

ارزش بیولوژیکی عنصر منگنز با استفاده از ارزیابی زیست‌سنجی در استخوان درشت‌نی و خون
جوجه‌های گوشتی

Biological Value of Manganese in Common Sources in the Poultry Industry Using Bioassay
Evaluation in the Tibia Bone and Blood of Broiler Chicks

(DOI) شناسه دیجیتال

10.22092/ASJ.2026.370250.2507

علی مصطفی تهرانی، حسنا حاجاتی*، اکبر یعقوبفر، حمید رضا قلم کاری، حسن صانعی، مهشید ابراهیم نژاد

A.M. Tehrani¹, H. Hajati^{1*}, A. Yaghobfar¹, H.R. Ghalamkari², N. Sanei² and M. Ebrahimnejad²

1 Department of Animal and poultry Nutrition, Animal Science Research Institute of Iran (ASRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

2 Sepahan Danesh Parsian Co., Isfahan, Iran

علی مصطفی تهرانی

مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

Ali Mostafa-Tehrani

Animal Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Karaj, Iran .**Email:** atehrani7m@gmail.com

ORCID:First AUTHOR: <https://orcid.org/0000-0003-1008-4781>

حسنا حاجاتی*

مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

Hosna Hajati

Animal Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Karaj, Iran .Correspondence author **Email:**

h.hajati2010@gmail.com, h.hajati@areeo.ac.ir

اکبر یعقوبفر

مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

Akbar Yaghobfar

Animal Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension
Organization, Karaj, Iran

ارزش بیولوژیکی عنصر منگنز در منابع رایج صنعت طیور با استفاده از ارزیابی زیست‌سنجی در استخوان درشت‌نی و خون جوجه‌های گوشتی

چکیده

تحقیق حاضر به منظور تعیین ارزش بیولوژیکی عنصر منگنز منابع رایج صنعت طیور با استفاده از ارزیابی زیست‌سنجی در استخوان درشت‌نی و خون جوجه‌های گوشتی انجام شد. بدین منظور از ۶ نوع منبع منگنز شامل اکسید منگنز ۲۵ درصد خلوص (۴۰۰ و ۸۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، ۳۰ درصد خلوص (۴۰۰ و ۸۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، ۳۵ درصد خلوص (۴۰۰ و ۸۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، ۴۰ درصد خلوص (۸۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، ۴۵ تا ۵۵ درصد خلوص (۴۰۰ و ۸۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و سولفات منگنز (۸۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، گروه کنترل (بدون افزودن منگنز) استفاده شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از تعداد ۶۶۰ قطعه جوجه یک روزه سویه راس ۳۰۸، با ۱۱ تیمار و ۶ تکرار انجام شد. جیره‌ها از لحاظ میزان انرژی قابل سوخت و ساز، پروتئین خام و سایر مواد مغذی مشابه بودند. نوع مکمل منگنز تأثیر معنی داری بر غلظت کلسیم و فسفر خون نداشت، اما اثر نوع مکمل منگنز مصرفی بر غلظت منگنز خون معنی دار بود ($P < 0.05$). بیشترین زیست‌فراهمی نسبی اکسید معدنی منگنز مربوط به منبع با خلوص ۲۵ درصد و کمترین آن مربوط به منبع با خلوص ۴۵-۵۵ درصد بود. به‌طور کلی، نتایج این مطالعه مشخص کرد زیست‌فراهمی نسبی منابع مختلف اکسید و سولفات منگنز معدنی متفاوت است و می‌تواند بر برخی شاخص‌های بیولوژیکی جوجه گوشتی اثرگذار باشد.

واژه‌های کلیدی: زیست‌فراهمی نسبی، درشت‌نی، منگنز، جوجه گوشتی

مقدمه

منگنز به عنوان یک ریزمغذی اساسی در تغذیه طیور شناخته شده است که نقش مهمی در رشد و توسعه استخوان‌ها، عملکرد سیستم ایمنی، متابولیسم طبیعی مواد مغذی و فرآیندهای بیوشیمیایی مانند فعالیت آنزیم‌های پیرووات کربوکسیلاز، سوپراکسید دیسموتاز و گلیکوزیل ترانسفراز ایفا می‌کند (Mirzavandi Chegeni و همکاران، ۲۰۱۹). کمبود منگنز می‌تواند منجر به ضخیم شدن استخوان‌های بلند و بروز «پروزیس» شود که با بزرگ‌شدگی و بدشکلی شدید مفصل تیپومتاتارس، پیچش و خمیدگی انتهای دیستال استخوان تیبیا و همچنین ضخیم شدن و کوتاهی استخوان‌های تیبیا مشخص می‌شود. نحوه جذب و انتقال منگنز در دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی

همواره مورد توجه پژوهشگران تغذیه طیور بوده است. پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که در بخش‌های ابتدایی روده باریک، یعنی دوازدهه و ژرژنوم، پروتئین‌های ناقل اختصاصی برای منگنز وجود دارند که با وجود اهمیتشان، ظرفیت انتقال آنها محدود است و نمی‌توانند در شرایط افزایش نیاز یا مصرف بالای منگنز، پاسخگوی کامل جذب این عنصر باشند. در مقابل، بخش ایلئوم یا انتهای روده باریک، دارای مکانیزم متفاوتی برای جذب منگنز است؛ به گونه‌ای که در این بخش، جذب منگنز عمدتاً از طریق فرآیندی غیر اشباع‌پذیر و به صورت پاراسلولی از میان اتصالات محکم سلولی صورت می‌گیرد، به ویژه زمانی که غلظت منگنز در لومن روده افزایش می‌یابد (Goff, 2018). علاوه بر این، شواهد نشان می‌دهد که جذب منگنز از کمپلکس‌های آمینواسیدی تنها به ناقل‌های اختصاصی یون منگنز محدود نمی‌شود، بلکه سیستم‌های ناقل آمینواسید کاتیونی از جمله CAT1 و CAT2 و همچنین سیستم انتقال‌دهنده $b^{0,+}$ نیز در این فرآیند نقش دارند (Murphy و Byrne, 2022). جذب ترانس سلولی یون منگنز دوظرفیتی (Mn^{2+}) از طریق استفاده از ناقل‌های فلزات دوظرفیتی مانند DMT1، ZIP8 و ZIP14 صورت می‌گیرد که این پروتئین‌ها منگنز و سایر فلزات را از طریق غشای آپیکال سلول‌های روده‌ای منتقل می‌کنند (Goff, 2018). درک دقیق این مسیرها و تعاملات می‌تواند به بهبود بهره‌وری جیره‌های غذایی و ارتقای سلامت و عملکرد جوجه‌های گوشتی کمک شایانی نماید (Bai و همکاران, 2019). سولفات منگنز مونوهیدرات به طور معمول به عنوان مرجع استاندارد برای ارزیابی قابلیت جذب زیستی منگنز استفاده می‌شود، اما جذب واقعی منگنز موجود در این ترکیب بسته به گونه و نوع جیره غذایی که منگنز به آن افزوده شده است، بین ۲ تا ۸ درصد متغیر است. به منظور تأمین نیاز منگنز در پرورش جوجه‌های گوشتی، معمولاً افزودنی‌های منابع منگنز به جیره جوجه‌های گوشتی اضافه می‌شود. در حال حاضر، منابع منگنز که معمولاً در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده می‌شود، شامل منگنز معدنی (مانند سولفات منگنز، کربنات منگنز و اکسید منگنز) و منگنز آلی (مانند منگنز کیلات شده با اسید آمینه و پروتئین) است. منابع غیر آلی منگنز قابلیت هضم نسبتاً پایینی دارند، اگرچه ارزان‌تر هستند (Tufarelli و Laudadio, 2017). منابع آلی منگنز پایداری شیمیایی مناسب و راندمان جذب بالایی از خود نشان داده‌اند، اما به دلیل کیفیت‌های مختلف محصولات تولیدی، اثرات غیر قابل پیش‌بینی و گران قیمت بودن، به‌طور گسترده در تولید استفاده نشده‌اند (Tufarelli و Laudadio, 2017). در سال‌های اخیر، شاخص‌های متعددی برای تعیین نیاز منگنز پیشنهاد شده است که این موضوع به دلیل افزایش اهمیت نقش‌های منگنز در سیستم ایمنی، فعالیت آنزیم MnSOD و کیفیت گوشت می‌باشد. نیاز منگنز در جوجه‌های گوشتی در سال‌های اخیر تقریباً دو برابر شده است (Aviagen, 2019)، که این مقدار نسبت به مقادیر اعلام شده در (NRC 1994) افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهد. بنابراین، مکمل‌سازی منگنز در جیره‌های غذایی می‌تواند به ویژه در جوجه‌های گوشتی مدرن و با سرعت رشد بالا، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد آنها داشته باشد. با این حال، مصرف مقادیر بالای منگنز در جیره ممکن است نگرانی‌های

زیست محیطی را به دنبال داشته باشد، زیرا افزایش دفع منگنز از طریق مدفوع می تواند منجر به آلودگی محیط زیست شود (Kim و همکاران، ۲۰۲۲). هدف از انجام این پژوهش بررسی ارزش بیولوژیکی عنصر منگنز در منابع رایج منگنز در صنعت خوراک طیور با استفاده از ارزیابی زیست سنجی در استخوان درشت نی و خون جوجه های گوشتی بوده است.

مواد و روش ها

این آزمایش با استفاده از تعداد ۶۶۰ قطعه جوجه یک روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۱ تیمار آزمایشی و ۶ تکرار و ۱۰ قطعه جوجه در هر تکرار اجرا شد. در آزمایشگاه میزان منگنز هر تیمار در ۳ تکرار با استفاده از روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی مورد سنجش قرار گرفت و در مقایسه با میزان اعلام شده از شرکت تولید کننده با استفاده از آزمون t-test mono sample مورد مقایسه آماری قرار گرفت. مراحل مزرعه ای این تحقیق در ایستگاه تحقیقات طیور موسسه تحقیقات علوم دامی کشور واقع در استان البرز- کرج در سالن پرورش جوجه های گوشتی با امکانات پن بندی شده انجام شد. برنامه واکسیناسیون تحت نظر دامپزشک ایستگاه، در زمان های تعیین شده بر علیه بیماری های برونشیت، نیوکاسل و گامبورو انجام شد. گرمای سالن توسط هیترهای تعبیه شده در خارج سالن تأمین شد. دمای سالن در هفته اول ۳۳ درجه سانتیگراد بود و هر هفته تا ۲ درجه از دمای آن کاسته می شد. رطوبت سالن با آب پاشی راهرو وسط سالن تأمین و با رطوبت سنج دیجیتال کنترل می شد. نوردهی سالن ها بصورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی از آغاز تا پایان دوره آزمایش بود. جیره غذایی جوجه های گوشتی تا سن ۲۷ روزگی مطابق راهنمای سویه راس ۳۰۸ تنظیم شد. آزمایش اصلی از سن ۲۸ روزگی شروع شد. تیمارهای آزمایشی شامل جیره های غذایی ۱- شاهد ۲- جیره پایه+منبع ۱ (۴۰۰ میلی گرم در کیلو گرم)، ۳- جیره پایه+منبع ۱ (۸۰۰ میلی گرم در کیلو جیره) ۴- جیره پایه+منبع ۲ (۴۰۰ میلی گرم در کیلو گرم)، ۵- جیره پایه+منبع ۲ (۸۰۰ میلی گرم در کیلو گرم)، ۶- جیره پایه+منبع ۳ (۴۰۰ میلی گرم در کیلو گرم)، ۷- جیره پایه+منبع ۳ (۸۰۰ میلی گرم در کیلو گرم)، ۸- جیره پایه+منبع ۴ (۴۰۰ میلی گرم در کیلو گرم)، ۹- جیره پایه+منبع ۴ (۸۰۰ میلی گرم در کیلو گرم)، ۱۰- جیره پایه+منبع ۵ (۸۰۰ میلی گرم در کیلو گرم)، ۱۱- جیره پایه+منبع ۶ (۸۰۰ میلی گرم در کیلو گرم) بودند. منابع ۱ تا ۶ به ترتیب به صورت زیر بود: جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۵ درصد، جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۲۵ درصد، جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۵-۵۵ درصد، جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۰ درصد، جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۰ درصد، جیره غذایی حاوی سولفات منگنز با خلوص ۴۰ درصد.

ترکیب اقلام خوراکی و آنالیز شیمیایی جیره پایه در جدول ۱ نشان داده شده است. از اکسید کروم به عنوان نشانگر (مارکر) به مقدار ۰/۳ درصد در خوراک استفاده شد. در سن ۲۸ روزگی، برای تعیین قابلیت دسترسی عنصر

منگنز، جوجه‌ها هفت روز به جیره‌های آزمایشی (حاوی اکسید کروم) عادت داده شدند. سپس در دوره آزمایش بعد از ۶ ساعت گرسنگی، جیره آزمایشی حاوی اکسید کروم به مدت شش روز در اختیار جوجه‌ها قرار داده شد. مجدداً ۶ ساعت گرسنگی در پایان آزمایش اعمال و از هر تکرار دو قطعه کشتار و محتویات ایلئومی تخلیه و به فریز منتقل و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد منجمد گردید. نمونه‌ها آسیاب و درصد اکسید کروم و عنصر منگنز اندازه‌گیری گردید (AOAC, ۱۹۹۰).

جدول ۱: ترکیبات خوراک پایه جوجه‌های گوشتی (as-fed basis) (درصد)

مواد خوراکی	درصد اقلام خوراکی
گندم دامی	۱۴
ذرت اکراین	۵۱
کنجاله سویا آرژانتین	۲۸
روغن	۱/۸۵
دی کلسیم فسفات	۱/۸
صدف	۰/۸۳
نمک	۰/۱۸
جوش شیرین	۰/۰۹
کولین	۰/۰۵
مکمل ویتامینی **	۰/۲۵
مکمل مواد معدنی **	۰/۲۵
آنتی اکسیدان	۰/۰۲
آنزیم *	۰/۰۸
توکسین بایندر	۰/۰۱
اسید آمینه ترئونین	۰/۰۹
اسید آمینه لیزین	۰/۲۵
اسید آمینه متیونین	۰/۲۸
مواد مغذی جیره (درصد)	
انرژی سوخت و ساز (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲۹۶۰
پروتئین خام	۱۸/۸۰
فیبر خام	۳/۶
کلسیم	۰/۹۴
فسفر قابل دسترس	۰/۴۵
متیونین +سیستئین قابل هضم	۰/۷۴

* مکمل آنزیمی مورد استفاده در جیره‌ها در سطح ۰/۱ درصد، به ازای هر گرم آنزیم مخلوط دارای ۱۰۰۰ واحد فعال آنزیم فیتاز و ۱۸۰ واحد فعال مولتی‌گلاکاناز بوده است. ** مکمل مورد استفاده در ترکیب جیره‌ها در هر کیلوگرم، دارای مواد زیر بوده است: مکمل ویتامین‌ها شامل: ۴۴۰۰۰ واحد جهانی آ، ۷۲۰۰ واحد جهانی د-۳، ۴۴۰ میلی گرم ای، ۴۰ میلی گرم ک، ۷۰ میلی گرم کوبالامین، ۶۵ میلی گرم تیامین، ۳۲۰ میلی گرم ریبوفلاوین، ۲۹۰ میلی گرم اسید پانتوتیک، ۱۲۲۰ میلی گرم نیاسین، ۶۵ میلی گرم پیریدوکسین، ۲۲ میلی گرم بیوتین و ۲۷۰ میلی گرم کولین کلراید. مواد معدنی شامل (میلی گرم در کیلوگرم): ۹۹/۲۰۰ میلی گرم اکسید منگنز (MnO)، ۸۵ میلی گرم اکسید روی (ZnO)، ۵۰ میلی گرم سولفات آهن (FeSO₄)، ۱۰ میلی گرم سولفات مس (SuSO₄)، ۰/۲ میلی گرم سلیوم (سدیم سلنیت)، ۱۳ میلی گرم ید (یدات کلسیم) و ۲۵۰ میلی گرم کلین کلراید.

میزان قابلیت دسترس بیولوژیکی عنصر منگنز از منابع متفاوت شامل شاخص قابلیت هضم ظاهری ایلئومی^۱ و دسترسی ظاهری ایلئومی^۲ با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شده است:

$$\text{قابلیت هضم ظاهری ایلئومی} = (100 - (100 * (\% \text{Cr}_2\text{O}_3 / \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ excreta}) * (\text{Mn excreta} / \text{Mn feed})))$$

$$\text{قابلیت دسترس ظاهری ایلئومی} = ((\text{Mn feed} / \% \text{Cr}_2\text{O}_3) - (\text{Mn excreta} / \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ Excreta})) / (\text{Mn feed} / \% \text{Cr}_2\text{O}_3)$$

شاخص‌های مرتبط با استخوان درشت‌نی شامل غلظت مواد معدنی کلسیم، فسفر، منگنز و غلظت عناصر معدنی خون (کلسیم، فسفر، منگنز) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (AOAC, 1990). جهت تعیین عنصر منگنز در استخوان درشت‌نی جهت حذف بافت‌های نرم، به مدت ۱۵ دقیقه در آب فوق خالص جوشانیده شده و سپس در دمای ۶۰ درجه‌ی سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک شد. سپس به منظور حذف چربی، در ظروف درب‌دار به مدت ۷۲ ساعت در اتر قرار گرفت (AOAC, 1990). برای اندازه‌گیری وزن درشت‌نی و وزن خاکستر درشت‌نی از ترازویی به دقت ۰/۰۰۰۱ گرم استفاده شد. نمونه‌های استخوان آسیاب و کاملاً یکنواخت شدند. سپس نیم گرم از نمونه‌های استخوان آسیاب شده در اسید نیتریک سه نرمال هضم شده و برای تعیین محتوی مواد معدنی توسط اسپکتروفتومتری جذب اتمی آنالیز شدند. برای تعیین زیست‌فراهمی نسبی منابع متفاوت معدنی مقدار عنصر منگنز در مکمل‌های معدنی، خوراک و فضولات با استفاده از روش نشانگر اکسید کروم اندازه‌گیری و مقدار زیست‌فراهمی منابع برای عنصر منگنز محاسبه گردید (یعقوبفر و همکاران ۱۳۹۳). مقدار زیست‌فراهمی (Relative bioavailability values) منابع منگنز توسط معادلات رگرسیونی خطی (linear regressions) و به روش نسبت شیب خط (Slop Ratio) محاسبه شد (Littell, 1997).

مدل آماری این تحقیق به صورت زیر بود:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

¹ Apparent ileal digestibility coefficient of minerals

² Apparent ileal availability of minerals

در این فرمول Y_{ij} : مقدار هر مشاهده، μ میانگین کل جامعه، T_i اثر تیمار غذایی آزمایشی، e_{ij} خطای آزمایشی می‌باشد. نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار (SAS, 2008) و با استفاده از رویه مدل خطی عمومی (GLM) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن^۳ انجام شد.

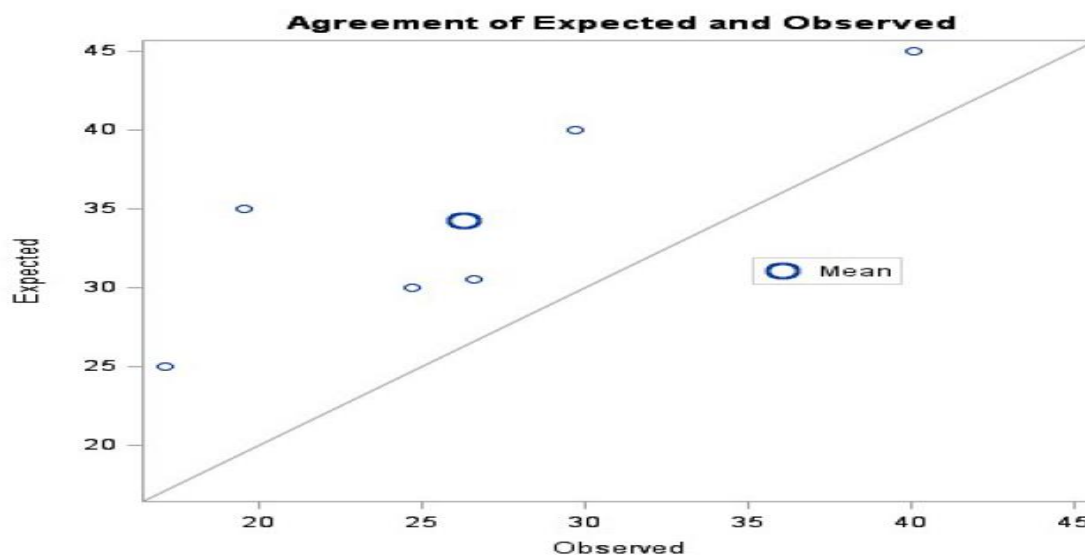
نتایج و بحث

جدول ۲ نتایج مربوط به تجزیه شیمیایی میزان غلظت منگنز در منابع مختلف منگنز مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج بدست آمده از آنالیز منابع منگنز، درصد خلوص منگنز همه منابع آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت. درصد خلوص عنصر منگنز منابع معدنی ۱ تا ۶ به ترتیب ۱۵/۴۵، ۷/۹، ۴/۹۵، ۵/۳۱، ۱۰/۲۹ و ۳/۹ درصد کمتر از میزان خلوص منابع منگنز اعلام شده توسط شرکت تولیدکننده بود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیشترین اختلاف مربوط به منبع اکسید منگنز با ۳۵ درصد خلوص و کمترین اختلاف مربوط به منبع سولفات منگنز با ۴۰ درصد خلوص است. دلایل اختلاف درصد خلوص منگنز بیشتر مرتبط با شیوه نمونه‌برداری از منابع مختلف بوده و همچنین ساختار یا ترکیبات این منابع نیز می‌تواند از عوامل موثر باشد. این نتایج موید این است که برای هر نمونه مکمل معدنی منگنز تهیه شده از مکان‌های متفاوت الزاماً بایستی میزان خلوص عناصر تعیین شود. همین‌طور برای تعیین میزان خلوص عناصر در منابع متفاوت معدنی لازم است از روش‌های استاندارد یکسان استفاده شود. از نکات قابل توجه در ارتباط با این نتایج اثرات میزان ناخالصی این منابع در قابلیت دسترسی و افزایش دفع عنصر همراه با کاهش عملکرد پرنده است که مجموع این عوامل می‌توانند در هزینه یا قیمت تمام شده خوراک موثر باشند.

جدول ۲: آنالیز غلظت عنصر منگنز در منابع متفاوت اکسید و سولفات منگنز مورد استفاده در آزمایش.

منابع منگنز معدنی با خلوص متفاوت	درصد خلوص اعلام شده توسط شرکت تولید کننده	درصد خلوص اندازه گیری شده در آزمایشگاه
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۵ درصد	۳۵	۱۹/۵۵
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۲۵ درصد	۲۵	۱۷/۱
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۵-۵۵ درصد	۴۵-۵۵	۴۰/۰۵
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۰ درصد	۳۰	۲۴/۶۹
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۰ درصد	۴۰	۲۹/۷۱
جیره غذایی حاوی سولفات منگنز با خلوص ۴۰ درصد	۳۰/۵	۲۶/۶

³ Duncan's multiple range test



نمودار ۱- مقایسه مقادیر بدست آمده در آزمایشگاه با مقادیر مورد انتظار اعلام شده توسط شرکت تولیدکننده ($P\text{-value}=0/0064$).

در نمودار ۱ میزان سنجش شده منگنز در آزمایشگاه (Observed) با مقدار اعلام شده توسط شرکت تولیدکننده (Expected) مقایسه شده‌اند. محور افقی (Observed) مقادیر منگنز سنجش شده است و محور عمودی (Expected) میزان مورد انتظار برحسب اعلام شرکت تولیدکننده را نشان می‌دهد. خط مورب روی نمودار نمایانگر حالت ایده‌آل است که در آن مقدار منگنز سنجش شده کاملاً برابر با مقدار مورد انتظار باشد. با توجه به نمودار بالا، اغلب نقاط پایین‌تر از خط برابری واقع شده‌اند که نشان می‌دهد عمدتاً مقادیر منگیزی که در آزمایشگاه سنجیده شده کمتر از مقدار مورد انتظار است.

جدول ۳ نتایج میزان عنصر منگنز در جیره غذایی حاوی سطوح متفاوت منابع حاوی عنصر منگنز (میلی گرم در کیلوگرم) در آزمایش را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج بدست آمده، جیره کنترل (بدون منبع منگنز) دارای ۱۵۹/۵ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک منگنز می‌باشد. بیشترین مقدار عنصر منگنز در بین تیمارهای آزمایشی حاوی منگنز مربوط به جیره حاوی ۸۰۰ میلی گرم در کیلوگرم اکسید منگنز با ۴۰ درصد خلوص به میزان ۴۵۸/۵ میلی گرم در کیلوگرم بود. کمترین مقدار منگنز در بین جیره‌های غذایی حاوی عنصر منگنز نیز مربوط به جیره حاوی ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم اکسید منگنز با درصد خلوص ۲۵ درصد به میزان ۲۰۳ میلی گرم در کیلوگرم بود. میزان قابلیت هضم ظاهری ایلئومی عنصر منگنز از منابع متفاوت نیز در جدول ۳ قابل مشاهده شده است. نتایج نشان داد که از لحاظ قابلیت دسترس بیولوژیکی منابع عنصر منگنز اختلاف آماری وجود دارد ($P<0/05$). بر اساس این نتایج، بیشترین قابلیت دسترسی ظاهری ایلئومی مربوط به جیره غذایی حاوی سطح ۸۰۰ میلی گرم در کیلوگرم

اکسید منگنز با خلوص ۴۵ تا ۵۵ درصد به میزان ۵۸/۱۱ درصد بود. همچنین کمترین قابلیت دسترسی ظاهری ایلئومی مربوط به جیره حاوی اکسید منگنز در سطح ۸۰۰ میلی گرم در کیلوگرم با ۳۵ درصد خلوص به میزان ۱۸/۸۹ درصد بود. مطالعات پیشین نشان داده است که سولفات منگنز مونوهیدرات معمولاً به عنوان مرجع استاندارد برای ارزیابی زیست‌فراهمی منگنز مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما میزان جذب واقعی منگنز از این ترکیب بین ۲ تا ۸ درصد است که این مقدار بسته به گونه جانوری و جیره‌ای که منگنز به آن افزوده می‌شود، متفاوت خواهد بود (Murphy و Byrne، ۲۰۲۲). با توجه به اینکه نمک‌های معدنی (غیر آلی) مانند سولفات و اکسید منابع اولیه در مکمل‌های معدنی هستند. مکمل حاوی عنصر منگنز در تغذیه طیور بطور متداول از نمک‌های معدنی تهیه و دارای زیست‌فراهمی کم می‌باشد، که مقدار زیادی از آن از طریق فضولات دفع و سبب آلودگی محیط زیست می‌شود (Ogunwale و همکاران، ۲۰۲۱). عنصر معدنی منگنز با شکل اکسید (MnO) و سولفات (MnSO₄) برای تامین عنصر منگنز مورد نیاز پرند به خوراک افزوده می‌شود. اختلاف بین دو شکل عنصر معدنی منگنز مربوط به میزان زیست‌فراهمی و قابلیت جذب عنصر منگنز است (Yaghoobfar و همکاران، ۲۰۲۲). برخی محققین در ارتباط با قابلیت دسترسی عنصر معدنی منگنز مطالعاتی انجام داده‌اند. بطوریکه Sunder و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که زیست‌فراهمی عنصر معدنی منگنز به فرم سولفات (MnSO₄) نسبت به شکل اکسید (MnO) بیشتر است. وجود مقدار زیاد عنصر منگنز در فضولات دفعی بدلیل سطوح بالای این عنصر در خوراک و عدم هضم کامل آن است و غیر قابل هضم بودن این عنصر مرتبط با محتویات اندوژنوس و اگزوژنوس دستگاه گوارش است. منگنز دفعی اندوژنوس ناشی از عدم بالانس مواد معدنی با تغییرات در شرایط فیزیولوژیکی است که با دفع زیاد ادرار همراه است. همچنین اتلاف یا هدر رفتن منگنز اندوژنوس ناشی از قابلیت دسترسی یا زیست‌فراهمی کم عنصر معدنی منگنز در منابع خوراکی و معدنی است. قابلیت دسترسی منگنز در نمک‌های معدنی مختلف احتمالاً منعکس‌کننده اختلاف در جذب است. بطوریکه زیست‌فراهمی آن کم و در فضولات دفعی مقدار آن خیلی زیاد است. Byrne و Murphy (۲۰۲۲) با استفاده سولفات منگنز (MnSO₄) به عنوان استاندارد، نشان دادند که اکسید منگنز ۷۰ تا ۸۰ درصد قابل دسترسی است، در حالیکه کربنات تنها ۴۰ درصد قابل دسترسی است. مقدار زیاد کلسیم و فسفر در جیره‌های غذایی سبب کاهش زیست‌فراهمی منگنز می‌شود. کلسیم زیاد اثر کمتری در جذب منگنز دارد ولی بیشترین تاثیر مربوط به مقدار فسفر است. اسید فایتیک و فیبر خوراک در کاهش جذب منگنز دخالت دارند. فسفر مازاد اثر نامطلوبی بر جذب منگنز دارد و این اثر بیشتر در جذب کلسیم است. بطوریکه ۰/۲ درصد فسفر مازاد در جیره، جذب منگنز را تنها ۱۰ درصد کاهش می‌دهد. مقدار بالای منگنز در جذب آهن اختلال ایجاد می‌کند. در میان نمک‌های منگنز، کلرید (MnCl)، سولفات (MnSO₄) و اکسید (MnO) دارای قابلیت دسترسی بالایی هستند. استفاده از منو اکسید منگنز (MnO) و سولفات منگنز (MnSO₄) در تغذیه طیور تأمین‌کننده منگنز مورد

نیاز است. اختلاف موجود بین این ترکیبات معدنی در ارتباط زیست فراهمی یا قابلیت دسترس منگنز برای میزان استفاده در سطح سلول است. ارزش بیولوژیکی زیست فراهمی سولفات منگنز ($MnSO_4$) بیشتر از منو اکسید منگنز (MnO)، کلرید منگنز ($MnCl$)، و بیکربنات منگنز ($MnHCO_3$) است. سایر عوامل بر قابلیت دسترس عناصر کم مصرف نقش دارند (Saldanha و همکاران، ۲۰۲۰). تشکیل کمپلکس یون‌های غیر مشابه و یا تشکیل ترکیب کمپلکس نامحلول با منابع لیگاند جیره غذایی در فرایند هضم عناصر کم مصرف، سبب کاهش قابلیت هضم یا قابلیت دسترسی بیولوژیکی این عناصر می شود. بعنوان مثال، فسفر خوراک بشکل فسفات است که قادر به کاهش قابلیت هضم و دسترسی عناصر کم مصرف می شود (Gupta و همکاران، ۲۰۱۵).

جدول ۳: میزان عنصر منگنز در جیره های آزمایشی و قابلیت هضم ظاهری ایلنوم آن از منابع متفاوت در جوجه های گوشتی

منابع منگنز معدنی با خلوص متفاوت	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)	خوراک (میلی گرم در کیلوگرم)	قابلیت هضم ظاهری ایلنوم (درصد)
تیمار کنترل فاقد عنصر منگنز آزمایشی	صفر	۱۵۹/۵	۳۶/۵۶ ^{cd}
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۵ درصد	۴۰۰	۲۱۰	۲۶/۷۶ ^{dc}
	۸۰۰	۲۳۲/۳	۱۸/۸۹ ^e
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۲۵ درصد	۴۰۰	۲۰۳	۲۶/۷۳ ^{de}
	۸۰۰	۲۰۹/۸	۲۵/۸۴ ^e
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۵-۵۵ درصد	۴۰۰	۲۳۴/۵	۴۲/۱۶ ^{dc}
	۸۰۰	۳۷۸/۴	۵۸/۱۱ ^a
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۰ درصد	۴۰۰	۳۰۳/۶	۴۵/۲۸ ^b
	۸۰۰	۳۳۷/۸	۲۷/۷۹ ^{cde}
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۰ درصد	۸۰۰	۴۵۸/۵	۳۷/۳۹ ^{bcd}
جیره غذایی حاوی سولفات منگنز با خلوص ۴۰ درصد	۸۰۰	۴۰۲	۴۳/۴۸ ^b
SEM			۸/۰۲
P- value			۰/۰۰۲

a-e، در هر ستون اعداد دارای حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) می باشند

معادلات رگرسیون منابع مختلف عنصر منگنز مورد استفاده در آزمایش با استفاده از نسبت شیب خط (Slope Ratio) در جدول ۴ نشان داده شده است. در این معادلات رگرسیون خطی از سولفات منگنز بعنوان استاندارد

استفاده شده با فرض براین که زیست فراهمی عنصر منگنز از سولفات منگنز معادل ۱۰۰ درصد باشد. برای محاسبه نسبت زیست فراهمی عنصر منگنز، منابع مختلف معدنی منگنز استفاده شده است.

بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۴)، بیشترین قابلیت دسترسی یا زیست فراهمی نسبی^۴ منگنز از منابع مختلف مورد استفاده در این آزمایش با خلوص متفاوت نسبت به سولفات منگنز برای منابع ۱ الی ۵ به ترتیب ۱۴۵، ۲۷، ۱۸۱، ۳۶، ۱۸۱، و با میانگین کل ۱۱۲ بود. همچنین نتایج نشان دادند که کمترین زیست فراهمی نسبی منبع منگنز نسبت به سولفات منگنز، مربوط به منبع اکسید منگنز با میزان ۲۵ درصد خلوص و حدود ۲۷/۲۷ است، که با سایر تیمارها به جز تیمار مربوط به منبع اکسید منگنز با ۳۰ درصد خلوص اختلاف معنی داری نشان داد ($P < 0.05$). علت این تفاوت در مقدار نمک‌های معدنی غیر آلی زیاد و نا محلولیت می‌باشد. عامل دیگر در زیست فراهمی، رقابت برای باند شدن در انتقال مولکول‌ها بین گروهی از عناصر کم مصرف و یا گروهی از ماکروالمنت (عناصر پر مصرف) و یا بین عناصر کم مصرف و پر مصرف می‌باشد. برای مثال با مصرف زیاد عنصر مس و آهن جذب عنصر منگنز محدود می‌شود چون ابتدا مس و آهن مهیای انتقال است. بحث دیگر ارتباط آنتاگونیسم بین عناصر پر مصرف و کم مصرف در مرحله جذب است که مانع جذب می‌شود. بعنوان مثال مصرف زیاد کلسیم جذب روی و منگنز را تحت تاثیر قرار می‌دهد، همینطور جذب مس و منگنز تحت تاثیر مصرف زیاد روی کاهش می‌یابد (Murphy و Byrne، ۲۰۲۲). همچنین ارتباط آنتاگونیسم بین عناصر کم مصرف و ویتامین‌ها هم مطرح است (Tripathy و همکاران، ۲۰۱۷). ارتباط آنتاگونیسمی ویتامین و مواد معدنی کمتر شناخته شده است. مصرف مقدار زیاد یک نوع ویتامین به تنهایی می‌تواند در ایجاد کمبود یا افزایش جذب یا ابقاء مواد معدنی اختلال ایجاد کند. تحقیقات انجام شده در زمینه مصرف منابع معدنی در تغذیه طیور، نشان از تفاوت بین منابع عناصر معدنی، ارزش اقتصادی و میزان کمبودشان در جیره‌های غذایی کاربردی است. بهبود سرعت رشد در جوجه‌های گوشتی و تولید تخم مرغ در گونه‌های تخم‌گذار افزایش زیادی داشته است. از این رو با وجود تفاوت‌های ژنتیکی در قابلیت رشد سویه‌های تجاری امروزی طیور، مصرف چنین مقادیری از مواد معدنی کم مصرف، معقول و منطقی نیست (Elnesr و همکاران، ۲۰۲۴).

جدول ۴: معادلات رگرسیون، ضریب رگرسیونی و نسبت زیست فراهمی منابع معدنی منگنز

منابع منگنز معدنی با خلوص متفاوت	معادله رگرسیون	P-Value	ضریب رگرسیونی	زیست فراهمی نسبی
	MSE			

⁴ Relative Bioavailability Value

(RBV)					
	SE	Slop			
		e			
۱۴۵	۰/۰۵	۰/۰۱۶	۰/۰۰۷	۵/۲۱	$Y = 25/04 + 0/016 \chi$ جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۵ درصد
۲۷/۲۷	۰/۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۳/۹۸	$Y = 25/014 + 0/003 \chi$ جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۲۵ درصد
۱۸۱/۸۲	۰/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۵/۰۳	$Y = 24/74 + 0/02 \chi$ جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۵-۵۵ درصد
۳۶/۳۶	۰/۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲۷	۷/۷۲	$Y = 38/44 + 0/004 \chi$ جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۰ درصد
۱۸۱/۸۲	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۸۱	$Y = 48/07 + 0/019 \chi$ جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۰ درصد
۱۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۲	۱/۱۶۲	$Y = 43/114 + 0/011 \chi$ جیره غذایی حاوی سولفات منگنز با خلوص ۴۰ درصد
۱۱۲/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۹	۳/۹۸	$Y = 34/07 + 0/013 \chi$ میانگین کل

اثر منابع مختلف منگنز بر ابقای یا ذخیره عنصر منگنز در استخوان درشت نی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی اختلاف آماری نشان داد ($P < 0/05$ ، جدول ۵). با اینکه بیشتر عنصر ابقاء شده در استخوان درشت نی برای منبع سولفات است، ولی نسبت به منابع اکسید منگنز با خلوص ۲۵، ۴۵-۵۵ و ۳۰ درصد تفاوت آماری ندارد. نتایج آزمایش نشان داد که منابع متفاوت معدنی منگنز تاثیر معنی داری در مقدار کلسیم و فسفر استخوان درشت‌نی نداشت. Xia و همکاران (۲۰۲۲) گزارش دادند که منابع متفاوت منگنز در غلظت عنصر منگنز موثر است، که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد. ولی دیگر گزارشات با نتایج این آزمایش همخوانی ندارد (Ghalamkari و همکاران، ۲۰۲۲).

میزان غلظت عنصر منگنز در سرم خون حاصل از منابع مختلف معدنی منگنز (جدول ۵) دارای اختلاف آماری می‌باشد ($P < 0/05$). با اینکه غلظت عنصر منگنز سرم خون در منبع سولفات بیشتر بود، ولی با منابع اکسید ۴۵-۵۵، ۳۰ و ۴۰ درصد خلوص اختلاف آماری نشان نداد. همین‌طور میزان غلظت عنصر کلسیم در سرم خون در منابع اکسید اختلاف آماری مشاهده نگردید و این مقدار به لحاظ عددی در منبع سولفات و گروه شاهد کمتر بود. بر اساس نتایج آزمایش مقدار فسفر سرم خون بین منابع اکسید و سولفات منگنز و همین‌طور تیمار شاهد اختلاف آماری مشاهده نشد.

جدول ۵: تاثیر منابع معدنی متفاوت منگنز در ابقای عناصر کلسیم، فسفر و منگنز استخوان درشت نی و خون جوجه های گوشتی.

منابع منگنز معدنی با خلوص متفاوت	منگنز افزوده شده (میلی گرم در کیلوگرم)	کلسیم %	فسفر %	استخوان درشت نی			خون	
				منگنز ppm	کلسیم	فسفر	منگنز	منگنز
					خون (میلی گرم در دسی لیتر)	خون (میلی گرم در دسی لیتر)	خون (میلی گرم در دسی لیتر)	منگنز (میلی گرم در دسی لیتر)
تیمار کنترل فاقد عنصر منگنز آزمایشی	۱۹/۸۰	۸/۷۹	۳/۴۸ ^b	۱۲/۸۱	۹/۳۷	۰/۲۲ ^d		
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۵ درصد	۸۰۰	۱۸/۶۱	۷/۷۴	۴/۰۸ ^b	۱۳/۸۰	۹/۳۰	۰/۳۰ ^{bcd}	
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۲۵ درصد	۸۰۰	۱۸/۶۵	۷/۸۲	۴/۸۸ ^{ab}	۱۴/۵۱	۹/۶۰	۰/۲۷ ^{cd}	
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۵-۵۵ درصد	۸۰۰	۱۸/۶۸	۸/۶۴	۴/۵۹ ^{ab}	۱۵/۸۲	۹/۰۲	۰/۳۳ ^{abc}	
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۰ درصد	۸۰۰	۱۹/۰۸	۸/۶۳	۴/۷۱ ^{ab}	۱۶/۱۹	۹/۳۷	۰/۳۴ ^{abc}	
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۰ درصد	۸۰۰	۲۰/۰۸	۸/۴۸	۲/۳۳ ^b	۱۵/۵۱	۹/۰۰	۰/۳۹ ^{ab}	
جیره غذایی حاوی سولفات منگنز با خلوص ۴۰ درصد	۸۰۰	۱۹/۹۸	۸/۳۷	۷/۱۲ ^a	۱۳/۰۷	۸/۹۷	۰/۴۳ ^a	
SEM		۲/۰۶	۰/۷۷	۱/۷۹	۲/۷۷	۲/۷۷	۰/۰۷	
P value		۰/۹۲	۰/۵۵	۰/۰۱۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۰۰۳	

a-d، در هر ستون اعداد دارای حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) می باشند

مقدار زیست فراهمی عنصر منگنز در منابع متفاوت اختلاف آماری معنی داری داشت ($P < 0.05$ ، جدول ۶). با توجه به نتایج زیست فراهمی منگنز در منبع اکسید منگنز با خلوص ۲۵ درصد در استخوان درشت نی بیشتر از سایر منابع اکسیدی و سولفات است ($P < 0.05$). ولی در خون زیست فراهمی منگنز در منبع اکسید منگنز با خلوص ۳۵ درصد نسبت به سایر منابع بیشتر می باشد ($P < 0.05$). این تفاوت ارتباط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منابع متفاوت منگنز با ظرفیت جابجایی یون ها، و نسبت تمایل ترکیبات دارد (Ji و همکاران، ۲۰۲۳).

جدول ۶: مقایسه زیست فراهمی نسبی (RBV*) منابع متفاوت عناصر منگنز و کلسیم بر اساس نسبت شیب خط خون و استخوان درشت نی جوجه های گوشتی

منابع منگنز معدنی با خلوص متفاوت	منگنز افزوده شده (میلی گرم در کیلوگرم)	کلسیم	منگنز	کلسیم	زیت فراهمی نسبی خون	زیت فراهمی نسبی استخوان	تیمار ها
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۵ درصد	۸۰۰	۲۴/۳۴	۱۶/۴۶	۵۷/۱۶	۴۸/۵۷	منگنز	
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۲۵ درصد	۸۰۰	۳۷/۳۷	۲۴/۶۶	۷۶/۷۵	۱۴۲/۸۵	منگنز	
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۵-۵۵ درصد	۸۰۰	۲۹/۴۸	۳۷/۷۷	۵۴/۶۵	۲۲/۲۸	منگنز	
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۰ درصد	۸۰۰	۲۶/۴۶	۴۹/۴۳	۶۱/۵۷	۶۵/۷۱	منگنز	
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۰ درصد	۸۰۰	۴۰/۱۷	۲۴/۸۵	۵۰/۱۸	۱۲۳/۰۰	منگنز	
جیره غذایی حاوی سولفات منگنز با خلوص ۴۰ درصد	۸۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	منگنز	

*RBV = (Tibia/blood mineral – Y intercept) × 100 / (slope of regression line relating diet or tibia/blood mineral × mineral intake)

جدول ۷: مقایسه نسبت شیب خط غلظت منگنز در استخوان درشت نی جوجه های گوشتی

منابع منگنز معدنی با خلوص متفاوت	سولفات منگنز	اکسید منگنز ۳۵	اکسید منگنز ۲۵	اکسید منگنز ۴۵ تا ۵۵ درصد	اکسید منگنز ۳۰ درصد خلوص	اکسید منگنز ۴۰ درصد خلوص
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۵ درصد	۱۲۲۰/۱۶	-	۱۴۰/۴۷	۱۸۳/۶۳	۱۸۳/۶۳	۷۶/۶۳
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۲۵ درصد	۵۱۵/۱۷	۴۲/۲۲	-	۵۹/۳۸	۷۷/۵۳	۳۲/۳۵
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۵-۵۵ درصد	۸۶۷/۷۷	۷۱/۱۲	۱۶۸/۴۴	-	۱۳۰/۶۰	۵۴/۴۹
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۳۰ درصد	۶۶۴/۴۵	۵۴/۴۵	۱۲۸/۹۷	۷۶/۵۷	-	۴۱/۷۳
جیره غذایی حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۰ درصد	۱۵۹۲/۳۱	۱۳۰/۵۰	۳۰۹/۰۸	۱۸۳/۳۲	۲۳۹/۶۴	-
جیره غذایی حاوی سولفات منگنز با خلوص ۴۰ درصد	-	۸/۱۹	۱۹/۴۱	۱۸/۵۳	۱۵/۰۵	۶/۳۰

با توجه به جدول ۷، اکسید منگنز با خلوص بالاتر (۴۵ تا ۵۵ درصد) بهترین گزینه برای افزایش رسوب منگنز در استخوان درشت‌نی جوجه گوشتی است، در حالی که سولفات منگنز و اکسید با خلوص پایین‌تر از نظر جذب استخوانی عملکرد کمتری دارند. شناخت این تفاوت‌ها می‌تواند در بهینه‌سازی جیره‌های غذایی و ارتقای سلامت استخوان طیور کمک کند. جدول نشان می‌دهد که شیب خط غلظت منگنز در استخوان درشت‌نی جوجه‌های گوشتی در جیره‌های غذایی با منابع مختلف منگنز و درصدهای خلوص متفاوت چقدر است. جیره حاوی اکسید منگنز با خلوص ۴۵ تا ۵۵ درصد (منبع ۳) بالاترین شیب خط را دارد که بیانگر جذب و رسوب بهتر منگنز در استخوان است. جیره با سولفات منگنز (منبع ۶) نسبت به اکثر اکسیدهای منگنز، شیب خط پایین‌تری دارد، به این معنی که جذب منگنز در استخوان کمتر است. خلوص منگنز در اکسیدها (۲۵ تا ۴۰ درصد) با مقدار شیب خط نسبت مستقیم دارد، یعنی افزایش خلوص به افزایش جذب منگنز در استخوان کمک می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که غلظت و خلوص عنصر اکسید منگنز کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه بوده است، که می‌تواند سبب کاهش ارزش بیولوژیکی نسبی و قابلیت دسترسی و جذب و همچنین ابقای عنصر منگنز در بدن پرندگان شود. همچنین عدم هضم منگنز می‌تواند تعادل مواد معدنی را تغییر دهد که قابلیت دسترسی بیولوژیکی منگنز کاهش یافته و نیاز به منگنز در جیره غذایی افزایش می‌یابد. از این رو، باید مکمل منگنز به جیره غذایی طیور افزوده شود. همچنین، نتایج این آزمایش نشان داد که بین منابع مختلف معدنی اکسید منگنز در میزان زیستی فراهمی نسبی، ابقاء یا جذب در ایلئوم روده پرندگان تفاوت وجود دارد. با اینکه منابع علمی ارزش زیستی سولفات و اکسید منگنز معدنی را مناسب معرفی می‌کنند، اما بین منابع متفاوت معدنی منگنز از لحاظ میزان دسترسی بیولوژیکی اختلاف مشاهده شد. با توجه به اینکه سایر ترکیبات این منابع معدنی نامشخص است لازم است این منابع به لحاظ کربنات (Rhodochrosite) و سیلیکات معدنی (Rhodonite) که از منابع غیر قابل دسترسی منگنز هستند بررسی و آزمایش شوند. در این مطالعه بیشترین زیست فراهمی نسبی اکسید معدنی منگنز مربوط به منبع ۲ (خلوص ۲۵ درصد) بود و لذا استفاده از آن در مقایسه با دیگر منابع مورد بررسی در این مطالعه ارجحیت دارد. پیشنهاد می‌شود برای سودمندی بیشتر از خاصیت باند شدن عناصر کم مصرف با لیگاندهای منابع آلی، به استفاده از فرم آلی عناصر معدنی در جیره طیور توجه شود.

تقدیر و تشکر :

بدینوسیله از شرکت سپاهان دانه برای تامین هزینه پروژه تقدیر و تشکر می گردد. همچنین از موسسه تحقیقات علوم دامی کشور برای همکاری در اجرای این پروژه مشترک تقدیر و تشکر بعمل می آید.

فهرست منابع

- یعقوبفر، ا.، س. د.، شریفی، گ. گلستانی. ۱۳۹۳. اثرات آنزیم ناتوریم پلاس بر انرژی قابل سوخت و ساز و قابلیت هضم پروتئین جیره های حاوی دانه گندم و کنجاله کلزا در جوجه های گوشتی. پژوهش های تولیدات دامی. ۵ (۱۰): ۶۸-۵۷.
- AOAC. (1990). Official methods of analysis, 15th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, pp 40-90.
 - Aviagen. Ross broiler management manual. (2019). 9:350-364. <http://pt.aviagen.Com/TechCenter/RossBroiler/RossBroilerManual>.
 - Bai, S., Zhang, K., Ding, X., Wang, J., Zeng, Q., Peng, H., ... & Wu, B. (2019). Uptake of manganese from the manganese-lysine complex in primary chicken intestinal epithelial cells. *Animals*, 9(8), 559.
 - Byrne, L., & Murphy, R. A. (2022). Relative bioavailability of trace minerals in production animal nutrition: A review. *Animals*, 12(15), 1-46.
 - Byrne, L., & Murphy, R. A. (2022). Relative bioavailability of trace minerals in production animal nutrition: A review. *Animals*, 12(15), 1981.
 - Elnesr, S. S., Mahmoud, B. Y., da Silva Pires, P. G., Moraes, P., Elwan, H. A., El-Shall, N. A., ... & Alagawany, M. (2024). Trace minerals in laying hen diets and their effects on egg quality. *Biological Trace Element Research*, 202(12), 5664-5679.
 - Ghalamkari, H. R., Sanei, N., & Ebrahimnejad, M. (2022). Determining Relative Bioavailability of Different Manganese Sources in Broiler Diets. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 1(1), 143.
 - Goff, J. P. (2018). Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *Journal of dairy science*, 101(4), 2763-2813.
 - Gupta, R. K., Gangoliya, S. S., & Singh, N. K. (2015). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal of food science and technology*, 52(2), 676-684.
 - Ji, H., Tan, D., Chen, Y., Cheng, Z., Zhao, J., & Lin, M. (2023). Effects of different manganese sources on nutrient digestibility, fecal bacterial community, and mineral excretion of weaning dairy calves. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1163468.
 - Kim, M. J., Hosseindoust, A., Kim, K. Y., Moturi, J., Lee, J. H., Kim, T. G., ... & Chae, B. J. (2022). Improving the bioavailability of manganese and meat quality of broilers by using hot-melt extrusion nano method. *British Poultry Science*, 63(2), 211-217.
 - Littell R.C, Henry, P.R, Lewis, A.J, & Ammerman C.B. (1997). Estimate of relative bioavailability of nutrients using SAS procedures. *Journal Animal Science*. 75:2672-2683.

- Mirzavandi Chegeni, M., Mottaghtalab, M., Hosseini Moghaddam, S. H., & Golshekan, M. (2019). Broiler intestine DMT1 gene expression and bone characteristics, as affected by in ovo injection of different forms of manganese. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 1215-1222.
- NRC. (1994). Nutrient requirement of poultry. 9th rev ed. Washington, DC: Natl. Acad. Press.
- Ogunwale, T. O., Oyekunle, J. A. O., Ogunfowokan, A. O., & Oluwalana, A. I. (2021). Seasonal Assessment of some Trace Metals and Physico-Chemical Variables from Poultry Farms Surface Soils in Osun State, Southwestern Nigeria. *British Journal of Environmental Sciences*, 9(4), 18-40.
- Saldanha, M. M., Araújo, I. C., Triguineli, M. V., Vaz, D. P., Ferreira, F. N., Albergaria, J. D., ... & Lara, L. J. (2020). Relative bioavailability of manganese in relation to proteinate and sulfate sources for broiler chickens from one to 20 d of age. *Poultry science*, 99(11), 5647-5652.
- SAS Institute. (2004). SAS/STAT® Guide for Personal Computers. Version 6 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sunder, G. S., Gopinath, N. C. S., Panda, A. K., Kumar, C. V., Rao, S. R., & Raju, M. V. L. N. (2008). Relative bioavailability of manganese from its chloride, oxide and sulphate salts for broiler chickens. 78(7), 775-779.
- Tripathy, S., Dhaduk, J. J., & Kapadiya, S. (2017). Interrelationship of micronutrients: Antagonism and synergism. *Int J Pure Appl Biosci*, 5(6), 208-214.
- Tufarelli, V., & Laudadio, V. (2017). Manganese and its role in poultry nutrition: an overview. *Journal of experimental biology and agricultural sciences*, 5 (6), 749-754.
- Xia, W. H., Tang, L., Wang, Z. Y., & Wang, L. (2022). Effects of inorganic and organic manganese supplementation on growth performance, tibia development, and oxidative stress in broiler chickens. *Biological trace element research*, 1-12.
- Yaghobfar, A., Ghalamkari, H. R., Sanei, N., & Ebrahimnejad, M. (2022). Determining relative bioavailability of different manganese sources in broiler diets. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 12(1), 143-150.

Biological Value of Manganese in Common Sources in the Poultry Industry Using Bioassay Evaluation in the Tibia Bone and Blood of Broiler Chicks

Abstract

The present study was conducted to determine the biological value of manganese in common sources used in the poultry industry by bioassay evaluation in the tibia bone and blood of broiler chicks. For this purpose, six manganese sources including manganese oxide with 25% purity (400 and 800 mg/kg), 30% purity (400 and 800 mg/kg), 35% purity (400 and 800 mg/kg), 40% purity (800 mg/kg), 45 to 55% purity (400 and 800 mg/kg), and manganese sulfate (800 mg/kg), along with a control group (without manganese supplementation) were used. The experiment was designed as a completely randomized design with 660 one-day-old Ross 308 broiler chicks, 11 treatments, and 6 replicates. Diets were similar in metabolizable energy, crude protein, and other nutrients. The type of manganese supplement had no significant effect on calcium and

phosphorus concentrations in blood, but the type of manganese supplement significantly affected blood manganese concentration ($P<0.05$). The highest relative bioavailability of mineral manganese oxide was related to the source with 25% purity, and the lowest was related to the source with 45-55% purity. Overall, results of this study indicated that relative bioavailability of different sources of manganese oxide and sulfate minerals varied and could affect biological indices of broiler chicks.

Key Words: Relative bioavailability, broiler, manganese, broiler chicken