تحقیقات تولیدات دامی
سال سوم/شماره سوم/پاییز ۱۳۹۳ (۷۱-۵۷)

اثرات استفاده از نانوذرات آهن و متیونین مایع (اَلیمت) در تغذیه جنینی و جیره بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

علی اصغر ساکی[1*]، معصومه عباسی نژاد[2]، احمد احمدی[3]

۱- استاد گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان
۲- دانش آموخته دکتری تغذیه طیور دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان
۳- استادیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

(تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۵ – تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۱۹)

چکیده

در این آزمایش از ۶۴۴ تخم‌مرغ بارور سویه راس در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار و ۴ تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایش عبارتند از: ۱- شاهد بدون تزریق؛ ۲- شاهد (تزریق محلول کلرید سدیم ۰/۹درصد)؛ ۳- تزریق ppm ۲۵ سولفات آهن؛ ۴- تزریق ppm ۲۵ نانوذرات آهن؛ ۵- تزریق ppm ۱۰۰ اَلیمت (متیونین مایع)؛ ۶- تزریق ppm ۱۵۰ کلیت آهن-اَلیمت؛ ۷- تزریق ppm ۱۰۰ نانوذرات آهن و اَلیمت؛ ۸- افزودن ۰/۰۰۲گرم در کیلوگرم نانوذرات آهن در جیره بعد از تفریخ. در روز اول انکوباسیون، کیسه زرده تخم‌مرغ‌ها با روش نوربینی مشخص و ۰/۳ میلی‌لیتر از هر محلول به تخم‌مرغ‌ها تزریق شد. تیمار حاوی تزریق کلیت نانوذرات آهن و اَلیمت در مقایسه با تیمارهای آهن، نانوذرات آهن و اَلیمت سبب افزایش معنی‌دار وزن جوجه‌های تفریخ شده شد ($P<۰/۰۵$). همچنین نسبت وزن جوجه به وزن تخم‌مرغ در مقایسه با سایر تیمارها به جز هر دو شاهد با تزریق کلیت نانوذرات آهن و اَلیمت افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). تزریق همه محلول‌ها به جز کلیت نانوذرات آهن+اَلیمت موجب کاهش معنی‌دار درصد جوجه‌درآوری شد ($P<۰/۰۵$). تزریق نانوذرات آهن+ اَلیمت بهبود معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی نسبت به سایرین را در دوره آغازین نشان داد ($P<۰/۰۵$). تزریق نانوذرات آهن+اَلیمت شاخص تولید در سن ۲۱-۱روزگی را به طور معنی‌دار افزایش داد ($P<۰/۰۵$). در کل نتایج این تحقیق نشان داد که تزریق نانوذرات آهن+اَلیمت در تخم‌مرغ‌های جوجه‌کشی سبب بهبود اکثر فاکتورهای عملکردی جوجه‌های گوشتی شد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه جنینی، جوجه‌های گوشتی، عملکرد، متیونین مایع، نانوذرات آهن

[*] نویسنده مسئول: dralisaki@yahoo.com

مقدمه

با توجه به پیشرفت‌های ژنتیکی و سرعت رشد در صنعت طیور مقدار مواد مغذی مورد نیاز در کیسه زرده برای رشد جنین تا زمان خروج آن محدود بوده و اگرچه جوجه‌های گوشتی امکان استفاده از مواد مغذی مورد نیاز در کیسه زرده را دارند، اما طی چند روز اول بعد از خروج از تخم به دلیل ناکافی بودن مواد مورد نیاز و نیز کامل نشدن سیستم ایمنی، تلفات زیاد در جوجه‌های یک روزه، رشد پایین در هفته اول و کاهش مقاومت در برابر بیماری‌ها رخ می‌دهد (Noy and Uni, 2010). از طرفی در شرایط عملی، اغلب جوجه‌ها تا ۴۸ ساعت بعد از تفریخ به آب و غذا دسترسی ندارند. این محدودیت‌ها را می‌توان به وسیله وارد نمودن مواد مغذی به داخل تخم پرندگان که به فناوری تغذیه از طریق تخم (*In ovo* feeding) معروف است و یا از طریق تغذیه در هچری بلافاصله بعد از تولد که فناوری تغذیه زود هنگام[1] نامیده می‌شود، جبران نمود (Noy and Uni, 2010). از روش‌های مهم برای تولید جوجه‌هایی با وزن بیشتر در زمان تفریخ تزریق مواد مغذی در تخم‌مرغ می‌باشد (Ohta *et al.,* 1999).

در چندین دهه گذشته، اهمیت عناصر کم‌مصرف ضروری در تولید دام و طیور شناخته شده است. آهن برای حمل و نقل، ذخیره‌سازی و استفاده از اکسیژن ضروری می‌باشد. همچنین آهن جزیی از ترکیبات هموگلوبین، ترانسفرین، میوگلوبین، سیتوکروم‌ها و بسیاری از سیستم‌های آنزیمی شامل کاتالاز، پراکسیداز و فنیل‌الانین هیدروکسیلاز است (Harvey *et al.,* 2000). اهمیت عناصر معدنی کم‌مصرف مثل آهن برای توسعه جنین جوجه بررسی شده و مورد تایید قرار گرفته است (Richards, 1997 Miles, 2000 ; Tako *et al.,* 2011). همچنین محققین اثرات غنی‌سازی سطوح مختلف کلسیم، فسفر، روی، مس، آهن و منگنز را در زرده تخم‌مرغ‌های بارور و میزان مصرف آنها را در دوره انکوباسیون بررسی نموده‌اند. این محققین پیشنهاد نمودند که مواد معدنی برای توسعه جنین و برخی اندام‌های حیاتی مانند سیستم اسکلتی اهمیت زیادی دارند (Yair and Uni, 2011). تحقیقات نشان داد که فرم‌های کلیت شده یا پروتئینه شده آهن، قابلیت دسترسی بیشتری در مقایسه با فرم‌های غیر آلی آهن در تغذیه دام و طیور داشته‌اند (Feng *et al.,* 2007; 2009).

همانطور که در جوجه‌های گوشتی، متیونین به عنوان اولین اسید آمینه محدود کننده شناخته می‌شود، برای رشد و توسعه بافت‌های جنینی، سنتز پروتئین، اسیدهای آمینه گوگرددار مانند متیونین نقش بسزایی دارند (Ohta and Kidd, 2001؛ Bhanja *et al.,* 2004 ؛ Ohta *et al.,* 1999). تزریق متیونین-روی در ۱۷روزگی داخل آلبومین، وضعیت انتروسیت‌ها را در جنین جوجه‌های گوشتی بهبود بخشید (Tako *et al.,* 2005). همچنین در مطالعه دیگر (Bakyaraj *et al.,* 2012) با تزریق داخل تخم‌مرغی محلولی حاوی ۱۶۰ میکروگرم آهن و ۱۰ میلی‌گرم متیونین دریافتند که درصد جوجه‌درآوری در تیمار حاوی این اسیدآمینه بیشتر از سایر گروه‌ها بود. در بین مکمل‌های متیونین به جز DL- متیونین، از آنالوگ‌های هیدروکسی متیونین نیز استفاده می‌شود. منبع رایجی از متیونین ۲-هیدروکسی-۴-(متیل تیو) بوتانوئیک اسید به عنوان افزودنی غذای دام و طیور به فرم آلیمت (متیونین مایع ۸۸٪) استفاده می‌شود. این آنالوگ می‌تواند در بدن به L- متیونین تبدیل شود (Dibner, 2003; Yi *et al.,* 2006).

نانوفناوری به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین علوم در عصر حاضر، در تمام زوایای حیات جانوری، گیاهی، زیست محیطی و صنعتی نفوذ نموده و افق جدیدی را در علوم طبیعی باز کرده است. یکی از کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی تولید افزودنی‌های غذایی است (Ahmadi and Rahimi, 2010; Sawosza *et al.,* 2007). افزودنی‌ها در مقیاس نانو، جذب آنها را در بدن راحت‌تر می‌کند. نانو-ذرات دارای ویژگی‌های بسیار خاص شیمیایی و فیزیکی از نظر اندازه، شکل و نسبت بالای سطح به حجم می‌باشند، که این صفات کاربرد آن‌ها را در بسیاری از موارد پزشکی و زیستی مناسب ساخته است. این مواد پس از تزریق به جانوران به سرعت در اکثر اندام‌ها و بافت‌ها توزیع شده و پدیده جذب سلولی آن‌ها بسیار زیاد است (Salata, 2004). بررسی تاثیر نانوذرات اکسید آهن بر رشد و تکوین جنین در موش‌های سوری، حضور نانوذرات اکسید آهن را در بافت کبد نشان داد که نشانگر عبور آنها از سد خونی-جفت و نفوذ به جنین در حال تکوین می‌باشد (Noori *et al.,* 2011). با توجه به کاربرد فراوان نانوذرات

[1] Early feeding

مغناطیسی اکسید آهن در زمینه‌های زیستی، تا به حال مطالعات اندکی در زمینه نقش تغذیه‌ای آن در جوجه‌های گوشتی انجام شده است. تنها تحقیق انجام شده در این زمینه نشان داد که نانوذرات اکسید آهن قابلیت استفاده در جیره جوجه‌های گوشتی را دارند (Nikonova *et al.*, 2011). بنابراین هدف از اجرای این تحقیق بررسی تغذیه در دوران جنینی (آهن؛ نانوذرات اکسید آهن؛ آلیمت؛ آهن+آلیمت؛ نانوذرات اکسید آهن+آلیمت) و نانوذرات آهن در جیره بر عملکرد رشد، پایانی و کل دوره پرورش جوجه‌های گوشتی است. همچنین با توجه به تاخیر در انتقال جوجه‌های تازه تفریخ شده به مزارع پرورش طیور، دو زمان تغذیه پس از تفریخ نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

متیونین مایع (آلیمت) محصول نووس آمریکا از شرکت گلبید تهیه شد. خلوص این ماده ۸۸٪ و جرم مولکولی آن ۱۴۹ می‌باشد. آهن استفاده شده در این آزمایش سولفات آهن ۷ آبه بود. نانوذرات اکسید آهن طبق روش Jang and Lim (2010) و ترکیب نانوذرات آهن با آلیمت با کمی تغییرات مطابق روش Marinescu *et al.* (2006) سنتز شدند که با دستگاه ICP[1] (پلاسمای القایی جفت شده) مشخص شد میزان نانوذرات آهن ۲۶ درصد و آلیمت آن ۷۰ درصد بود. جهت اطمینان از ساخت نانوذرات از پراش اشعه ایکس (XRD) و IR استفاده شد. میکروسکوپ الکترونی عبوری ۱۰۰ KeV مدل: EM 208 ساخت شرکت فیلیپس (آزمایشگاه تخصصی کفا) برای تعیین اندازه و مورفولوژی نانوذرات اکسید آهن و میکروسکوپ الکترونی عبوری مدل CM120 ساخت شرکت فیلیپس (موسسه تحقیقاتی پرطاووس مشهـــــد) برای تعیین اندازه و مورفولوژی ترکیب نانوذرات آهن و آلیمت انجام شد. قطر ابعاد نانوذرات اکسید آهن ۱۲-۸ نانومتر و برای نانوذرات آهن+آلیمت ۲۲-۱۴نانومتر بدست آمد (شکل ۱ و ۲). کلیت آهن-آلیمت طبق روش Abdel-Monem (1996) ساخته شد که با دستگاه ICP مشخص شد میزان آهن ۱۳درصد و آلیمت ۷۶ درصد می‌باشد.

آزمایش دوره جنینی

برای انجام آزمایش دوره جنینی از ۶۴۴ تخم‌مرغ بارور سویه راس (سن مرغ مادر ۳۴هفته و میانگین وزن تخم‌مرغ‌ها ۰/۲۳±۶۴/۳ گرم) شامل ۷ تیمار، ۴ تکرار و ۲۳ تخم‌مرغ در هر تکرار استفاده شد. در روز اول انکوباسیون، ابتدا محل کیسه زرده تخم‌مرغ‌ها با استفاده از روش نوربینی مشخص و سپس ۰/۳ میلی‌لیتر از محلول تزریق به وسیله سرنگ با سوزن شماره ۲۱ به تخم‌مرغ-های بارور تزریق شد (تزریق با زاویه ۴۵ درجه و در یک سوم بالای تخم‌مرغ بعد از دیدن کیسه هوا با روش نور-بینی، با عمق تزریق ۱۹ میلی‌متر در کیسه زرده، انجام شد). پس از تزریق محل آن با الکل ضدعفونی و با موم مذاب مسدود شد. تمام شرایط در دستگاه هچری برای گروه‌های آزمایشی یکسان در نظر گرفته شد.

جهت تعیین سطح مناسب تزریق، پیش آزمایشی با سطوح ppm ۲۵، ۷۵ و ۱۲۵ نانوذرات آهن و سطوح ppm ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کلیت آهن-آلیمت و ۳ سطح ppm ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ نانوذرات آهن+ آلیمت طراحی و انجام شد. طبق نتایج پارامترهای اندازه گیری شده در روز هچ، بهترین سطوح ppm ۲۵ نانوذرات آهن؛ ppm ۱۵۰ کلیت آهن-آلیمت و ppm ۱۰۰ نانوذرات آهن و آلیمت برای آزمایش اصلی تعیین شد. تیمارهای دوره انکوباسیون شامل: شاهد۱ (بدون تزریق)؛ شاهد۲ (محلول کلرید سدیم ۰/۹ درصد)؛ ppm ۲۵سولفات آهن؛ ppm ۲۵ نانوذرات آهن؛ ppm ۱۰۰آلیمت؛ ppm ۱۵۰کلیت آهن-آلیمت؛ ppm ۱۰۰نانوذرات آهن و آلیمت بودند.

دوره پرورش

بعد از تفریخ، فاکتورهای روز تفریخ شامل درصد جوجه‌درآوری، وزن جوجه و نسبت وزن جوجه به وزن تخم‌مرغ ارزیابی شدند. با توجه به اینکه وزن اولیه تخم‌مرغ‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند وزن اولیه تخم‌مرغ‌ها به عنوان متغیر همبسته برای صفات مورد ارزیابی در جدول ۱ در نظر گرفته شد. جوجه‌های هر تکرار وزن شده و به طور تصادفی به دو گروه تقسیم شدند. گروه اول به محض ورود به سالن (۶ساعت پس از تفریخ) و گروه دوم

[1]-ICP: Inductively Coupled Plasma

(۱۸ساعت بعد از تفریخ) با جیره پایه (حاوی ذرت، کنجاله سویا، روغن سویا، گلوتن ذرت، پودر صدف، مونوکلسیم فسفات، نمک، لایزین، متیونین، مکمل معدنی و ویتامینی) تغذیه شدند. جیره‌های آزمایشی طبق توصیه سویه راس در سه دوره (۰ تا ۱۰ روزگی، ۱۱ تا ۲۴ روزگی و ۲۵ تا ۴۲ روزگی) تنظیم شدند. همچنین میزان آهن جیره‌ها نیز با دستگاه جذب اتمی (مدل Shimadzu AA670) تجزیه شد (میزان آهن جیره آغازین، رشد و پایانی به ترتیب ۶۳، ۶۰ و ۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره). همچنین یک تیمار دیگر (۰/۰۰۲ گرم در کیلوگرم نانوذرات آهن در جیره) به آزمایش اضافه شد و برای مقایسه آن با تیمارهای تزریقی از مقایسات گروهی استفاده شد. بنابراین جوجه‌ها در دوره پرورش با ۱۶ تیمار و ۴ تکرار به صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی گروه‌بندی شدند. صفات عملکردی شامل خوراک مصرفی، افزایش وزن، شاخص تولید (فرمول۱) و ضریب تبدیل غذایی در پایان ۲۱ و ۴۲ روزگی اندازه‌گیری شدند. به منظور حذف اثر تعداد تلفات و محاسبه مقادیر واقعی صفات، تعداد جوجه‌ها در دوره‌های مورد بررسی به‌صورت معیار روزمرغ در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (2004) و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت.

فرمول (۱)

$$\text{شاخص} = \frac{\text{میانگین وزن} \times \text{درصد ماندگاری}}{\text{ضریب تبدیل غذایی} \times \text{روزهای پرورش}} \times ۱۰۰$$

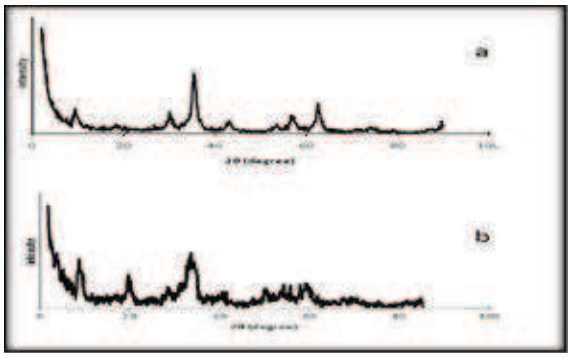
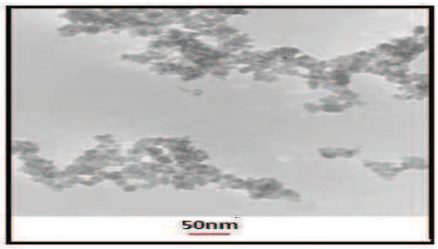
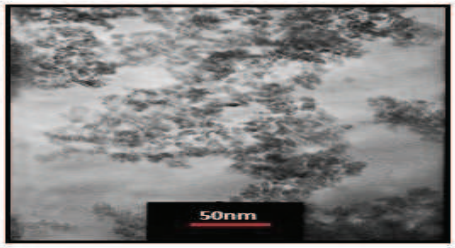


Fig1. (a), XRD of Iron nanoparticles. (b), XRD of Iron nanoparticles+Alimet

شکل ۱. a- نمای پراش اشعه ایکس نانوذرات آهن. b- نانوذرات آهن و الیمت



(a)



(b)

Fig 2. (a), TEM of Iron nanoparticles. (b), TEM of Iron nanoparticles+Alimet

شکل ۲- a- میکروسکوپ الکترونی (TEM) نانوذرات آهن. b- نانوذرات آهن و الیمت

نتایج

داده‌های جدول۱ نشان می‌دهد که تیمار حاوی تزریق کلیت نانوذرات آهن و آلیمت در مقایسه با تیمارهای سولفات آهن، نانوذرات آهن، آلیمت سبب افزایش معنی‌دار وزن جوجه‌ها شد ($P<۰/۰۵$)، اما با تیمارهای بدون تزریق و تزریق کلرید سدیم و آهن+الیمت تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>۰/۰۵$). همچنین با تزریق کلیت نانوذرات آهن و آلیمت، نسبت وزن جوجه به وزن تخم‌مرغ در مقایسه با سایر تیمارها به جز هر دو شاهد افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). در آزمایش حاضر تزریق محلول‌های آزمایشی به جز محلول کلرید سدیم و کلیت نانوذرات آهن+آلیمت موجب کاهش معنی‌دار درصد جوجه‌درآوری نسبت به گروه شاهد بدون تزریق شد ($P<۰/۰۵$). درصد جوجه‌درآوری در گروه‌های تزریق آهن+آلیمت افزایش معنی‌داری نسبت به گروه با تزریق سولفات آهن داشت ($P<۰/۰۵$).

جدول ۱ اثرات تیمارهای مختلف بر وزن تخم مرغ و پارامترهای روز تفریخ

Table 1. Effects of different treatments on egg weight and hatching day parameters

Effects	Egg weight (g)	Chick weight (g)	Chick weight/ Egg weight	Hatchability (%)
Control 1[1]	64.0^{cd}	43.19^{abc}	67.49^{ab}	86.96^{a}
Control 2[1]	64.6^{ab}	43.50^{ab}	67.33^{ab}	73.92^{ab}
Sulfate Fe	64.3^{bc}	40.20^{c}	62.53^{b}	56.52^{c}
Iron nanoparticles	63.7^{d}	40.61^{bc}	63.74^{b}	60.87^{bc}
Alimet	64.9^{a}	41.06^{bc}	63.27^{b}	68.48^{bc}
Iron+Alimet	64.7^{a}	42.76^{abc}	66.09^{b}	70.65^{b}
Iron nanoparticles+Alimet	63.9^{d}	45.45^{a}	71.14^{a}	73.91^{ab}
P value	<0.0001	0.015	0.01	0.003
SEM	0.117	0.98	0.048	4.34

Means with common superscripts in same column are not significantly different ($P<0.05$). [1]Control 1: without injection; Control 2: injected with 0.3 mL of NaCl 0.9%

اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد ۲۱-۱روزگی، ۴۲-۲۲ روزگی و کل دوره در جداول ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است. در ۴۲-۲۲ روزگی کمترین خوراک مصرفی به ترتیب در شاهد۲، نانوذرات آهن+آلیمت، نانوذرات آهن در جیره، آهن+آلیمت و سولفات آهن مشاهده شد. از طرفی نانوذرات آهن به تنهایی سبب افزایش مصرف خوراک در ۴۲-۲۲ روزگی و کل دوره شد (جدول ۳). همچنین در کل دوره تزریق کلیت نانوذرات آهن+آلیمت و همچنین نانوذرات آهن در جیره کاهش معنی‌داری در مقدار مصرف خوراک نسبت به تزریق آلیمت و نانوذرات آهن داشتند ($P<۰/۰۵$). ۶ ساعت گرسنگی سبب افزایش معنی‌دار نسبت به ۱۸ ساعت گرسنگی در خوراک مصرفی در دوره‌های آغازین، رشد و کل دوره شد ($P<۰/۰۵$). اما در اثرات متقابل بین اثرات اصلی و زمان تغذیه بر میزان خوراک مصرفی، میانگین افزایش وزن روزانه و وزن ۲۱ و ۴۲ روزگی در هر سه دوره تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در دوره آغازین تزریق نانوذرات آهن+آلیمت و استفاده از نانوذرات آهن در جیره نسبت به آلیمت و شاهد۱ سبب افزایش میانگین وزن روزانه شدند ($P<۰/۰۵$). این روند برای وزن ۲۱ روزگی نیز مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). ۶ ساعت گرسنگی نسبت به ۱۸ ساعت گرسنگی سبب افزایش معنی‌دار میانگین افزایش وزن در دوره آغازین و کل دوره شد ($P<۰/۰۵$).

در بررسی اثرات اصلی، نانوذرات آهن+آلیمت و نانوذرات آهن در جیره بهبود معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی نسبت به سایرین در دوره آغازین ایجاد کردند. همچنین در کل دوره بهبود معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی در اثر تغذیه نانوذرات آهن در جیره در مقایسه با شاهد۱ و ۲، سولفات آهن، نانوذرات آهن و آهن+آلیمت مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). زمان تغذیه در دوره‌های آغازین، رشد و کل دوره سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در ضریب تبدیل غذایی نشد ($P>۰/۰۵$). بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی در اثرات متقابل تیمار نانوذرات آهن در جیره و ۶ ساعت گرسنگی و مکمل آهن+آلیمت و ۱۸

ساعت گرسنگی در ۴۲-۲۲ روزگی مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). در کل دوره، اثر متقابل تزریق نانوذرات آهن+آلیمت و تیمار نانوذرات آهن در جیره با ۶ ساعت گرسنگی، در مقایسه با تیمارهای شاهد ۲، نانوذرات آهن و کلیت آهن-آلیمت با ۶ ساعت گرسنگی سبب بهبود معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی شدند ($P<۰/۰۵$).

اثرات اصلی نانوذرات آهن+آلیمت و نانوذرات آهن در جیره نیز سبب افزایش معنی‌دار شاخص تولید در دوره آغازین شد ($P<۰/۰۵$، جدول ۲). اما زمان تغذیه و اثرات متقابل آنها با تیمارها تفاوت معنی‌داری در شاخص تولید در هر سه دوره نشان ندادند.

جدول ۲- اثرات تیمارهای مختلف بر عملکرد جوجه‌های گوشتی از ۲۱-۱ روزگی

Table 2. Effects of different treatments on performance of broiler chickens from 1-21 d

Effects	FI[2] (g)	BWG[3] (g/d)	BW[4] (21 d) (g)	FCR[5]	PI[6] (%)
Control 1[1]	1120	30.1^{b}	675.9^{b}	1.66^{a}	189.5^{c}
Control 2[1]	1193	32.2^{ab}	719.6^{ab}	1.66^{a}	205.0^{bc}
Sulfate Fe	1158	32.5^{ab}	723.2^{ab}	1.62^{a}	206.7^{bc}
Iron nanoparticles	1144	32.3^{ab}	719.8^{ab}	1.59^{a}	205.4^{bc}
Alimet	1116	32.0^{b}	713.1^{b}	1.57^{a}	214.4^{bc}
Iron+Alimet	1152	33.5^{ab}	744.7^{ab}	1.55^{a}	227.3^{b}
Iron nanoparticles+Alimet	1096	35.6^{a}	791.8^{a}	1.39^{b}	264.2^{a}
Iron nanoparticles in diet	1130	35.7^{a}	791.8^{a}	1.42^{b}	261.5^{a}
P value	0.07	0.011	0.01	<0.0001	<0.0001
SEM	21.0	1.09	22.9	0.03	10.6
Post hatch fasting time					
6 h	1165^{a}	33.9^{a}	753.4^{a}	1.56	224.7
18 h	1112^{b}	32.1^{b}	716.6^{b}	1.56	218.8
P value	0.0008	0.028	0.028	0.66	0.43
SEM	10.5	0.54	11.5	0.02	5.28
Treatments					
Control 1+6 h	1103	30.5	682.9	1.62	197.8
Control 2+6 h	1185	31.4	700.9	1.69	193.6
Sulfate Fe+6 h	1220	34.9	772.5	1.60	223.9
Iron nanoparticles+6 h	1209	34.0	756.3	1.60	204.6
Alimet+6 h	1202	33.1	744.8	1.62	220.5
(Iron+Alimet)+6 h	1155	34.1	758.2	1.53	231.9
(Iron nanoparticles+Alimet) + 6 h	1102	36.9	818.8	1.36	230.5
Iron nanoparticles in diet+ 6 h	1145	35.7	792.7	1.45	234.3
Control 1+18 h	1137	29.8	668.9	1.70	183.3
Control 2+18 h	1200	33.1	738.3	1.63	216.5
Sulfate Fe+18 h	1096	30.2	674.0	1.63	189.4
Iron nanoparticles+18h	1079	30.6	683.3	1.58	206.2
Alimet+18 hours	1029	30.5	681.4	1.52	208.4
(Iron+Alimet)+18 h	1149	32.9	731.2	1.58	222.8
(Iron nanoparticles+Alimet)+18 h	1090	34.4	764.8	1.43	234.2
(Iron nanoparticles in diet)+18 h	1114	35.6	791.0	1.41	246.1
P value treatment ×time	0.06	0.49	0.5	0.43	0.64
SEM	29.7	1.54	32.4	0.05	14.9
P value contrast*					
1	NS	NS	NS	0.024	NS
2	NS	NS	NS	0.024	0.022
3	NS	NS	NS	NS	NS
4	NS	NS	NS	NS	NS

[1]Control 1: without injection; Control 2: injected with 0.3 mL of NaCl 0.9%; [2]Feed intake; [3]Body weight gain/day; [4]Body weight; [5]Feed conversion ratio; [6]Production index; [a, b,...] Means with common superscripts in same column are not significantly different ($P<0.05$). SEM: standard error of the means. *Contrast: 1, Sulfate Fe with Iron nanoparticles in diet; 2, Iron nanoparticles with Iron nanoparticles in diet; 3,Iron+Alimet with Iron nanoparticles in diet; 4, Iron nanoparticles+Alimet with Iron nanoparticles in diet.

جدول ۳- اثرات تیمارهای مختلف بر عملکرد جوجه‌های گوشتی از ۴۲-۲۲ روزگی

Table 3. Effects of different treatments on performance of broiler chickens from 22-42 days of age

Effects	FI[2] (g)	BWG[3] (g)	BW[4] (42d) (g)	FCR[5]	PI[6] (%)
Control 1[1]	3614^{abc}	85.4	2464.8	2.03	569.9
Control 2[1]	3293^{d}	82.4	2350.7	1.91	582.0
Sulfate Fe	3455^{bcd}	84.8	2504.4	1.91	558.7
Iron nanoparticles	3819^{a}	91.6	2642.7	2.00	580.7
Alimet	3719^{ab}	93.3	2671.8	1.91	664.2
Iron + Alimet	3517^{bcd}	85.0	2529.0	1.98	614.9
Iron nanoparticles + Alimet	3411^{cd}	85.5	2578.2	1.91	620.5
Iron nanoparticles in diet	3483^{bcd}	90.0	2681.9	1.85	629.8
P value	0.003	0.24	0.114	0.22	0.5
SEM	88.4	3.28	68.8	0.05	37.2
Post hatch fasting time					
6 h	3642^{a}	88.7	2616.3^{a}	1.96	607.6
18 h	3433^{b}	85.8	2517.7^{b}	1.92	597.6
P value	0.002	0.21	0.049	0.21	0.71
SEM	44.2	1.63	34.4	0.02	18.6
Treatments					
Control 1+6 h	3700	90.6	2585.7	1.95^{abcd}	618.3
Control 2+6 h	3487	84.4	2473.9	1.97^{abcd}	561.5
Sulfate Fe+6 h	3489	84.5	2547.5	1.97^{abcd}	559.2
Iron nanoparticles+6 h	3966	91.3	2673.8	2.07^{abc}	558.6
Alimet+6 h	3889	97.4	2789.4	1.91^{abcd}	682.5
(Iron+Alimet) + 6 h	3688	81.4	2467.0	2.13^{a}	554.5
(Iron nanoparticles + Alimet) + 6 h	3544	89.7	2702.5	1.89^{bcd}	662.0
Iron nanoparticles in diet+ 6 h	3436	90.3	2690.0	1.81^{d}	663.9
Control 1+18 h	3528	80.1	2351.1	2.11^{ab}	521.5
Control 2+18 h	3099	80.4	2427.5	1.85^{cd}	602.6
Sulfate Fe+18 h	3401	85.1	2461.3	1.91^{abcd}	558.2
Iron nanoparticles+18 h	3680	91.8	2611.3	1.92^{abcd}	602.8
Alimet+18 hours	3550	89.2	2554.2	1.91^{abcd}	645.9
(Iron+Alimet) +18 h	3400	88.5	2590.4	1.83^{d}	674.9
(Iron nanoparticles+Alimet) +18 h	3278	81.3	2471.9	1.93^{abcd}	579.1
(Iron nanoparticles in diet) + 18 h	3530	89.7	2673.8	1.90^{bcd}	595.7
P value treatment ×time	0.63	0.57	0.54	0.03	0.43
SEM	125.0	4.63	97.4	0.07	52.7
**P* value contrast					
1	NS	NS	NS	0.01	NS
2	NS	NS	0.005	0.002	NS
3	NS	NS	NS	NS	NS
4	NS	NS	NS	NS	NS

[1]Control 1: without injection; Control 2: injected with 0.3 mL of NaCl 0.9%; [2]Feed intake; [3]Body weight gain/day; [4]Body weight; [5]Feed conversion ratio; [6]Production index; [a, b,..] Means with common superscripts in same column are not significantly different (P<0.05). SEM: standard error of the means. *Contrast: 1, Sulfate Fe with Iron nanoparticles in diet; 2, Iron nanoparticles with Iron nanoparticles in diet; 3,Iron+Alimet with Iron nanoparticles in diet; 4, Iron nanoparticles+Alimet with Iron nanoparticles in diet.

جدول ۴- اثرات تیمارهای مختلف بر عملکرد جوجه‌های گوشتی از ۴۲-۱ روزگی

Table 4. Effects of different treatments on performance of broiler chickens from 1-42 days of age

Effects	FI[2] (g)	BWG[3] (g)	BW[4] (g)	FCR[5]	PI[6]
Control 1[1]	4734^{abc}	57.8	2425.5	1.96^{a}	282.4
Control 2[1]	4485^{c}	57.3	2408.0	1.87^{abc}	289.0
Sulfate Fe	4603^{bc}	58.7	2463.8	1.87^{abc}	277.6
Iron nanoparticles	4963^{a}	61.9	2601.1	1.91^{ab}	286.7
Alimet	4835^{ab}	62.6	2630.2	1.85^{bcd}	332.9
Iron + Alimet	4669^{bc}	59.2	2486.8	1.88^{abc}	313.3
Iron nanoparticles + Alimet	4507^{c}	60.6	2586.8	1.78^{cd}	318.3
Iron nanoparticles in diet	4613^{c}	62.8	2639.2	1.75^{d}	325.3
P value	0.006	0.11	0.11	0.003	0.11
SEM	89.5	1.64	68.8	0.04	16.0
Post hatch fasting time					
6 h	4807^{a}	61.3^{a}	2574.0^{a}	1.87	303.4
18 h	4545^{b}	58.9^{b}	2475.5^{b}	1.84	303.0
Treatments					
P value	0.0001	0.049	0.049	0.27	0.97
SEM	44.8	0.82	34.4	0.02	8.0
Control 1+6 h	4803	60.5	2534.3	1.89^{abcde}	305.0
Control 2+6 h	4672	57.9	2431.6	1.92^{abcd}	276.2
Sulfate Fe+6 h	4709	59.7	2507.2	1.88^{abcde}	281.3
Iron nanoparticles+6 h	5167	62.7	2631.6	1.97^{abc}	264.1
Alimet+6 h	5091	65.4	2748.4	1.86^{bcde}	345.1
(Iron+Alimet) + 6 h	4789	57.7	2424.9	1.98^{ab}	286.3
(Iron nanoparticles + Alimet) + 6 h	4646	63.3	2658.3	1.75^{e}	331.5
Iron nanoparticles in diet+ 6 h	4581	63.0	2647.4	1.73^{e}	334.5
Control 1+18 h	4665	55.0	2308.8	2.03^{a}	259.8
Control 2+18 h	4299	56.8	2384.4	1.81^{cde}	301.8
Sulfate Fe+18 h	4493	57.6	2420.4	1.86^{bcde}	273.9
Iron nanoparticles+18 h	4759	61.2	2570.6	1.86^{bcde}	309.2
Alimet+18 hours	4579	59.8	2512.1	1.84^{bcde}	320.7
(Iron+Alimet) +18 h	4549	60.7	2548.7	1.78^{de}	340.3
(Iron nanoparticles+Alimet) +18 h	4368	57.8	2428.1	1.81^{cde}	305.2
(Iron nanoparticles in diet) + 18 h	4644	62.6	2631.0	1.78^{de}	316.1
P value treatment ×time	0.46	0.54	0.54	0.034	0.27
SEM	126.6	2.32	97.3	0.05	22.6
*P value contrast					
1	NS	NS	0.036	NS	NS
2	NS	NS	0.036	NS	NS
3	NS	NS	0.0009	NS	NS
4	NS	NS	NS	NS	NS

[1]Control 1: without injection; Control 2: injected with 0.3 mL of NaCl 0.9%; [2]Feed intake; [3]Body weight gain/day; [4]Body weight; [5]Feed conversion ratio; [6]Production index; [a, b,..] Means with common superscripts in same column are not significantly different (P<0.05). SEM: standard error of the means. *Contrast: 1, Sulfate Fe with Iron nanoparticles in diet; 2, Iron nanoparticles with Iron nanoparticles in diet; 3,Iron+Alimet with Iron nanoparticles in diet; 4, Iron nanoparticles+Alimet with Iron nanoparticles in diet.

جدول ۵- اثرات تیمارهای مختلف بر درصد تلفات در ۲۱ و ۴۲ روزگی و کل دوره

Table 5. Effects of different treatments on mortality percent at 21, 42 and entire period

Effects	1-21	22-42	1-42
Control 1[1]	2.4	2.8	4.9[bcd]
Control 2[1]	1.3	6.8	6.3[abcd]
Sulfate Fe	3.6	9.2	11.3[ab]
Iron nanoparticles	4.9	8.9	12.4[a]
Alimet	1.4	1.8	3.0[cd]
Iron + Alimet	1.3	0	1.3[d]
Iron nanoparticles + Alimet	2.8	5.1	7.3[abcd]
Iron nanoparticles in diet	1.4	9.4	9.7[abc]
P value	0.7	0.1	0.008
SEM	1.64	2.66	2.21
Post hatch fasting time			
6 h	3.7[a]	5.1	8.03
18 h	1.1[b]	5.7	6.06
P value	0.03	0.75	0.21
SEM	0.82	1.33	1.15
Treatments			
Control 1+6 h	2.5	2.5	4.8
Control 2+6 h	2.5	6.7	8.4
Sulfate Fe+6 h	3.6	9.2	11.3
Iron nanoparticles+6 h	9.8	9.2	17.1
Alimet+6 h	0	3.6	3.1
(Iron+Alimet) + 6 h	2.5	0	2.5
(Iron nanoparticles + Alimet) + 6 h	2.8	3.6	8.7
Iron nanoparticles in diet+ 6 h	2.8	6.3	8.3
Control 1+18 h	2.3	3.1	5.1
Control 2+18 h	0	5.6	5.0
Sulfate Fe+18 h	3.6	9.2	11.3
Iron nanoparticles+18 h	0	8.6	7.3
Alimet+18 hours	2.8	0	2.8
(Iron+Alimet) +18 h	0	0	0
(Iron nanoparticles+Alimet) +18 h	0	6.7	5.9
(Iron nanoparticles in diet) + 18 h	0	12.5	11.1
P value treatment ×time	0.06	0.95	0.65
SEM	2.32	3.77	3.12
**P* value contrast			
1	NS	NS	NS
2	0.037	NS	NS
3	NS	NS	NS
4	NS	NS	NS

[1]Control 1: without injection; Control 2: injected with 0.3 mL of NaCl 0.9%; [2]Feed intake; [3]Body weight gain/day; [4]Body weight; [5]Feed conversion ratio; [6]Production index; [a, b,...] Means with common superscripts in same column are not significantly different ($P<0.05$). SEM: standard error of the means. *Contrast: 1, Sulfate Fe with Iron nanoparticles in diet; 2, Iron nanoparticles with Iron nanoparticles in diet; 3,Iron+Alimet with Iron nanoparticles in diet; 4, Iron nanoparticles+Alimet with Iron nanoparticles in diet.

همانطور که جدول ۵ نشان می‌دهد در دوره‌های ۲۱-۱روزگی و ۴۲-۲۲روزگی درصد تلفات بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. اما در کل دوره تزریق محلول سولفات آهن-اَلیمت سبب شد درصد تلفات در مقایسه با تزریق سولفات آهن، نانوذرات آهن و نانوذرات آهن در جیره کاهش یابد ($P<۰/۰۵$).

نتایج مربوط به مقایسات گروهی

سطح معنی‌داری مقایسات گروهی ۲۱ روزگی در جدول ۲ نشان داد که ضریب تبدیل غذایی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای تزریقی سولفات آهن و نانوذرات آهن با تیمار نانوذرات آهن در جیره داشت ($P<۰/۰۵$). همچنین تفاوت معنی‌داری در شاخص تولید (جدول ۲) و درصد تلفات (جدول ۵) ۲۱ روزگی در تفاوت بین تزریق نانوذرات آهن و مصرف نانوذرات آهن در جیره مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). سطح معنی‌داری مقایسات گروهی در جدول ۳ نشان داد وزن ۴۲ روزگی در تیمار تزریقی نانوذرات آهن با تیمار حاوی نانوذرات آهن در جیره تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P<۰/۰۵$). همچنین ضریب تبدیل غذایی تفاوت معنی‌داری با تیمارهای تزریق سولفات آهن و نانوذرات آهن با تیمار نانوذرات آهن در جیره داشت ($P<۰/۰۵$). سطح معنی‌داری مقایسات گروهی وزن کل دوره در جدول ۴ نشان داد که تیمارهای تزریقی سولفات آهن، نانوذرات آهن و کلیت آهن-اَلیمت تفاوت معنی داری با تیمار ۸ حاوی نانوذرات آهن در جیره دارند ($P<۰/۰۵$).

بحث

همانطور که نتایج این آزمایش نشان داد تیمار حاوی تزریق کلیت نانوذرات آهن+ اَلیمت در مقایسه با تیمارهای سولفات آهن، نانوذرات آهن، اَلیمت سبب افزایش معنی‌دار وزن جوجه‌ها شد، اما با تیمارهای شاهد مثبت و منفی و آهن+الیمت تفاوت معنی‌داری نداشت. در واقع می‌توان این طور استنباط کرد که تزریق اَلیمت و نانوذرات آهن و سولفات آهن به تنهایی نتوانستند بر حالت‌های بدون تزریق و تزریق کلرید سدیم غلبه داشته و سبب افزایش وزن جوجه‌ها شوند، اما در حالت ترکیب نانوذرات آهن با اَلیمت اثر همکوشی این دو ترکیب سبب افزایش وزن جوجه‌ها در روز هچ شده است. از طرفی تحقیقات نشان داده‌اند که تزریق محلول اسیدهای آمینه سبب افزایش وزن جوجه‌های تفریخ شده نسبت به شاهد شده‌اند (موسوی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Al-Murrani, 1982؛ Ohta *et al.*, 1999). تغذیه در اواخر دوره جنینی جوجه‌های گوشتی با محلول کربوهیدرات و بتا هیدروکسی متیل بوتیرات (Uni *et al.*, 2005) و ال-کارنیتین (Shafey *et al.*, 2010) نیز سبب افزایش وزن جوجه‌ها در روز تفریخ شد. در واقع افزایش وزن بیشتر جوجه‌های تفریخ شده در اثر تزریق متیونین مایع در کیسه زرده می‌تواند ناشی از افزایش مصرف این اسیدآمینه به‌وسیله جنین و تحریک رشد بافت‌ها حاصل شده باشد، زیرا قسمت عمده وزن جنین ناشی از پروتئین می‌باشد (Al-Murrani, 1978). نتایج جدول ۱ نشان داد تزریق موجب کاهش معنی‌دار درصد جوجه‌درآوری شده است. در واقع بیشترین درصد جوجه‌درآوری را شاهد ۱ (۸۶/۹۶ درصد) و شاهد ۲ (۷۳/۹۲ درصد) و پس از آنها تیمار حاوی نانوذرات آهن+اَلیمت (۷۳/۹۱ درصد) داشتند که تا حد زیادی ناشی از وزن بیشتر تخم‌مرغ در روز اول انکوباسیون است. می‌توان این طور استنباط کرد که زمانی که نانوذرات آهن با متیونین مایع ترکیب می‌شوند اثر همکوشی آنها افزایش یافته است.

افزایش وزن بیشتر و ضریب تبدیل غذایی بهتر با تزریق محلول نانوذرات آهن+اَلیمت و نانوذرات آهن در جیره مشاهده شد که گویای این مطلب است تغذیه زود-هنگام ترکیب اَلیمت و نانوذرات آهن سبب جذب بهتر این مواد و عملکرد بهتر جوجه‌ها شده است. این ادعا با نتایج مورفولوژی روده (افزایش ارتفاع پرز روده و مساحت سطح بیشتر در تیمارهای تیمارهای نانوذرات آهن+الیمت و نانوذرات آهن درجیره) و همچنین هیستولوژی ماهیچه سینه (افزایش میوفیبریل ماهیچه سینه در تیمارهای مذکور) (داده‌های گزارش نشده از این آزمایش) نیز تایید شده است. گزارش شده که تغذیه جوجه‌های گوشتی با نانوذرات اکسید روی در جیره سبب بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی و کاهش مصرف خوراک شد (Ahmadi *et al.*, 2013). اما محققین دیگر (Yang *et al.*, 2011) اثر مکمل مس، آهن، روی و منگنز را در جیره‌های بر پایه سویا و ذرت بر عملکرد، کیفیت گوشت و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی بررسی نمودند. به طوری که این

مواد معدنی سبب بهبود عملکرد نشدند، ولی در کیفیت گوشت و ظرفیت نگهداری آب در عضله سینه و ران تاثیرگذار بود.

در این تحقیق تزریق نانوذرات آهن+آلیمت و نانوذرات آهن در جیره در مقایسه با تیمارهای بدون تزریق و آلیمت سبب افزایش وزن ۲۱ روزگی شد که تا حدودی با نتایج محقق دیگر (Al-Murrani, 1978) که نشان داد تزریق محلول اسید آمینه در تخم مرغ مادر گوشتی سبب افزایش وزن جوجه‌ها در ۱ و ۵۶ روزگی می‌شود، مشابهت دارد. همچنین تحقیق دیگر (Gaafar and Selim, 2013) نیز اثر تزریق دو سطح مخلوط اسید آمینه را بر عملکرد جوجه اردک‌ها بررسی نمودند و بهبود عملکرد را مشاهده نمودند. در راستای تزریق اسیدآمینه در کیسه زرده مشخص شده که با تجمع اسید آمینه در بافت و تولید پروتئین بیشتر، افزایش وزن در جوجه‌ها رخ داده است (Ohta *et al.*, 2001). از طرفی تزریق اسید آمینه به کیسه زرده سبب تحریک جذب اسید آمینه به‌وسیله جنین شده و به‌دنبال آن وزن جوجه‌های تفریخ شده بیشتر می‌شود (Ohta *et al.*, 2001). برخی تحقیقات نیز نشان داده‌اند که زرده‌های بزرگتر باعث رشد بیشتر جنین شدند (Spratt and Leeson, 1987). اثرات تزریق ال-ترئونین در تخم-مرغ‌های مادر گوشتی نیز بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی را نشان داد (Salmanzadeh *et al.*, 2011). اثرات تزریق مواد مغذی مختلف از جمله کربوهیدرات و اسیدآمینه بهبود ضریب تبدیل غذایی را در جوجه‌های گوشتی سبب شدند (Chamani *et al.*, 2012). وزن بیشتر جوجه‌ها با تزریق محلول‌های تغذیه‌ای از جمله مواد معدنی (۱۶۰ میکروگرم آهن) مشاهده شده بود (Bakyaraj *et al.*, 2012) که این محققین علت آن را افزایش ایمنی جوجه‌ها بیان نمودند.

نتیجه‌گیری کلی

با پیشرفت سریع نانوفناوری در علوم کشاورزی و دامپروری، امکان استفاده از منابع و مکمل‌های نانو با زیست فراهمی بیشتر در تغذیه طیور در حال تحقیق و بررسی می‌باشند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در کل دوره، بهبود معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای "تزریق نانوذرات آهن+آلیمت" و "نانوذرات آهن در جیره با ۶ ساعت گرسنگی یا تغذیه زود هنگام" بدست آمد. همچنین تزریق "نانوذرات آهن+آلیمت" و استفاده از "نانوذرات آهن در جیره"، شاخص تولید را در دوره آغازین به طور معنی‌داری افزایش داد. با این وجود برای تعیین و توصیه سطح و ترکیب نانوی مناسب جهت افزایش راندمان تولیدی، آزمایشات بیشتری باید انجام شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از ریاست محترم دانشکده کشاورزی، مسئولین محترم مزرعه عباس‌آباد و جناب آقای دکتر رفعتی استاد محترم گروه شیمی فیزیک دانشکده شیمی دانشگاه بوعلی سینای همدان جهت همکاری در ساخت ترکیبات اولیه در آزمایشگاه تخصصی تشکر می‌نمایند.

فهرست منابع

موسوی س. ن.، شیوازاد م.، چمنی م.، لطف اللهیان ه. و صادقی ع. ا. ۱۳۹۰. اثرات تزریق اسیدهای آمینه، کربوهیدرات و اسید بوتیریک در تخم‌مرغ‌های جوجه‌کشی بر ریخت‌شناسی روده و عملکرد جوجه‌های گوشتی. مجله علوم دامی ایران. ۴۲ (۲): ۱۶۰-۱۵۳.

Abdel-Monem M. M. 1996. Salts of alfa-hydroxy aliphatic carboxylic acids and thereof. Patent. US 5583243.

Al-Murrani W. K. 1978. Maternal effects on embryonic and post embryonic in poultry. British Poultry Science, 19: 277-281.

Al-Murrani W. K. 1982. Effect of injecting amino acids into the egg on embryonic and subsequent growth in the domestic fowl. British Poultry Science, 23: 171-174.

Ahmadi F. and Rahimi F. 2010. The effect of different levels of nanosilver on performance and retention silver in edible tissue of broilers. World Applied Science Journal, 12: 1-4.

Ahmadi F., Ebrahimnezhad Y., Maheri Sis N. and Ghiasi Ghalehkandi J. 2013. The effects of zinc oxide nanoparticles on performance, digestive organs and serum lipid concentrations in broiler chickens during starter period. International Journal of Biosciences, 3(7): 23-29.

Bakyaraj S., Bhanja S.K., Majumdar S. and Dash B. 2012. Modulation of post-hatch growth and immunity through *in ovo* supplemented nutrients in broiler chickens. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92: 313-320.

Bhanja S. K., Mandal A. B. and Goswami T. K. 2004. Effect of *in ovo* injection of amino acids on growth, immune response, development of digestive organs and carcass yields of broiler. Indian Journal of Poultry Science, 39(3): 212-218.

Bess F., Vieira S. L., Favero A., Cruz R. A. and Nascimento P. C. 2012. Dietary iron effects on broiler breeder performance and egg iron contents. Animal Feed Science and Technology, 178: 67-73.

Chamani M., Tasharrofi S. H. Forudi F. Sadeghi A. A. and Aminafshar M. 2012. Evaluation the effects of *in-ovo* injection of different nutrients on hatch percentage, performance and carcass parameters of broilers. Annals of Biological Research, 3(7): 3771-3776.

Dibner J. J. 2003. Review of the metabolism of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid. World's Poultry Science Journal, 59: 99-110.

dos Santos T. T., Corzo A., Kidd M. T., McDaniel C. D., Torres Filho R. A. and Araújo L. F. 2010. Influence of *in ovo* inoculation with various nutrients and egg size on broiler performance". Journal of Applied Poultry Research, 19: 1-12.

Feng J., Ma W. Q., Xu Z. R., He J. X., Wang Y. Z. and Liu J. X. 2009. The effect of iron glycine chelate on tissue mineral levels, fecal mineral concentration, and liver antioxidant enzyme activity in weanling pigs". Animal Feed Science and Technology, 150: 106-113.

Feng J., Ma W. Q., Xu Z. R., Wang Y. Z., and Liu J. X. 2007. Effects of iron glycine chelate on growth, haematological and immunological characteristics in weaning pigs. Animal Feed Science and Technology, 134: 261-272.

Gaafar K. and Selim S. 2013. Effect of *in-ovo* administration with two levels of amino acids mixture on the performance of newly hatched muscovy ducklings". Emirates Journal of Food and Agriculture, 25(1): 1-9.

Harvey J. W. 2000. Microcytic anemia. In: Feldman, B.F., Zinkl, J.G., Jain, N.C. (Eds.), Schalm's Veterinary Hematology, fifth ed. Lippincott, Williams and Wilkins, Philadelphia, pp. 201–20.

Jang J. H. and Lim H. B. 2010. Characterization and analytical application of surface modified magnetic nanoparticles. Microchemical Journal, 94 (2): 148-158.

Kim G. B., Seo Y. M., Shin K. S., Rhee A. R., Han J. and Paik I. K. 2011. Effects of supplemental copper-methionine chelate and copper-soy proteinate on the performance, blood parameters, liver mineral content, and intestinal microflora of broiler chickens. Journal of Applied Poultry Research, 20: 21-32.

Marinescu G., Patron L., Culita D. C., Neagoe C., Lepadatu C. I. Balint I., Bessais L. and Cizmas C. B. 2006. Synthesis of magnetite nanoparticles in the presence of aminoacids. Journal of Nanoparticle Research, 8: 1045-1051.

Miles R. D. 2000. Trace minerals and avian embryo development. Ciência Animal Brasileira, 2(1): 1-10.

Nikonova I. N., Yu G., Folmanisb G. E., Folmanisb L. V., Kovalenkob G., Yu Lapteva I. Egorovc A., Fisininc V. I. and Tananaevd I. G. 2011. Iron Nanoparticles as a Food Additive for Poultry. Doklady Biological Sciences, 440: 328–331.

Nollet L., Huyghebaert G. and Spring P. 2008. Effect of different levels of dietary organic (bioplex) trace minerals on live performance of broiler chickens by growth phases. Journal of Applied Poultry Research, 17: 109-115.

Noori A., Parivar K., Modaresi M., Messripour M., Yousefi M. H. and Amiri G. R. 2011. Effect of magnetic iron oxide nanoparticles on pregnancy and testicular development of mice. African Journal of Biotechnology, 10(7): 1221-1227.

Noy Y. and Uni Z. 2010. Early nutritional strategies. World Poultry Science Journal, 66: 639-645.

Ohta K. and Kidd M. T. 2001. Optimum site for *in ovo* amino acid injection in broiler breeder eggs. Poultry Science, 80: 1425-1429.

Ohta K., Tannahill D., Yoshida K., Johnson A. R., Cook G. M. W. and Keynes R. J. 1999. Embryonic lens repels retinal ganglion cell axons. Development Biology, 211: 124-132.

Ohta Y., Kidd M. T. and Ishibashi T. 2001. Embryo growth and amino acid concentration profiles of broiler breeder eggs, embryos, and chicks after *in ovo* administration of amino acids. Poultry Science, 80: 1430-1436.

Richards M. P. 1997. Trace mineral metabolism in the avian embryo. Poultry Science, 76: 152-164.

Salata O. V. 2004. Applications of nanoparticles in biology and medicine. Journal of Nanobiotechnology, 2: 3.

SAS, 2004. Institute, SAS user's Guide: Statistics Version 9.2. SAS Institute Inc, Cary, NC.

Sawosza E., Bineka M., Grodzika M., Zieliñskaa M., Szmidt P., Niemiec M. and Chwalibog A. 2007. Influence of hydro colloidal silver nanoparticles on gastrointestinal micro flora and morphology of enterocytes of quails. Animal Nutrition, 61: 444-451.

Shafey T. M., Al-Batshan H. A., Al-Owaimer A. N. and Al-Samawei K. A. 2010. Effects of *in ovo* administration of L-carnitine on hatchability performance, glycogen status and insulin-like growth factor-1 of broiler chickens. British Poultry Science, 51: 122-131.

Spratt R. S., and Leeson S. 1987. Effect of protein and energy intake of broiler breeder hens on performance of broiler chicken offspring. Poultry Science, 66: 1489-1494.

Tako E. and Glahn R. P. 2011. Iron status of the late term (*Gallus gallus*) embryo and hatchling. International Journal Poultry Science, 10: 42-48.

Tako E., Ferket P. R. and Uni Z. 2005. Changes in chicken intestinal zinc exporter mRNA expression and small intestinal functionality following intra-amniotic zinc-methionine administration. Journal of Nutritional Biochemistry, 16: 339-346.

Uni Z., Ferket P. R., Tako E. and Kedar O. 2005. *In ovo* feeding improves energy status of late-term chicken embryos. Poultry Science, 84: 764-770.

Wang Y. 2009. Differential effects of sodium selenite and nano-se on growth performance, tissue se distribution, and glutathione peroxidase activity of avian broiler. Biological Trace Element Research, 128: 184-190.

Yair R. and Uni Z. 2011. Content and uptake of minerals in the yolk of broiler embryos during incubation and effect of nutrient enrichment. Poultry Science, 90: 1523-1531.

Yang X. J., Sun X. X., Li C. Y., Wu X. H. and Yao J. H. 2011. Effects of copper, iron, zinc, and manganese supplementation in a corn and soybean meal diet on the growth performance, meat quality, and immune responses of broiler chickens. Journal of Applied Poultry Research, 20(3): 263-271.

Yi G. F., Gaines A. M., Ratliff B. W., Srichana P., Allee G. L., Perryman K. R. and Knight C. D. 2006. Estimating the true ileal digestible lysine and sulfur amino acid requirement and comparison of the bio efficacy of 2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid and DL-methionine in eleven- to twenty-sixkilogram nursery pigs. Journal of Animal Science, 84: 1709-1721.

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.

Animal Production Research
Vol. 3, No. 3, 2014 (57-71)

University of Guilan

Effect of iron nanoparticles and liquid methionine (Alimet) *in ovo* feeding and diet on broiler chicken performance

A. A. Saki[1*], M. Abbasinezhad[2], A. Ahmadi[3]

1. Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2. PhD in Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
3. Assistant professor Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

(Received: 26-11-2013 – Accepted: 9-6-2014)

Abstract

An experiment was conducted with 644 Ross strain fertilized eggs in 8 treatments and 4 replicates. Experimental treatments were: 1-(without any injection) control; 2-Injection of sodium chloride 0.9 percent) control; 3- Injection of 25ppm Iron sulphate (III); 4- Injection of 25ppm Iron nanoparticle; 5- injection of 100ppm Alimet (liquid methionine); 6- Injection of 150ppm Iron-Alimet chelate; 7- Injection of 100ppm Iron nanoparticle and Alimet and 8- Adding of 0.002g/kg Iron nanoparticles to diet. On the day of incubation, the yolk sac of *in ovo* injection groups was identified by candling and 0.3 mL of each *in ovo* solution was injected. Treatments receiving iron nanoparticles+Alimet chelate significantly increased post-hatch chicken weight compared to treatments receiving iron, iron nanoparticles and Alimet ($P<0.05$). Also iron nanoparticles+Alimet increased chick weight to egg weight ratio compared to all other treatments except for two control treatments. All *in ovo* injection treatments except for iron nanoparticles+Alimet chelate significantly decreased percentage hatchability ($P<0.05$). There was a significant improvement in feed conversion ratio of in ovo iron nanoparticles+Alimet injected compared to other treatments during starter period ($P<0.05$). *In ovo* injection of iron nanoparticles+Alimet and dietary supplementation of iron nanoparticles significantly increased production index at 1-21 d of age ($P<0.05$). In total results indicated that injection of iron nanoparticles+Alimet in hatching fertile eggs improved performance parameters in broilers.

Keywords: Embryonic feeding, Broilers, Performance, Liquid methionine Iron nanoparticles

* Corresponding author: dralisaki@yahoo.com