد<sup>۲</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه علوم دامی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۹ - تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۲۲)

### چکیده

آزمایش حاضر با هدف بررسی استفاده از منابع آلی، غیرآلی و هیدروکسی منگنز، روی و مس بر خصوصیات کمی و کیفی تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار مسن انجام شد. بدین منظور از ۲۴۰ قطعه مرغ تخم‌گذار سویه تجاری های-لاین از سن ۵۵ تا ۶۵ هفتگی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار، چهار تکرار و ۱۵ پرنده در هر تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- جیره شاهد، حاوی منبع سولفات منگنز، روی و مس، ۲- جیره حاوی کیلات منگنز، روی و مس با اسید آمینه متیونین، ۳- جیره حاوی منبع هیدروکسی منگنز، روی و مس، ۴- جیره حاوی هیدروکسی منگنز، روی و مس به میزان ۷۰٪ تیمار سوم بودند. فرم‌های کیلاته و هیدروکسی منگنز، روی و مس سبب افزایش معنی‌دار وزن تخم‌مرغ در بیشتر هفته‌های آزمایش و بهبود ضریب تبدیل در هفته‌های ۶۲، ۶۴ و ۶۵ نسبت به گروه سولفات این عناصر شد ( $P < 0.05$ )، ولی تفاوت معنی‌داری بین گروه ۷۰٪ هیدروکسی و سولفات نبود. هیچ‌یک از منابع منگنز، روی و مس تغییری در سطح مصرف خوراک، ضخامت، مقاومت و وزن پوسته، شاخص زرده و شکل، واحد هاو، و رنگ زرده تخم‌مرغ، سطح آلکالین فسفاتاز، سرلوپلاسمین، روی، مس و کلسیم خون ایجاد نکردند. فقط منبع کیلاته سبب افزایش معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) سطح منگنز خون شد. همچنین فرم کیلاته و هیدروکسی عناصر سبب افزایش منگنز پوسته و زرده تخم‌مرغ و روی زرده و کاهش منگنز، روی، آهن و مس مدفوع در مقایسه با فرم سولفات و ۷۰٪ هیدروکسی شدند. نتایج این آزمایش نشان داد که بکارگیری شکل کیلاته یا هیدروکسی منگنز، روی و مس در جیره مرغ‌های تخم‌گذار مسن نسبت به شکل سولفات آن سبب بهبود عملکرد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: روی، عملکرد، مرغ تخم‌گذار، مس، منگنز

\* نویسنده مسئول: mortezamehri@gmail.com

## مقدمه

شکستگی و ترک خوردگی پوسته، به طور معمول علت ۹۰-۸۰ درصد ضایعات تولید تخم‌مرغ است. با افزایش سن مرغ‌های تخم‌گذار میزان تخم‌مرغ‌های شکسته می‌تواند در انتهای دوره تا ۲۰ درصد افزایش یابد. تلاش زیادی برای بهبود کیفیت تخم‌مرغ در زمینه ژنتیک، شرایط محیطی و تغذیه به ویژه تغذیه املاح معدنی انجام شده است. علاوه بر تاثیر عناصر پرنیاز کلسیم و فسفر، عناصر کم‌نیاز نیز در کیفیت پوسته تخم‌مرغ اثرگذار هستند (Nys, 2001)، به طوری که گزارش شده است استفاده از مکمل جیره‌ای روی، مس و منگنز موجب بهبود کیفیت پوسته تخم‌مرغ می‌شود (Mabe et al., 2003).

اثر عناصر کم‌نیاز بر کیفیت پوسته تخم، یا بوسیله خواص کاتالیزوری آنها است و به عنوان آنزیم‌های کلیدی در فرآیند تشکیل غشاء پوسته تخم‌مرغ شرکت دارند، و یا به طور مستقیم برای تشکیل کریستال‌های کلسیت مورد نیاز هستند. به طور مثال منگنز، ترانسفرازهای گلیکوزیل را که در تشکیل موکوپولی ساکاریدهای ترکیبات پروتئوگلیکان شرکت دارند، فعال می‌کند (Leach, 1976). با این حال گزارش شده است که نیاز منگنز پیشنهادی در NRC سال ۱۹۹۴ (۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره)، برای بالا بردن مقاومت پوسته تخم‌مرغ در مقابل شکستگی در مرغ تخم‌گذار مسن کافی نیست (Xiao et al., 2015).

مکمل مواد معدنی که در جیره استفاده می‌شود، عموماً از منابع معدنی مانند سولفات‌ها، کربنات‌ها، کلریدها و اکسیدها تامین می‌شود. این نمک‌ها در بخش‌های انتهایی لوله گوارش تجزیه شده و به فرم یون‌های آزاد درآمده و سپس جذب می‌شوند. این یون‌های آزاد بسیار واکنش‌دهنده هستند و می‌توانند با دیگر مولکول‌های موجود در جیره، تشکیل کمپلکس دهند که جذب آنها را مشکل می‌سازد و یا در بعضی موارد، آنها را برای جذب غیرقابل دسترس می‌نماید. لذا سودمندی اندکی برای حیوانات دارند (Close, 1998). از این رو معمولاً اینگونه ریزمغذی‌ها در مقادیر بالاتری در جیره بکار گرفته می‌شوند.

سطوح املاح کم‌نیازی که هم‌اکنون در برخی از کشورها استفاده می‌شوند، بیش از آن است که پرنده نیاز دارد (Bertechini, 2003). در عمل سطوح زیاد املاحی مانند روی، مس، آهن و منگنز که برای جلوگیری از علائم

کمبود در جیره استفاده می‌شود، ممکن است سبب آثار متقابل بین این املاح و دیگر ترکیبات جیره‌ای شود که منجر به عدم دسترسی برای دستگاه گوارش پرنده می‌شود (Mabe, 2003).

یکی از راهکارهای مهم برای کاهش غلظت مواد معدنی در جیره، بدون تاثیر بر عملکرد حیوان، بکارگیری منابع املاح معدنی به فرم آلی است (Zhang et al., 2017). املاح کم-نیازی که به فرم آلی هستند، قابلیت دسترسی بالاتری دارند و متشکل از یون‌های فلزی باند شده با مواد آلی مانند اسیدهای آمینه، پپتیدها و یا کمپلکس‌های پلی-ساکاریدی هستند که این یون‌ها را با پایداری، حلالیت و دسترسی بالاتری فراهم می‌سازند (Vieria, 2004). کیلات‌های آلی - معدنی بدون اینکه بر خصوصیات تولیدی دام و طیور اثر گذارند، آلودگی زیست محیطی ناشی از این عناصر را کاهش می‌دهند (وکیلی و پروانی، ۱۳۹۵). این شکل از املاح به راحتی از روده جذب و منتقل می‌شوند، به علاوه از نظر بیوشیمیایی پایدارتر هستند و در مقابل واکنش‌های نامطلوب با دیگر ترکیبات جیره‌ای که ممکن است میزان جذبشان را کاهش دهند، محافظت می‌شوند (Close, 1998). میزان جذب هر ماده معدنی با توجه به منبع آن متفاوت است، بنابراین نمی‌توان مقداری ثابت برای هر عنصر بدون توجه به منبع آن تعیین کرد (Ashmead, 1985). همچنین گزارش شده است که استفاده از ۷۰ درصد عناصر کم‌نیاز روی، آهن، منگنز، مس، ید و سلنیوم به شکل آلی می‌تواند جایگزین ۱۰۰ درصد نیاز این عناصر به شکل معدنی در جیره مرغ‌های تخم‌گذار نسبتاً سنگین شود، بدون اینکه بر فراسنجه‌های تخم‌مرغ اثر گذارد (Saldanha et al., 2009). لذا به نظر می‌رسد بهبود قابلیت دسترسی با استفاده از منابع آلی ممکن است یک گزینه مناسب جهت تصحیح سطوح تغذیه‌ای باشد. به طوری که نشان داده شده است منگنز آلی بهتر از منگنز غیرآلی در ایلنوم مرغ‌های تخم‌گذار جذب می‌شود (Ji et al., 2006). پژوهش دیگری نشان داد مکمل املاح کم‌نیاز آلی در مقایسه با منابع غیرآلی، سطوح بالاتری از احتیاجات املاح را تامین می‌کند (Saldanha et al., 2009). در بین منابع آلی، کمپلکس‌های کیلاته عنصر کم‌نیاز با یک اسیدآمینه یکی از مهم‌ترین آنها است.

سویه های-لاین w36 تهیه شد (جدول ۱). غلظت عناصر منگنز، روی و مس در هر یک از منابع آلی، غیرآلی و هیدروکسی مورد استفاده در آزمایش، به وسیله روش طیفسنجی جذب اتمی (AOAC, 1995) تجزیه شد.

خوراک به صورت آزاد در اختیار مرغ‌ها قرار گرفت و مصرف خوراک (اختلاف وزن خوراک ارائه شده و خوراک باقی‌مانده) به صورت هفتگی تعیین شد و بازده خوراک با در نظر گرفتن تولید تخم‌مرغ و مرگ و میر محاسبه شد. برای تعیین وزن تخم‌مرغ، هر هفته پنج تخم‌مرغ از هر قفس توزین و میانگین وزن گزارش شد. برای آزمایش کیفیت تخم‌مرغ و پوسته آن، هر دو هفته یک‌بار از هر قفس، پنج تخم‌مرغ به طور تصادفی انتخاب و مورد آزمایش قرار گرفت، به طوری که با استفاده از کولیس دیجیتال (دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر)، طول و عرض تخم‌مرغ-ها اندازه‌گیری و شاخص شکل  $[۱۰۰ \times (\text{طول} / \text{عرض})]$  تعیین شد. سپس تخم‌مرغ‌ها شکسته شده و برای تعیین کیفیت آنها، فراسنجه‌های زیر مورد بررسی قرار گرفت:

پس از خشک کردن و جدا کردن غشاء داخلی، پوسته‌ها وزن شده و ضخامت پوسته تخم‌مرغ با استفاده از دستگاه استحکام‌سنج Digital Egg Shell Force Gauge, model-II بر حسب کیلوگرم نیروی مورد نیاز برای شکستن پوسته در مقطع یک سانتی‌متر مربع سنجیده شد. برای تعیین شاخص زرده از فرمول  $۱۰۰ \times (\text{قطر زرده} / \text{ارتفاع زرده})$  استفاده شد. واحد هاو پس از اندازه‌گیری ارتفاع سفیده با دستگاه Egg Multi Tester (EMT-5200) محاسبه شد. واحد هاو در واقع شاخصی است که در آن ارتفاع سفیده برای وزن تخم‌مرغ از راه رابطه لگاریتمی  $HU = 100 \log(H - 1.7W^{0.37} + 7/57)$  تصحیح شده است. در این معادله، H ارتفاع سفیده بر حسب میلی‌متر و W وزن تخم‌مرغ بر حسب گرم است. برای مشخص کردن رنگ زرده از واحد رش استفاده شد. بدین منظور رنگ زرده تخم‌مرغ با نوارهای رنگی که نمرات ویژه‌ای دارد، مقایسه و تطبیق و عدد بدست آمده، به عنوان رنگ زرده در نظر گرفته شد.

در آخرین روز آزمایش از هر قفس یک قطعه مرغ به صورت تصادفی انتخاب و از سیاهرگ زیر بال خون‌گیری شد و نمونه‌های سرم خون جمع‌آوری و تا زمان آزمایش-های مربوطه در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. سطح روی، منگنز و مس خون (به روش جذب اتمی

اگرچه منابع آلی نسبت به منابع غیرآلی خلوص و جذب بالاتری دارند، ولی قیمت آنها نیز زیاد است. از این رو اخیراً منابع جدید هیدروکسی عناصر کم‌نیاز تولید و به بازار عرضه شده که علاوه بر خلوص و جذب بالاتر، هزینه کمتری در بردارند و به علت عدم اکسیداسیون، فاقد آثار مخرب بر سایر ترکیبات حساس در جیره مانند ویتامین‌ها بوده و پایداری بیشتری در خوراک دارند. ولی تاکنون تحقیقات چندانی در مورد این منابع جدید انجام نشده است. بنابراین هدف از آزمایش حاضر، مقایسه منابع مختلف آلی (کیلات با اسیدآمین، غیرآلی (سولفات) و هیدروکسی منگنز، روی و مس بر کیفیت تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار مسن بود.

### مواد و روش‌ها

در این آزمایش از ۲۴۰ قطعه مرغ تخم‌گذار سویه تجاری هایلین از سن ۵۵ تا ۶۵ هفتگی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار آزمایشی، چهار تکرار و در هر تکرار، سه قفس و در هر قفس، پنج قطعه مرغ استفاده شد. تیمارهای آزمایشی برای مقایسه فرم‌های مختلف (سولفات، کیلات با متیونین و نمک هیدروکسی) روی، مس و منگنز به نحوی تهیه شد که سه تیمار اول حاوی ۹۰ میلی‌گرم منگنز، ۸۰ میلی‌گرم روی و ۸ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم خوراک از هر یک از این منابع (به ترتیب منبع سولفات، کیلات با متیونین و نمک هیدروکسی) بود و تیمار چهارم تنها حاوی ۷۰٪ هر یک از عناصر ذکر شده (۶۳ میلی‌گرم منگنز، ۵۶ میلی‌گرم روی و ۶ میلی‌گرم مس در کیلوگرم جیره) از منبع نمک هیدروکسی این عناصر بود. نمک هیدروکسی عناصر مورد استفاده در آزمایش، محصول شرکت Micronutrients آمریکا با نام تجاری Intellibond® بود. اینتلی‌باند Z (هیدروکسی کلراید روی) حاوی ۵۵٪ روی؛ اینتلی‌باند M (هیدروکسی کلراید منگنز) حاوی ۴۴٪ منگنز؛ و اینتلی‌باند C (کلراید بازی مس) حاوی ۵۸٪ مس بود.

مرغ‌ها در سن ۵۵ هفتگی با تولید ۷۴٪ در محدوده وزن و درصد تولید یکسان به طور تصادفی به ۴۸ قفس اختصاص یافته و روزانه جیره‌های آزمایشی در اختیارشان قرار گرفت. طی آزمایش، پرندگان آزادانه به آب دسترسی داشتند. متوسط دمای سالن ۲۶ درجه سلسیوس بود. جیره پایه بر اساس احتیاجات غذایی توصیه شده راهنمای

همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود از ۵۶ هفتگی تا پایان دوره آزمایش (۶۵ هفتگی)، تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر وزن تخم‌مرغ داشتند، به طوری که تا ۶۱ هفتگی استفاده از فرم کیلاته و هیدروکسی عناصر معدنی روی، منگنز و مس در جیره نسبت به گروه شاهد که فرم سولفات این عناصر را با مقادیر برابر دریافت کرده بودند، سبب افزایش معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) وزن تخم‌مرغ شد، ولی تیمار چهارم که حاوی فرم هیدروکسی به میزان ۷۰٪ نیاز عناصر روی، منگنز و مس را تامین می‌کرد، تنها در ۵۷ و ۵۸ هفتگی سبب افزایش معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) وزن تخم-مرغ نسبت به گروه شاهد شد و از ۵۹ تا ۶۵ هفتگی این تفاوت معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد استفاده از ۷۰٪ میزان عناصر روی، منگنز و مس، به شکل هیدروکسی، می‌تواند جایگزین فرم غیرآلی این عناصر، که عموماً به شکل سولفات است، شود بدون اینکه اثر معنی‌داری بر وزن تخم‌مرغ داشته باشد. جایگزینی کامل فرم کیلاته یا هیدروکسی عناصر معدنی روی، منگنز و مس به غیر از هفته‌های ۶۲، ۶۳ و ۶۵ که این افزایش عددی بود، سبب افزایش معنی‌دار وزن تخم‌مرغ شد.

با افزایش سن مرغ از ۶۲ تا ۶۴ هفتگی تفاوت معنی‌داری در وزن تخم‌مرغ بین پرندگان تغذیه شده با مقادیر ۱۰۰٪ و ۷۰٪ نیاز روی، منگنز و مس به فرم هیدروکسی مشاهده نمی‌شود، ولی در ۶۵ هفتگی کاهش معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) وزن تخم‌مرغ در تیمار تامین‌کننده ۷۰٪ نیاز با تیمار تامین‌کننده ۱۰۰٪ نیاز این عناصر از منبع هیدروکسی وجود دارد. احتمالاً با افزایش سن مرغ نیاز به این عناصر کم‌نیاز بیشتر می‌شود. همچنین مشخص شد جیره‌ای که با ویتامین و عناصر معدنی مکمل نشده بود در مرغ‌های مسن (۷۴-۶۲ هفتگی) سبب کاهش وزن تخم‌مرغ شد، ولی در مرغ‌های جوان (۴۰-۳۰ هفتگی) چنین اثری مشاهده نشد (Inal et al., 2001).

نتایج مربوط به مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی در جدول ۲ نشان می‌دهد که استفاده از منابع کیلاته و هیدروکسی عناصر روی، منگنز و مس در طول آزمایش تغییر معنی‌داری در مصرف خوراک در مقایسه با گروه شاهد که منبع سولفات این عناصر را تغذیه کردند، ایجاد نکرد و حتی استفاده از ۷۰٪ نیاز این عناصر نیز به فرم هیدروکسی، سبب تغییر معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها نشد. همچنین افزودن منابع کیلاته و هیدروکسی

و آنزیم‌های آکالین فسفاتاز و سرولوپلاسمین سرم به وسیله کیت پارس آزمون با روش اسپکتروفتومتری مورد سنجش قرار گرفت. غلظت عناصر معدنی منگنز، روی، مس، کلسیم و آهن پوسته و زرده تخم‌مرغ و مدفوع به روش‌های ارائه شده در (1995) AOAC، اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- ترکیبات جیره پایه

Table 1. Composition of the basal diet

Ingredient	Composition (%)
Corn	60
Soybean meal (44%)	25.5
Wheat bran	4
Lucerne meal	1
Common salt	0.02
DCP	1.6
Oyster shell	7.24
Mineral suppl.*	0.25
Vitamin suppl.**	0.25
DL-Methionine	0.14
<b>Calculated composition</b>	
ME (kcal/kg feed)	2700
Crude protein (%)	15.5
Calcium (%)	4
Available P (%)	0.43
Met+Cys (%)	0.73
Lysine (%)	0.075

\* The mineral premix provided per kilogram of diet: Calcium pantothenate, 1.8 mg; butylated hydroxytoluene, 63 mg; Fe, 40 mg; I, 1.2 mg; Co, 0.36 mg; Se, 0.24 mg; Cu, 3 mg; Zn, 30 mg; Mn, 30 mg. Zn, Mn and Cu in four experimental treatments were supplied as sulphate, amino acid complex, hydroxychloride and or 70% hydroxychloride.

\*\*The vitamin-mineral premix provided per kilogram of diet: vitamin A, 12000 IU; cholecalciferol, 3000 IU; vitamin E, 100 IU; menadione, 5mg; thiamine, 3 mg; riboflavin, 12 mg; pyridoxine, 4 mg; vitamin B12, 0.40 mg; niacin, 55 mg; biotin, 0.25 mg; choline chloride, 1000mg.

نتایج بدست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و با استفاده از مدل آماری زیر و رویه GLM مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح معنی‌دار پنج درصد استفاده شد:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

که در آن،  $y_{ij}$  = مقدار هر مشاهده؛  $\mu$  = میانگین جامعه برای هر صفت؛  $T_i$  = اثر تیمار و  $\varepsilon_{ij}$  = مقدار باقیمانده است.

## نتایج و بحث

خوراک و فرسایش سنگدان شد (Al-Ankari *et al.*, 1998).

جدول ۳ نتایج مربوط به صفات کیفی تخم‌مرغ را نشان می‌دهد. استفاده از اشکال مختلف منابع آلی و هیدروکسی حتی در سطح ۰.۷٪ نیاز عناصر روی، منگنز و مس اثر معنی‌داری بر ضخامت، وزن و مقاومت پوسته، شاخص زرده، واحد هاون، رنگ زرده و شاخص شکل تخم‌مرغ نداشت. به نظر می‌رسد که مقدار ۰.۷٪ فرم هیدروکسی این عناصر می‌تواند به خوبی جایگزین ۱.۰٪ مقدار مورد نیاز منبع سولفات از آنها باشد، بدون اینکه بر صفات کیفی تخم‌مرغ اثر گذارد. این نتایج برخلاف نتایج Paik (2001) است که گزارش کرد منابع آلی روی، مس و منگنز سبب افزایش درصد پوسته تخم‌مرغ شد. همچنین Lundeen (2001) بهبود کیفیت پوسته تخم‌مرغ را با تغذیه روی و منگنز کیلاته در هفته‌های ۶۰-۲۰ مشاهده کرد. استفاده از فرم آلی روی، منگنز و سلنیم سبب افزایش وزن پوسته تخم‌مرغ شد (Rutz *et al.*, 2006)، ولی حذف مکمل روی، مس و آهن از جیره در ده هفتگی، هیچ‌گونه اثری بر تولید و وزن تخم‌مرغ نداشت؛ با این حال حذف منگنز از جیره، به طور ویژه وزن پوسته تخم‌مرغ را در مرغ‌هایی که پوسته تخم‌مرغ سنگین‌تر داشتند، کاهش داد (Abdallah *et al.*, 1994). همچنین گزارش شده است که کمبود منگنز جیره‌ای می‌تواند تولید تخم‌مرغ و ضخامت پوسته را کاهش دهد و نهایتاً منجر به تغییر شکل ساختمان و تغییر شکل برآمدگی‌های پستانی سطح پوسته تخم‌مرغ شود (Leach and Gross, 1983). گزارش شده است که استفاده از مکمل منگنز در جیره سبب افزایش ضخامت و مقاومت پوسته تخم‌مرغ در برابر شکستگی و انعطاف-پذیری تخم‌مرغ می‌شود (Xiao *et al.*, 2014). پژوهش دیگری نیز نشان داد مکمل منگنز جیره‌ای بر بیان ژن GnRH- I در مغز و FSH در هیپوفیز و همچنین کیفیت پوسته تخم‌مرغ در مرغ مادرگوشتی اثر دارد (Xie *et al.*, 2014). با کاهش مصرف منگنز، مقدار هگزوز آمین و اسید هگزورونیک در پوسته تخم‌مرغ کاهش می‌یابد (Leach and Gross, 1983). همبستگی زیادی بین قدرت شکستگی در پوسته تخم‌مرغ و مقدار گلیکوز آمین گلیکان (GAC) تولید شده در غدد پوسته‌ساز تخم‌مرغ وجود دارد (Young *et al.*, 2001).

این عناصر تنها به طور عددی سبب کاهش ضریب تبدیل خوراک نسبت به گروه شاهد (فرم سولفات) شد و در ۶۲، ۶۴ و ۶۵ هفتگی این تفاوت معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ )، ولی استفاده از ۰.۷٪ نیاز این عناصر به فرم هیدروکسی نتیجه-ای مشابه گروه شاهد (فرم سولفات) داشت و سبب افزایش معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) ضریب تبدیل خوراک نسبت به گروه-های دریافت‌کننده فرم کیلاته و هیدروکسی در مقادیر تامین‌کننده احتیاجات این عناصر بود. در این باره گزارش شده است که تولید تخم‌مرغ، وزن تخم‌مرغ، مصرف خوراک و بازده خوراک با تغذیه از منابع معدنی و آلی منگنز و روی تحت تاثیر قرار نگرفت (Swiatkiewicz and Koreleski, 2008). نتایج پژوهشی نشان داد که استفاده از سولفات مس در مقایسه با کمپلکس مس-لیزین مصرف خوراک را کاهش داده و دلیل آن، آثار متفاوت این دو منبع در لوله گوارش و قابلیت دسترسی آنها عنوان شد (Pang and Applegate, 2007). بر خلاف نتایج حاضر، مکتوبیان (۱۳۸۹) گزارش کرد که با مصرف روی به شکل آلی، ضریب تبدیل خوراک کاهش یافت و این اثر طی دوره دوم تخم‌گذاری بهتر بود. آثار متغیر مس، روی و منگنز آلی بر عملکرد تولید و کیفیت تخم‌مرغ نیز گزارش شده است (Lim and Paik, 2006). همچنین گزارش شده است که افزودن مکمل منگنز، روی و مس به جیره پایه صرف نظر از منبع آلی و غیرآلی آنها در مرغ‌های جوان اثری بر وزن تخم‌مرغ نداشت، ولی در مرغ‌های مسن ۷۳-۶۰ و ۶۰-۸۲ هفته سبب کاهش وزن تخم‌مرغ شد (Mabe *et al.*, 2003). همچنین Xiao *et al.* (2015) با افزودن منگنز به فرم آلی و یا غیرآلی به جیره پایه فاقد مکمل منگنز هیچ‌گونه اثری بر وزن تخم‌مرغ و ضریب تبدیل خوراک مشاهده نکردند. در تحقیق دیگری، Xiao *et al.* (2014) بیان داشتند که کمبود منگنز جیره‌ای اثری بر تولید، وزن تخم‌مرغ و ضریب تبدیل خوراک در مرغ-های تخم‌گذار نداشت، ولی مکمل کردن منگنز در بهبود کیفیت پوسته تخم‌مرغ اثر معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) داشت. نتایج پژوهشی نشان می‌دهد که مکمل کردن ۲۵۰ میلی-گرم مس در کیلوگرم جیره به شکل سولفات تولید تخم-مرغ را افزایش داد (Pesti and Bakali, 1998). ولی در مطالعه دیگری مشخص شد این مقدار مس تولید تخم‌مرغ را کاهش می‌دهد؛ به علاوه مس مازاد در جیره، بیش از ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره، سبب کاهش مصرف

جدول ۲- وزن تخم‌مرغ (گرم)، مصرف خوراک (گرم) و ضریب تبدیل خوراک مرغ‌های تخم‌گذاری که فرم سولفات، کمپلکس آلی و یا فرم هیدروکسی عناصر کم‌مصرف را دریافت کردند

Table 2. Egg weight (g), feed intake (g), and feed conversion rate in laying hens supplemented with sulfate, organic complexes or hydroxy trace minerals

Treatment	Egg weight (g)											
	Week 55	Week 56	Week 57	Week 58	Week 59	Week 60	Week 61	Week 62	Week 63	Week 64	Week 65	Total
Sulfate	60.75	60.90 <sup>b</sup>	55.10 <sup>c</sup>	55.17 <sup>c</sup>	63.28 <sup>b</sup>	63.27 <sup>b</sup>	63.27 <sup>b</sup>	63.25 <sup>b</sup>	58.98 <sup>b</sup>	59.00 <sup>b</sup>	58.00 <sup>b</sup>	60.09 <sup>c</sup>
Organic	67.00	67.90 <sup>a</sup>	68.20 <sup>ab</sup>	68.20 <sup>ab</sup>	69.20 <sup>a</sup>	70.20 <sup>a</sup>	68.92 <sup>a</sup>	70.75 <sup>a</sup>	67.90 <sup>a</sup>	65.50 <sup>a</sup>	66.50 <sup>ab</sup>	68.21 <sup>a</sup>
Hydroxy	64.50	68.22 <sup>a</sup>	71.05 <sup>a</sup>	71.05 <sup>a</sup>	70.05 <sup>a</sup>	70.05 <sup>a</sup>	69.75 <sup>a</sup>	65.00 <sup>ab</sup>	64.50 <sup>ab</sup>	67.25 <sup>a</sup>	67.75 <sup>a</sup>	68.11 <sup>a</sup>
Hydroxy (70%) <sup>*</sup>	62.00	62.35 <sup>b</sup>	63.80 <sup>b</sup>	63.80 <sup>b</sup>	61.30 <sup>b</sup>	61.30 <sup>b</sup>	61.30 <sup>b</sup>	62.25 <sup>b</sup>	63.70 <sup>ab</sup>	62.00 <sup>ab</sup>	62.37 <sup>b</sup>	62.38 <sup>b</sup>
SEM	2	1.5	2	2	1.5	1.5	1.5	1.7	2.3	1.7	1.5	0.63
P-value	0.17	0.005	0.0003	0.0004	0.004	0.0019	0.0037	0.033	0.011	0.02	0.003	0.0003
Treatment	Feed intake (g/day)											
	Week 55	Week 56	Week 57	Week 58	Week 59	Week 60	Week 61	Week 62	Week 63	Week 64	Week 65	Total
Sulfate	89.75	96.75	95.00	98.00	88.75	95.00	86.25	96.75	90.00	93.75	92.00	92.91
Organic	100.00	95.00	83.75	101.25	98.75	98.00	87.50	100.00	100.00	86.25	90.25	94.61
Hydroxy	96.25	103.25	97.5	100.00	93.00	94.25	93.75	78.00	83.75	98.00	87.25	93.18
Hydroxy (70%) <sup>*</sup>	96.25	96.75	97.7	96.75	90.25	91.25	96.25	99.25	91.50	90.25	94.00	94.56
SEM	7.82	7.44	8.60	7.25	6.50	4.30	5.15	5.80	10.00	6.45	4.53	0.813
P-value	0.83	0.87	0.59	0.97	0.72	0.74	0.48	0.06	0.75	0.63	0.75	0.832
Treatment	Feed conversion ratio											
	Week 55	Week 56	Week 57	Week 58	Week 59	Week 60	Week 61	Week 62	Week 63	Week 64	Week 65	Total
Sulfate	2.11	2.28	2.47	2.54	2.02	2.16	2.07	2.37 <sup>a</sup>	2.42	2.52 <sup>a</sup>	2.53 <sup>a</sup>	2.32 <sup>a</sup>
Organic	2.12	1.99	1.76	2.11	2.01	1.99	1.82	2.01 <sup>b</sup>	2.11	1.98 <sup>b</sup>	1.95 <sup>b</sup>	1.98 <sup>b</sup>
Hydroxy	2.12	2.16	1.97	2.04	1.89	1.96	2.04	1.85 <sup>b</sup>	2.03	2.32 <sup>ab</sup>	2.04 <sup>b</sup>	2.03 <sup>b</sup>
Hydroxy (70%) <sup>*</sup>	2.23	2.23	2.18	2.17	2.09	2.13	2.29	2.48 <sup>a</sup>	2.26	2.32 <sup>ab</sup>	2.40 <sup>a</sup>	2.25 <sup>a</sup>
SEM	0.17	0.19	0.21	0.17	0.15	0.10	0.10	0.10	0.20	0.14	0.85	0.03
P-value	0.94	0.71	0.17	0.22	0.83	0.46	0.06	0.004	0.57	0.006	0.002	0.0002

<sup>a-c</sup> Means followed by different superscript letters within a column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>\*\*</sup> Contained 70% hydroxy source compared with the third treatment

جدول ۳- صفات کیفی تخم مرغ مرغ‌های تخم‌گذاری که فرم سولفات، کمپلکس آلی و یا فرم هیدروکسی عناصر کم‌مصرف دریافت کردند

Table 3. The qualitative traits of egg in laying hens supplemented with sulfate, organic complexes or hydroxy trace minerals

Treatment	Shape index	Eggshell strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Yolk color	Haugh unit	Yolk index	Eggshell weight (g)	Eggshell thickness (mm)
Sulfate	0.75	3.17	5.94	85.9	0.436	6.36	0.313
Organic	0.74	3.06	5.69	85.6	0.439	6.32	0.309
Hydroxy	0.73	2.73	5.68	85.0	0.440	6.25	0.307
Hydroxy (70%)*	0.75	2.80	5.38	85.6	0.438	6.33	0.306
SEM	0.022	0.123	0.100	0.221	0.155	0.094	0.016
P-value	0.83	0.38	0.60	0.75	0.21	0.97	0.36

\*\*Contained 70% hydroxy source compared with the third treatment

(۶۰-۴۰ هفتگی) افزودند، درصد پوسته تخم مرغ افزایش یافت و مقاومت تخم مرغ نیز بیشتر و میزان تخم مرغ‌های شکسته کمتر شد (Lundeen *et al.*, 2001).

مس نیز در تشکیل پوسته تخم مرغ مشارکت دارد، زیرا لیزیل اکسیداز که یک آنزیم وابسته به مس است در اتصال لیزین به دسموزین و ایزودسموزین، دخیل است (Chowdhury *et al.*, 2004). افزایش تعداد تخم مرغ‌های با شکل و اندازه غیرمعمول با ظاهری چروکیده، که بافت و ضخامت پوسته آنها تغییر یافته و حتی بدون پوسته بودند، در اثر کمبود مس گزارش شده است (Baumgartner *et al.*, 1978). پژوهشگرانی نیز دریافتند ضخامت پوسته تخم مرغ‌های تغذیه شده با جیره حاوی کمپلکس مس- لیزین در مقایسه با سولفات مس و پروتئینات مس کاهش یافت (Pekel and Alp, 2011). بر خلاف نتایج آزمایش حاضر، Paik (2001) گزارش کرد که استفاده از کمپلکس مس- متیونین در مقایسه با سولفات مس در جیره سبب بهبود کیفیت پوسته و عملکرد تخم‌گذاری شد.

جدول ۴ اثر منابع مختلف سولفات کیلاته و هیدروکسی عناصر روی، منگنز و مس را بر غلظت منگنز، روی، آهن، مس و کلسیم در پوسته و زرده تخم مرغ و مدفوع نشان می‌دهد. افزودن این عناصر به شکل کیلاته و هیدروکسی سبب افزایش معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) منگنز پوسته و زرده تخم مرغ نسبت به گروه شاهد (فرم سولفات) و گروه ۷۰٪ منبع هیدروکسی شد. اثر منبع کیلاته، در افزایش منگنز زرده بیش از فرم هیدروکسی بود. تغذیه مرغ تخم‌گذار، علاوه بر تاثیر روی کیفیت فیزیکی تخم مرغ (اندازه، و مقاومت پوسته)، ممکن است بر ترکیبات شیمیایی تخم مرغ نیز اثر گذارد (Franco and Sakamoto, 2005). زرده

گزارش دیگری نیز نشان می‌دهد که با مصرف مواد معدنی (منگنز، روی و مس) به فرم آلی، مصرف خوراک تحت تاثیر قرار نگرفت، در حالی که کیفیت تخم مرغ و پوسته آن بهبود یافت (Stefanlo *et al.*, 2014). Swiatkiewicz and Koreleski (2008) نیز گزارش کردند با تغذیه شکل آلی منگنز و روی، کیفیت و مقاومت پوسته تخم مرغ افزایش یافت. در آزمایشی اثر استفاده از مکمل منگنز در بهبود استحکام پوسته و کاهش تخم مرغ‌های شکسته، بدون تاثیر بر عملکرد تولید تخم مرغ گزارش شده است (Zhang *et al.*, 2017). به هر حال، تفاوت در مقدار منگنز مواد اولیه خوراک و جیره پایه، سن مرغ، اختلاف در نژادهای مرغ، طول مدت آزمایش، روش آماری و طرح آزمایشی استفاده شده برای ارزیابی مکمل منگنز ممکن است دلایل اصلی در تناقض گزارشات مرتبط با استفاده از منابع مختلف آلی و غیرآلی منگنز باشد (Xiao *et al.*, 2014 and 2015).

همچنین Abd El-Hack *et al.* (2018) اظهار داشتند روی آلی به طور معنی‌داری کیفیت تخم مرغ و واحد هاو را افزایش داد، اما اثری بر شاخص شکل، درصد پوسته و شاخص زرده نداشت. روی بر تولید آنزیم کربنیک آنهیدراز اثر می‌گذارد که برای تشکیل تخم مرغ ضروری است (Paik, 2001). کمبود این آنزیم سبب کاهش ترشح یون بی‌کربنات و در نتیجه کاهش وزن پوسته تخم مرغ می‌شود (Nys *et al.*, 1999). کاهش عیوب پوسته تخم مرغ و افزایش مقاومت پوسته در زمانی که روی آلی در مقایسه با منبع غیرآلی آن مکمل شده بود، به وسیله Moreng *et al.* (1992) مشاهده شد. گزارش شده است هنگامی که املاح معدنی کم‌نیاز آلی را به جیره مرغ‌های تخم‌گذار

هستند و از نظر شیمیایی در مقابل واکنش با دیگر ترکیبات خوراک که ممکن است جذبشان را محدود کند، محافظت می‌شوند (Paik, 2000). ولی عناصر کم‌نیاز و پرنیازی که اصولاً به اشکال غیرآلی به جیره افزوده می‌شوند، به دلیل قابلیت دسترسی غیرکافی به آنها، در مقادیر بالاتر از نیاز توصیه می‌شوند (Zhao *et al.*, 2010) و احتمالاً بیشتر از راه مدفوع دفع می‌شوند که به دلیل ظرفیت محدود جذب آنها از لوله گوارش است که به وسیله ترکیبات مختلف (فیتات، فیبر و تانن) انجام می‌شود. چنین کمپلکس‌هایی مشکلاتی در جذب و دفع ایجاد می‌کنند و منجر به آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شوند (Atia *et al.*, 2000). بنابراین به نظر می‌رسد منابع کیلاته و هیدروکسی که جذب بهتری از لوله گوارش دارند، مناسب‌تر هستند. همچنان که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، افزودن فرم کیلاته این عناصر سبب افزایش معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) مس پوسته تخم‌مرغ نسبت به سایر تیمارها شد، ولی فرم هیدروکسی سبب افزایش معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) غلظت مس در زرده تخم‌مرغ شد. در حالی که دفع مس از راه مدفوع در پرندگان تغذیه شده با سولفات مس نسبت به دیگر تیمارها به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بالاتر بود. منابع آلی مس قابلیت دسترسی نسبی بالاتری نسبت به سولفات مس دارند (Aoyagi and Baker, 1993). مشخص شده است که مس حاصل از پروتئینات مس در مقایسه با سولفات مس قابلیت دسترسی بیشتری داشته و بیشتر در زرده تخم‌مرغ تجمع می‌یابد (Jegade *et al.*, 2015). همچنین گزارش شده است که مس آلی قابلیت دسترسی بالاتری در بافت‌ها و اعضای جوجه گوشتی دارد (Jegade *et al.*, 2012). البته یک اثر آنتاگونیستی بین روی و مس وجود دارد، به طوری که ذخیره روی در زرده به طور معنی‌داری در هنگام ازدیاد مس کاهش می‌یابد و بر عکس (Skrivan *et al.*, 2005). تیمارهای آزمایشی اثری بر غلظت آهن در پوسته و زرده تخم‌مرغ نداشت، ولی استفاده از منبع کیلاته عناصر منگنز، روی و مس سبب دفع بیشتر آهن ( $P < 0.05$ ) نسبت به دیگر تیمارها شد. کمترین میزان دفع آهن متعلق به تیمار ۳ (فرم هیدروکسی) بود. در عمل سطوح زیاد املاحی مانند روی، مس، آهن و منگنز که برای جلوگیری از علائم کمبود در جیره استفاده می‌شود، ممکن است سبب آثار متقابل بین این املاح و ترکیبات

تخم‌مرغ تقریباً حاوی ۵۰٪ مواد جامد در یک سوسپانسیون پروتئین است که ترکیب آن ممکن است به وسیله جیره تحت تاثیر قرار گیرد (Rose, 1997). در آزمایشی مشخص شد منگنز پوسته تخم‌مرغ حاصل از مرغ‌های تغذیه شده با منبع آلی منگنز بیش از مرغ‌های تغذیه شده با منبع غیرآلی منگنز بود، ولی کیفیت تخم-مرغ طی ۵۸-۵۶ هفتهگی تغییر نکرد و در ۶۲ هفتهگی سبب افزایش مقدار منگنز و ضخامت پوسته و مقاومت در برابر شکستگی شد (Xiao *et al.*, 2015). در این آزمایش غلظت منگنز در مدفوع پرندگان مورد آزمایش به ترتیب ۷۰٪ هیدروکسی < سولفات < کیلاته < هیدروکسی بود. جذب منگنز از مجرای روده کم است و جذب و دفع آن به ایجاد اتصالات طبیعی کیلاتها به خصوص نمک‌های صفاوی بستگی دارد. قابلیت دسترسی منگنز در نمک-های معدنی مختلف منعکس‌کننده اختلاف در جذب است. با استفاده از سولفات منگنز به عنوان استاندارد، قابلیت دسترسی منگنز به شکل اکسید، ۸۰-۷۰ درصد و به شکل کربنات تنها ۴۰ درصد در مقایسه با سولفات منگنز است (Smith *et al.*, 1995). میزان جذب هر ماده معدنی با توجه به منبع آن متفاوت است (Ashmead, 1985).

استفاده از منابع مختلف این عناصر معدنی اثری بر غلظت روی در پوسته تخم‌مرغ نداشت، ولی فرم کیلاته و هیدروکسی نسبت به گروه سولفات و ۷۰٪ هیدروکسی، به طور معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) سبب افزایش روی زرده تخم‌مرغ شد. غلظت روی در مدفوع پرندگانی که از فرم سولفات روی تغذیه کردند به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بیش از مدفوع پرندگانی بود که فرم کیلاته و هیدروکسی روی دریافت کردند.

امروزه یکی از مشکلات استفاده از روی این است که روی مصرفی در مدفوع ظاهر می‌شود. لذا دارای خطرات زیست‌محیطی است. مرغ تخم‌گذار هنگام تغذیه جیره دارای روی زیاد، مقدار زیادی از آن را ذخیره می‌کند، به طوری که ۲۰-۳۰ روز پس از تغذیه جیره طبیعی، تازه به حد پایه قبلی باز می‌گردد که نشان‌دهنده تصفیه و خروج روی از بدن است (پوررضا و همکاران، ۱۳۹۰).

کمپلکس یون‌های فلزی با مواد آلی نظیر اسیدهای آمینه، پپتیدها یا کمپلکس‌های پلی‌ساکارید، قابلیت دسترسی، پایداری و حلالیت بیشتری دارند و به راحتی از دیواره روده مرغ انتقال می‌یابند. به علاوه این ترکیبات پایدارتر



جدول ۴- میزان برخی عناصر معدنی پوسته، زرده و مدفوع مرغ‌های تخمگذار دریافت‌کننده فرم سولفات، کمپلکس آلی و یا فرم هیدروکسی عناصر کم‌نیاز

Table 4. The content of some minerals of excreta, yolk and eggshell in laying hens supplemented with sulfate, organic complexes or hydroxy trace minerals

Treatment	Ca (%)			Cu (mg/kg)			Fe (mg/kg)			Zn (mg/kg)			Mn (mg/kg)		
	Excreta	Yolk	Eggshell	Excreta	Yolk	Eggshell	Excreta	Yolk	Eggshell	Excreta	Yolk	Eggshell	Excreta	Yolk	Eggshell
Sulfate	10.94	0.21	24.26 <sup>b</sup>	8.05 <sup>a</sup>	0.166 <sup>b</sup>	2.04 <sup>b</sup>	1439.0 <sup>c</sup>	36.01	15.71	593.3 <sup>a</sup>	25.77 <sup>b</sup>	5.83	792.5 <sup>b</sup>	0.099 <sup>c</sup>	4.91 <sup>b</sup>
Organic	11.30	0.22	26.86 <sup>a</sup>	3.99 <sup>b</sup>	0.126 <sup>b</sup>	3.09 <sup>a</sup>	2002.3 <sup>a</sup>	38.48	18.29	429.5 <sup>c</sup>	39.38 <sup>a</sup>	10.30	713.9 <sup>c</sup>	0.253 <sup>a</sup>	6.28 <sup>a</sup>
Hydroxy	11.10	0.23	24.45 <sup>b</sup>	4.46 <sup>b</sup>	0.649 <sup>a</sup>	2.00 <sup>b</sup>	1305.5 <sup>d</sup>	40.73	13.57	496.8 <sup>b</sup>	35.18 <sup>a</sup>	8.48	523.5 <sup>d</sup>	0.176 <sup>b</sup>	6.64 <sup>a</sup>
Hydroxy (70%)*	10.50	0.24	23.60 <sup>b</sup>	4.55 <sup>b</sup>	0.148 <sup>b</sup>	2.16 <sup>b</sup>	1609.8 <sup>b</sup>	34.56	19.34	440.5 <sup>c</sup>	26.07 <sup>b</sup>	9.28	856.0 <sup>a</sup>	0.057 <sup>c</sup>	5.14 <sup>b</sup>
SEM	0.598	0.004	0.112	0.431	0.074	0.078	69.33	1.18	1.28	17.11	1.25	0.75	33.17	0.02	0.33
P-value	0.42	0.14	<0.0001	0.001	0.013	0.91	<0.0001	0.305	0.138	<0.0001	0.001	0.178	<0.0001	<0.0001	0.006

<sup>a-d</sup> Means indicated by different superscript letters within a column are significantly different ( $P<0.05$ ).

\* Contained 70% hydroxy source compared with the third treatment

جدول ۵- برخی فراسنجه‌های خونی در مرغ‌های تخمگذار دریافت‌کننده فرم سولفات، کمپلکس آلی و یا فرم هیدروکسی عناصر کم‌نیاز

Table 5. Some blood parameters in laying hens supplemented with sulfate, organic complexes or hydroxy trace minerals

Treatment	Ca (mg/dL)	Cu (µg/dL)	Zn (µg/dL)	Mn (mg/dL)	Ceruloplasmin (mg/dL)	Alkaline Phosphatase (IU/L)
Sulfate	29.32	94.20	447.58	0.20 <sup>b</sup>	11.25	4838
Organic	27.30	94.57	474.88	0.24 <sup>a</sup>	11.31	5197
Hydroxy	28.80	94.87	474.95	0.21 <sup>b</sup>	11.38	4333
Hydroxy (70%)*	29.08	95.48	440.66	0.20 <sup>b</sup>	11.55	4913
SEM	0.933	0.201	9.417	0.005	0.09	157.8
P-value	0.178	0.060	0.762	0.005	0.123	0.615

<sup>a-b</sup> Means indicated by different superscript letters within a column are significantly different ( $P<0.05$ ).

\* Contained 70% hydroxy source compared with the third treatment

نتایج پژوهش دیگری نشان داد که افزودن ۳۰ میلی‌گرم کیلات مس- لیزین به آب آشامیدنی، وزن تخم‌مرغ و ارتفاع آلبومن را افزایش داد، ولی سبب کاهش معنی‌دار غلظت آهن، منیزیم و کلسیم زرده تخم‌مرغ شد (Brodacki *et al.*, 2018).

همچنین جدول ۴ نشان می‌دهد که منابع مختلف روی، منگنز و مس اثری بر غلظت کلسیم زرده تخم‌مرغ و مدفوع نداشتند، ولی فرم کیلاته این عناصر غلظت کلسیم پوسته تخم‌مرغ را نسبت به دیگر تیمارها به طور معنی‌داری ( $P<0.05$ ) افزایش داد.

ترکیبات ماتریکس آلی در کنترل بلوری شدن پوسته تخم‌مرغ نقش داشته و با توجه به نقش منگنز، روی و

دیگر جیره‌ای شود که منجر به عدم دسترسی برای دستگاه گوارش پرند می‌شود (Mabe *et al.*, 2003). مس جزئی از آنزیم فرواکسیداز است که در تبدیل آهن ۲ به ۳ ظرفیتی نقش دارد. کمبود مس ممکن است موجب ناتوانی حیوان در جذب آهن شود (پوررضا و همکاران، ۱۳۹۰). (Mabe *et al.*, 2003). گزارش کردند که در جیره بر اساس ذرت-کنجاله سویا، مکمل کردن جیره با روی، منگنز و مس به فرم آلی و یا غیرآلی به ترتیب به میزان ۶۰، ۶۰ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، صرف‌نظر از نوع منبع (آلی و غیرآلی) در مقایسه با جیره بدون مکمل، غلظت روی و منگنز زرده تخم‌مرغ را افزایش داد، در حالی که اثری بر غلظت مس نداشت.

آزمایش نشان داد که با هدف کاهش آلاینده‌های ناشی از دفع ریزمغذی‌های مازاد بر نیاز پرنده، می‌توان در جیره مرغ‌های تخم‌گذار مسن از منبع هیدروکسی منگنز، روی و مس به میزان ۷۰٪ منبع سولفات آنها استفاده کرد. از طرفی با توجه به نتایج حاصل از تیمارهای حاوی ریزمغذی‌های آلی یا هیدروکسی (تیمارهای ۲ و ۳)، استفاده از این شکل ریزمغذی‌ها به جای فرم غیرآلی (سولفات) می‌تواند به عملکرد بالاتر مرغ تخم‌گذار مسن منجر شود.

مس در تشکیل ترکیبات آلی پوسته، در آهکی شدن پوسته تخم‌مرغ نقش دارند (Leach, 1976). نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که استفاده از منابع مختلف املاح معدنی روی، منگنز و مس در جیره، اثر معنی‌داری بر سطح آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز، سرلوپلاسمین و غلظت روی، مس و کلسیم خون نداشت، ولی فرم کیلاته این عناصر سبب افزایش معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) غلظت منگنز خون نسبت به گروه‌های دریافت‌کننده فرم سولفات و هیدروکسی این عناصر شد. آلکالین فسفاتاز آنزیمی است که با فعالیت سلول‌های استخوان‌ساز و آهکی شدن ثانویه مرتبط استخوان است (Gyenis *et al.*, 2006). به علاوه غشاء ویتلین، زرده و سفیده تخم‌مرغ به ترتیب بیشترین مقدار آلکالین فسفاتاز را در تخم‌مرغ دارا هستند. رابطه مثبتی بین سطح آلکالین فسفاتاز سرم و تولید تخم‌مرغ وجود دارد (Wilcox *et al.*, 1962). آنزیم‌های متعددی از جمله سرلوپلاسمین نیز به مس وابسته هستند (Underwood and Suttle, 1990). سوخت و ساز آهن و مس به یکدیگر مرتبط هستند. کمبود مس تا حد زیادی سبب تغییر سوخت و ساز آهن می‌شود و احتمالاً با کاهش سطح آنزیم‌هایی مانند سرلوپلاسمین در ارتباط است (Vulpe *et al.*, 1999). به هر حال در آزمایش حاضر چنین آثاری مشاهده نشد.

### نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که اشکال کیلاته (کمپلکس با متیونین) و هیدروکسی منگنز، روی و مس، از سن ۵۶ تا ۶۵ هفتگی، سبب افزایش معنی‌دار وزن تخم‌مرغ، و در هفته‌های ۶۲، ۶۴ و ۶۵ سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک نسبت به گروه سولفات این عناصر شد. گرچه منبع کیلاته سبب افزایش معنی‌دار سطح منگنز خون شد، ولی اثری بر کیفیت پوسته تخم‌مرغ نداشت. هیچیک از منابع منگنز، روی و مس تغییری در سطح مصرف خوراک، ضخامت، مقاومت و وزن پوسته، شاخص زرده و شکل، واحد هاو، و رنگ زرده تخم‌مرغ، سطح آلکالین فسفاتاز، سرلوپلاسمین، روی، مس و کلسیم خون ایجاد نکردند. همچنین فرم کیلاته و هیدروکسی این عناصر سبب افزایش منگنز پوسته و زرده تخم‌مرغ و روی زرده و کاهش منگنز، روی، آهن و مس مدفوع در مقایسه با فرم سولفات و ۷۰٪ هیدروکسی شدند. نتایج این

## فهرست منابع

- پوررضا ج.، صادقی ق.، و مهري م. ۱۳۹۰. تغذیه مرغ اسکات، ویرایش چهارم. انتشارات ارکان دانش، صفحات: ۴۲۶-۴۲۹.
- مکتوبیان ج. ۱۳۸۹. تاثیر مکمل‌های آلی و غیرآلی عناصر، روی، مس و منگنز بر عملکرد و کیفیت تخم‌مرغ مرغ‌های مسن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- وکیلی ر.، و ایروانی ج. ۱۳۹۰. کیلات‌های موادمعدنی ریز مصرف و اهمیت آن در تولید و سلامت دام و طیور. واحد تحقیقات و فناوری شرکت ماکیان فسفات. صفحات ۱-۱۳.
- 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. *Poultry Science*, 73: 295-391.
- Abd El-Hack M. E., Algawany M., Amer S. A., Arfm Wahdan K. M. M. and El-Kholy M. S. 2018. Effect of dietary supplementation of organic zinc on laying performance, egg quality and some biochemical parameters of laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(2): 542-549.
- Al-Ankari A. A., Najib H. and Hozab A. A. 1998. Yolk and serum cholesterol and production traits, as affected by incorporating a supraoptimal amount of copper in the diet of the Leghorn hen. *British Poultry Science*, 39: 393-397.
- AOAC International. 1995. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> ed. AOAC Int., Arlington, VA.
- Aoyagi S. and Baker D. H. 1993. Nutritional evaluation of a copper-methionine complex for chicks. *Poultry Science*, 72: 2309-2315.
- Ashmead H. D. 1993. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates inorganic metal salts. Pages 306-319 in the role of amino acid chelates in animal nutrition. New Jersey: Noyes Publishers.
- Atia F. A., Waibel P. E., Hermes I., Carlson C. W. and Walseri M. M. 2000. Effect of dietary phosphorus, calcium, and phytase on performance of growing turkeys. *Poultry Science*, 79: 231-239.
- Baumgartner S., Brown D., Salvysky Jr E. and Leach Jr R. 1978. Copper deficiency in the laying hen. *Journal of Nutrition*, 108: 804-811.
- Brodacki A., Batkowska J., Stepniowska A., Blicharska E. and Drabik K. 2018. Quality and mineral composition of eggs hens supplemented with copper-lysine chelate. *Archives Animal Breeding*, 61: 109-113.
- Chowdhury S. D., Paik I. K., Namkung H. and Lim H. S. 2004. Responses of broiler chickens to organic copper fed in the form of copper-methionine chelate. *Animal Feed Science and Technology*, 115: 281-293.
- Close W. H. 1998. The role of trace mineral proteinates in pig nutrition. Proceeding of 14<sup>th</sup> Annual Symposium on Biotechnology in the Feed Industry. Nottingham University Press, Nottingham, UK, Pp 469-483.
- Franco J. R. G. and Sakamoto M. I. 2005. Qualidade de ovos: uma vislo geral dos fatores que a influenciam. *Revista AveWorld*, 3(16): 20-24.
- Gyenis J., Sütö Z., Romvári R. and Horn P. 2006. Tracking the development of serum biochemical parameters in two laying hen strain. *Archiv fur Tierzucht*, 49(6): 593-606.
- Inal F. B., Coskun B., Gülsen 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*, 42: 77-80.
- Jegade A. V., Oduguwa O. O., Oso A., Fafiolu A. O., Idowu O. M. O. and Nollet L. 2012. Growth performance, blood characteristics and plasma lipids of growing pullet fed dietary concentrations of organic and inorganic copper sources. *Livestock Science*, 145: 298-302.
- Jegade A. V., Oso A., Fafiolu A. O., Sobayo R. A., Idowu O. M. O. and Oduguwa O. O. 2015. Effect of dietary copper on performance, serum and egg yolk cholesterol and copper residues in yolk of laying chickens. *Slovak Journal of Animal Science*, 48(1): 29-36.
- Ji F., Kuo X. G., Lu L., Liu B. and Yu S. Y. 2006. Effect of manganese source on manganese absorption by the intestine of broilers. *Poultry Science*, 85: 1947-1952.
- Leach R. M. 1976. Metabolism and function of manganese. Pages 235-247 in Trace Elements in Human Health and Disease. New York, Academic press.
- Leach R. M. and Gross J. R. 1983. The effect of manganese deficiency upon the ultrastructure of the eggshell. *Poultry Science*, 62: 499-504.
- Lim H. S. and Paik I. K. 2006. Effect of dietary supplementation of copper chelates in the form of methionine, chitosan and yeast in laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 19: 1174-1178.
- Lundeen T. 2001. Mineral proteinates may have positive effect on shell quality. *Feedstuffs*, 73(14): 10-15.

- Mabe I., Rapp C., Bain M. M. and 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.
- Moreng R. E., Balnave D. and Zhang D. 1992. Dietary zinc methionine effect on eggshell quality of hens drinking saline water. *Poultry Science*, 71: 1163-1167.
- Nys Y. 2001. Recent developments in layer nutrition for optimizing shell quality. In: proceeding of 13<sup>th</sup> European Symposium on Poultry Nutrition. Blankenberg, Belgium, Pp 42-52.
- Nys Y., Hincke M. T., Arias J. L., Garcia-Ruiz J. M. and Solomon S. E. 1999. Avian eggshell mineralization. *Poultry Avian Biology Review*, 10: 143-166.
- Paik I. K. 2000. Nutritional management for environment friendly animal production. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 13: 302-314.
- Paik I. 2001. Application of chelated minerals in animal production. *Journal of Animal Science*, 14: 191-198.
- Pang Y. and Applegate T. J. 2007. Effects of dietary copper supplementation and copper source on digesta pH, calcium, zinc, and copper complex size in the gastrointestinal tract of the broiler chicken. *Poultry Science*, 86: 531-537.
- Pekel A. Y. and Alp M. 2011. Effects of different dietary copper sources on laying hen performance and egg yolk cholesterol. *Journal of Applied Poultry Research*, 20: 506-513.
- Pesti G. M. and Bakalli R. I. 1998. Studies on the effect of feeding cupric sulfate pentahydrate to laying hens on egg cholesterol content. *Poultry Science*, 77:1540-1545.
- Rose S. P. 1997. Principles of poultry science. CAB International, New York.
- Rutz F., Pan E. A., Xavier G. B. 2006. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. Ph.D. dissertation. Paulista State University, Botucatu.
- Saldanha E. S. P. B., Garcia E. A., Pizzolante C. C., Fattarone A. B. G., Sechinato A. da., Molino A. B. and Lagana 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(4): 215-222.
- Skrivan M., Skrivanova V. and Marounek M. 2005. Effects of dietary zinc, iron, and copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil and herbage. *Poultry Science*, 84: 1570-1575.
- Swiatkiewicz S. and Koreleski J. 2008. The effect of zinc and manganese source in the diet for laying hens on eggshell and bones quality. *Veterinary Medicine*, 53: 555-563.
- Underwood E. J. and Suttle N. F. 1999. Copper. Pages 294-354 in: *The mineral nutrition of livestock* (3<sup>rd</sup> ed). New York, CABI Publishing Company.
- Vieira S. L. 2004. Minerais quelatados na nutrição animal. Anais do Simpo Sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos. Ph.D. dissertation, Campinas, Sao Paulo.
- Vulpe C. D., Kao Y. M., Murphy T. L., Cowley L., Askwith C., Libina N., Gitschier J. and Anderson G. J. 1999. Hephastin, a ceruloplasmin homologue implicated in intestinal iron transporter, is defective in the sla mouse. *Nature Genetics*, 21: 195-199.
- Wilcox F. H., van Vleck L. D. and Shaffner C. S. 1962. Serum alkaline phosphatase and egg production. *Proceeding of 12<sup>th</sup> Worlds Poultry Congress*, Sydney, p 19.
- 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*, 94: 1871-1878.
- Xiao J. F., Zhang Y. N., Wu S. G., Zhang H. J., Yue H. Y. and 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.
- Xie J., Tian C., Zhu Y., Zhang L., Lu L. and 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.
- Young W. H., Son M. J., Yun K. S. and Kim Y. S. 2007. Relationship between eggshell strength and keratin sulfate of eggshell membranes. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 147: 1109-1115.
- Zhang Y. N., Wang J., Zhang H. J., Wu S. G. and Qi H. G. 2017. Effect of dietary supplementation of organic or inorganic manganese on eggshell quality, ultrastructure, and components in laying hens. *Poultry Science*, 96: 2184-2193.
- Zhao J., Shirley R. B., Vazquez-Anon M., Dibner J. J., Richards J. D., Fisher P., Hampton T., Christensen K. D., Allard J. P. and Giesen A. F. 2010. Effects of chelated trace minerals on growth performance, breast meat yield, and footpad health in commercial meat broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 19: 365-372.



Research paper

**Effects of organic, inorganic and hydroxy sources of manganese, zinc and copper sources on the performance of aged laying hens**

A. Sohrabi<sup>1</sup>, M. Mehri<sup>2\*</sup>, F. Shirmohammad<sup>2</sup>

1. M.Sc Graduated, Department of Animal Science, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, Department of Animal Science, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: 19-01-2019 – Accepted: 12-05-2019)

**Abstract**

The aim of this trail was to evaluate the effects of the use of Mn, Zn and Cu from different sources (inorganic, organic and hydroxy) in the diet on egg and eggshell quality of aged laying hens. A total of 240 Hy-Line w36 Leghorn, from 55 to 65 weeks of age, were used. The experiment carried out in a completely randomized design, with four treatments, four replicates, each containing 15 hens. The experimental treatments included: 1. The control diet, consisted of sulphate source of Mn, Zn and Cu, 2. The diet consisted of Mn, Zn or Cu-Methionine chelate, 3. The diet consisted of Mn, Zn or Cu Hydroxy, and 4. The diet consisted of Mn, Zn and Cu Hydroxy, only 70% level relative to treatment 3. In the most of experimental weeks, the Mn, Zn and Cu hydroxy and chelate forms increased egg weight and improved significantly feed conversion ratio in the 62, 64 and 65 weeks of age, compared with the sulphate group of these elements ( $P<0.05$ ). But there was no difference between 70% hydroxy and sulphate groups. Also, there were no differences in feed intake, eggshell thickness, strength and weight, yolk index, Haugh unit, yolk color and shape index of egg and blood alkaline phosphatase, cereluplasmin, Zn, Cu and Ca levels among the treatments. The chelate source only increased blood Mn level significantly ( $P<0.05$ ). There was the significant increase in eggshell and yolk Mn and yolk Zn levels and also significant decrease in the levels of Mn, Zn, Fe and Cu of excreta using hydroxy and chelate forms compared with the sulphate and 70% hydroxy forms ( $P<0.05$ ). These results indicated that the Mn, Zn and Cu hydroxy and chelate forms in the diet improved the performance of aged laying hens.

**Keywords:** Manganese, Zinc, Copper, hydroxy, laying hen

\*Corresponding author: mortezamehri@gmail.com