

اثر نانو اکسید مس و الیگوساکارید مانان بر گوارش پذیری مواد مغذی و عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی

شهین ثابت سروسستانی^{۱*} محمد رضا رضوانی^۲ محمد جواد ضمیری^۲ شهرام شکر فروش^۳ هادی آتشی^۲ نجمه مصلح^۴

۱) دانش آموخته تغذیه دام دانشگاه شیراز، شیراز- ایران

۲) بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز- ایران

۳) بخش بهداشت و کنترل مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز، شیراز- ایران

۴) بخش علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز، شیراز- ایران

(دریافت مقاله: ۲۱ آذر ماه ۱۳۹۴، پذیرش نهایی: ۵ اسفند ماه ۱۳۹۴)

چکیده

زمینه مطالعه: به دنبال ممنوعیت استفاده از محرک‌های رشد آنتی بیوتیک در بسیاری از کشورهای جهان، علاقه زیادی به پیدا کردن جانشین مناسب برای آنتی بیوتیک‌ها در تولیدات پرندگان به وجود آمد. هدف: هدف از این پژوهش بررسی اثر دو سطح از نانو مس (۰ و ۱۰۰ mg/kg) و دو سطح از الیگوساکارید مانان (۰ و ۱) به عنوان محرک‌های رشد طبیعی بر گوارش پذیری مواد مغذی و عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی است. روش کار: در انتهای هفته دوم پرورش، ۱۶۰ قطعه جوجه گوشتی از سویه تجاری کاب ۵۰۰، به چهار تیمار تقسیم شدند. به ازای هر تیمار چهار تکرار و در هر تکرار ۱۰ قطعه جوجه قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل (۲×۲)، در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. نتایج: تفاوت معنی‌داری در گوارش پذیری مواد مغذی و عملکرد رشد بین پرندگانی که مکمل‌های مورد آزمایش را خوردند با گروه شاهد مشاهده نشد (P>0/05). نتیجه‌گیری نهایی: الیگوساکارید مانان و نانو مس بر عملکرد رشد و گوارش پذیری مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی اثر معنی‌داری نداشت. در دوزهای مصرفی، استفاده همزمان از مس و الیگوساکارید مانان نیز اثر مثبتی بر صفات مورد بررسی در جوجه‌های گوشتی نداشت.

واژه‌های کلیدی: جوجه گوشتی، گوارش پذیری، عملکرد رشد، الیگوساکارید مانان، نانو مس

مقدمه

اگرچه کاربرد آنتی‌بیوتیک‌ها در صنعت پرندگان، سبب ۳ تا ۵٪ افزایش در رشد و کارایی تبدیل خوراک شد، اما به علت خطر گسترش باکتری‌های بیماری‌زای مقاوم به آنتی بیوتیک که تهدیدی برای سلامت انسان هستند، اتحادیه اروپا کاربرد این ترکیبات را در جیره پرندگان ممنوع کرد. به دنبال ممنوعیت استفاده از محرک‌های رشد آنتی‌بیوتیک در بسیاری از کشورهای جهان، علاقه زیادی به پیدا کردن جانشین مناسب برای این ترکیبات به وجود آمد (۴۱). نمک‌های معدنی آلی و غیر آلی یکی از جایگزین‌های پیشنهادی آنتی بیوتیک‌ها هستند که از راه افزایش مصرف خوراک و یا فعالیت ضد میکربی خود به عنوان محرک رشد عمل می‌کنند (۱۴). آرسنیک، کادمیوم، مس، جیوه، نقره و روی عناصری با ویژگی‌های ضد میکربی قوی هستند. در این میان، عنصر مس به لحاظ زیست محیطی و ویژگی‌های ضد قارچی، ضد باکتریایی و حتی ضد ویروسی اهمیت بیشتری دارد (۱۹). مس یک ماده معدنی کمیاب ضروری است و به عنوان یک کوفاکتور برای بسیاری از آنزیم‌های مؤثر در فرآیندهای زیستی بدن ضروری است (۱۲). اگرچه، نیاز غذایی جوجه‌های گوشتی به مس ۸ mg/kg است، اما دوزهای بالاتر مس به عنوان محرک رشد به جیره غذایی اضافه می‌شود (۳۰). افزودن مس بیشتر از سطح احتیاجات به جیره، سبب کاهش گوارش پذیری و جذب مس در بدن، تجمع در کود و آلودگی زیست محیطی می‌شود. همچنین آثار ضد میکربی مطلوبی که مس در دستگاه گوارش می‌گذارد، تبدیل به آثار

ضدمیکربی نامطلوب بر باکتری‌های مؤثر در تجزیه ضایعات در تالاب‌ها و فاضلاب‌ها می‌شود (۹). به نظر می‌رسد استفاده از یک منبع مناسب یا فرمی از ماده معدنی که زیست فرآهمی بیشتری داشته باشند، یک راه حل مناسب برای کاهش مصرف مواد معدنی کمیاب در جیره و زیست فرآهمی بیشتر آنها باشد (۸). براساس گزارش‌های منتشر شده، مس آلی یا مس به فرم نانوذرات در مقایسه با سولفات مس زیست فرآهمی بیشتری دارد (۸، ۱۳، ۴۱). اگر اندازه ذرات ملکول‌های بزرگ مس به اندازه ذرات نانو کاهش یابند، ملکول‌های کوچک به آسانی می‌توانند از روده جذب شوند (۱۳) و در نتیجه گوارش پذیری مس در پرندگان افزایش می‌یابد. کاهش دادن اندازه ذرات، سطح واکنش را به ازای واحد حجم افزایش می‌دهد و به مقدار زیادی تأثیر سدها را برای نفوذ ذرات به بدن کاهش می‌دهد (۳). در خوک، مکمل نانو مس در مقایسه با سولفات مس، سبب مهار بیشتر باکتری‌های بیماری‌زای روده و بهبود متابولیسم چربی و انرژی موجود در جیره شد (۳۹). در جوجه‌های گوشتی نیز، مکمل نانو مس از راه افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها (*Lactobacillus spp.*) و بیفیدوباکتریوم‌ها (*Bifidobacterium spp.*) و کاهش جمعیت کلی فرم‌ها (*Coliform*) در سکوم سبب بهبود عملکرد رشد شد (۳۷). گذشته از این که اثر نانو مس به مراتب از مس بیشتر است، در سال‌های اخیر علاقه بسیاری به افزایش جذب مواد معدنی از راه مصرف الیگوساکاریدها به وجود آمده است. گزارش شده که الیگوساکاریدها از راه کاهش pH، جذب روده‌ای مواد معدنی مانند



داشتند. افزایش وزن روزانه و مصرف روزانه خوراک پرندگان به طور هفتگی محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری گوارش پذیری ایلومی مواد غذایی، از نشانگر تری اکسید کروم (O_3Cr_2) به میزان ۰/۳٪ در خوراک به مدت ۳ روز استفاده شد. در پایان دوره بعد از کشتار پرنده‌ها، روده‌ها جدا و از ناحیه زایده مکل بریده شدند. محتویات ایلوم (پیش سکوم) تمام پرنده‌های موجود در یک واحد آزمایشی (۱۰ قطعه پرنده) به صورت یک نمونه جداگانه جمع‌آوری شد و در نهایت ۱۶ نمونه آزمایشی به فریزر $20^{\circ}C$ منتقل شد. قبل از اندازه‌گیری گوارش پذیری مواد مغذی (ماده خشک، چربی، پروتئین خام و خاکستر)، نمونه‌های خوراک و پیش سکوم مربوط به هر گروه (در کل ۴۸ نمونه) در آن خلا در دمای $50^{\circ}C$ تا ۶۰ با فشار ۱۵- اتمسفر به مدت ۱۰ تا ۱۲ ساعت خشک شدند (۳۱). سپس نمونه‌ها با استفاده از یک مخلوط کن، همگن شدند و برای اندازه‌گیری ماده خشک، نیتروژن، چربی خام و خاکستر آنالیز شدند (۴۰). از دستگاه جذب اتمی (Shimadzu, Model AA 67۰) برای اندازه‌گیری نشانگر در نمونه‌های خوراک و پیش سکوم استفاده شد. در ابتدا تمامی نمونه‌ها در ۵ سی سی اسید سولفوریک ۹۸٪ و در دمای $400^{\circ}C$ به مدت ۲ تا ۳ ساعت هضم شدند تا به شکل مایع شفاف در آیند. این مایع به دستگاه اتمیک ایزوتوپ‌شن منتقل شد و در طول موج ۳۵۸ nm جذب اتمی نمونه‌ها خوانده شد. همچنین در روز ۲۳ پرورش، به ازای هر تیمار از ده قطعه جوجه گوشتی خون‌گیری انجام شد و پس از جداسازی سرم نمونه‌ها، از روش HI برای اندازه‌گیری تیترا آنتی‌بادی در برابر نیوکاسل استفاده شد (۲).

آنالیز آماری داده‌ها: داده‌ها با رویه Mixed از نرم‌افزار SAS تجزیه شدند. وزن اولیه جوجه‌ها به عنوان عامل کووریت در نظر گرفته شد. میانگین تیمارها با آزمون میانگین حداقل مربعات و در سطح معنی‌داری ۵٪ بررسی شدند.

مدل آماری برای آنالیز داده‌ها:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + ab_{ij} + b_i(wth)_{ijk} + e_{ijk}$$

y_{ijk} = تکرار k ام از سطح j ام سطح i ام مس، μ = میانگین کل، ai = اثر سطح i ام از مس، b_j = اثر سطح j ام از مانان، ab_{ij} = اثر متقابل سطح i ام از مس و سطح j ام از مانان، wth_{ijk} = وزن k امین تکرار از سطح i ام مس و سطح j ام مانان، b_1 = ضریب رگرسیون صفات از وزن هر تکرار در ابتدای آزمایش، e_{ijk} = اثر تصادفی خطا با توزیع نرمال و میانگین صفر.

نتایج

اثر جیره‌های آزمایشی بر گوارش پذیری مواد غذایی در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر مکمل الیگوساکارید مانان و مکمل مس بر گوارش پذیری مواد غذایی معنی‌دار نبود، اما الیگوساکارید مانان سبب کاهش نسبی گوارش پذیری ماده آلی و ماده خشک شد که این اثر به سطح معنی‌داری

کلیسیم، منیزیم و آهن را افزایش می‌دهند (۲۰، ۲۲، ۲۵، ۲۷). الیگوساکارید مانان که از دیواره سلولی مخمر به دست می‌آید، می‌تواند از راه افزایش ارتفاع، یکنواختی و یکپارچگی پرزهای روده، جذب مواد مغذی (۷) و عملکرد رشد (۴، ۲۱، ۴۳) جوجه‌های گوشتی را بهبود دهد. به علاوه، ۶۸٪ از انرژی کربوهیدرات‌های قابل تخمیر مثل الیگوساکارید مانان به اسیدهای چرب زنجیر کوتاه متابولیز می‌شوند که به عنوان منبع انرژی برای میزبان عمل می‌کنند. بنابراین زیست فرآهمی انرژی برای میزبانی که غذای کم انرژی اما دارای مواد با قابلیت تخمیر خورده است، به وسیله تخمیر میکروبی افزایش یافته و عملکرد رشد بهبود می‌یابد (۲۶). با استفاده همزمان از نانو اکسید مس و الیگوساکارید مانان در جیره جوجه‌های گوشتی انتظار می‌رود که با جذب بیشتر مکمل مس و سایر مواد مغذی، عملکرد رشد پرنده بهبود یابد. این پژوهش با هدف بررسی اثر افزودن نانو اکسید مس و الیگوساکارید مانان به جیره جوجه‌های گوشتی بر گوارش پذیری مواد مغذی و عملکرد رشد طراحی شده است.

مواد و روش کار

در این پژوهش، از ۱۶۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه از سویه تجاری کاب-۵۰۰ برای بررسی اثر نانو اکسید مس و الیگوساکارید مانان در جوجه‌های گوشتی استفاده شد. در انتهای هفته دوم پرورش، جوجه‌هایی که وزنی نزدیک به میانگین کل گله داشتند، انتخاب شدند و به طور تصادفی در چهار تیمار قرار گرفتند. تیمار اول (گروه شاهد) جیره پایه بدون مکمل را دریافت کرد. تیمار دوم، جیره پایه به همراه 100 mg/kg نانو اکسید مس، تیمار سوم، جیره پایه به همراه 1 g/kg الیگوساکارید مانان و تیمار چهارم جیره پایه به همراه 100 mg/kg نانو اکسید مس و 1 g/kg الیگوساکارید مانان را دریافت کردند. به ازای هر تیمار چهار تکرار و در هر تکرار ۱۰ قطعه جوجه قرار گرفت. ترکیب جیره پایه در جدول ۱ نشان داده شده است. مکمل نانومس از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان در مشهد و الیگوساکارید مانان (Techno-MOS) از شرکت راد آرد پارس در شیراز (مروودشت) خریداری شد. Techno-MOS یک پری بیوتیک تجاری از خانواده الیگوساکارید مانان و ترکیبی از الیگوساکارید مانان و بتا-۱-۳-گلوکان است که از دیواره خارجی مخمر ساکارومایسس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*) به دست می‌آید (۲۹). دمای سالن پرورش تا سن ۷ روزگی $34 \pm 1^{\circ}C$ بود و به تدریج تا سن ۴۲ روزگی به $17 \pm 1^{\circ}C$ رسید. شرایط پرورش در تمام واحدهای آزمایشی یکسان بود. برنامه واکسیناسیون شامل واکسن‌های نیوکاسل-برونشیت (قطره چشمی) و دوگانه آنفلوآنزا-نیوکاسل (تزریقی) در روز نهم پرورش و واکسن گامبورو (آشامیدنی) در روز شانزدهم پرورش بود. طول دوره پرورش ۴۲ روز بود. آزمایش به صورت فاکتوریل (2×2)، در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. همه پرندگان در تمام دوره پرورش، آزادانه به آب و خوراک دسترسی



و سوم پرورش) نشان می‌دهد که الیگوساکارید مانان به طور معنی‌داری تیترا آنتی‌بادی را بهبود داد ($p < 0/05$). همچنین بررسی بر همکنش بین نانومس و مانان بر تیترا نیوکاسل نشان می‌دهد، افزودن همزمان مس و مانان به جیره به طور معنی‌داری تیترا آنتی‌بادی را کاهش داده است. ضریب پراکندگی (CV) تیتراهای نیوکاسل ۲۹٪ بود (جدول ۴).

بحث

افزودن الیگوساکارید مانان و نانومس به جیره جوجه‌های گوشتی در پژوهش کنونی، بهبود معنی‌داری را در گوارش پذیری مواد مغذی در پی نداشت. این یافته‌ها با یافته‌های Yang و همکاران در سال ۲۰۰۸ هماهنگ است (۴۴). Biggs و همکاران در سال ۲۰۰۷ نتیجه گرفتند که مصرف سطح بالایی از الیگوساکارید مانان (۸g/kg) نه تنها اثر مثبتی در جوجه‌های گوشتی نداشت، بلکه گوارش پذیری برخی از اسیدهای آمینه و انرژی قابل هضم را کاهش داد (۶). کاهش گوارش پذیری شاید به دلیل افزایش فشار اسمزی روده و کاهش فعالیت آنزیم‌های هضم کننده در اثر تخمیر الیگوساکارید مانان باشد (۳۳). Biggs و Parsons در سال ۲۰۰۷ نیز اثر الیگوساکارید مانان را بر گوارش پذیری واقعی اسیدهای آمینه و انرژی قابل متابولیسم واقعی در خروس‌های سسکتومی شده و معمولی با هم مقایسه کردند. الیگوساکارید مانان اثر معنی‌داری بر انرژی قابل متابولیسم واقعی و گوارش پذیری بیشتر اسیدهای آمینه در یک جیره بر پایه ذرت-پروتئین سویا نداشت و تنها گوارش پذیری تعداد کمی از اسیدهای آمینه را (لایزین و والین با مصرف ۸ g/kg و متیونین با مصرف ۴ g/kg از مکمل مانان) در خروس‌های سسکتومی شده در مقایسه با خروس‌های معمولی افزایش داد (۵). برهمکنش ناشی از مکمل مس و مانان بر گوارش پذیری مواد غذایی معنی‌دار نبود. از آن جا که یافته‌های درباره برهمکنش مس با مکمل مانان بر گوارش پذیری مواد مغذی در جیره جوجه‌های گوشتی در دسترس نیست، نمی‌توان داده‌های این پژوهش را با پژوهش دیگری مقایسه کرد. در رابطه با عملکرد رشد، گزارش شده مصرف مس بالاتر از سطح احتیاجات، از راه اگزوسیتوز لیزوزوم سلول‌های کبدی، خروج مس موجود در کبد را به داخل صفرا تحریک و ترشحات گلوکوزیدازی صفرا را افزایش می‌دهد تا هضم کربوهیدرات‌ها تسهیل شود. بهبود هضم کربوهیدرات‌ها سبب افزایش انرژی قابل متابولیسم ظاهری، بهبود کارایی خوراک و در نهایت افزایش عملکرد رشد می‌شود (۱۴). در این پژوهش، الیگوساکارید مانان در دوره رشد سبب بهبود نسبی میانگین افزایش وزن روزانه و مصرف روزانه خوراک و در دوره پایانی سبب بهبود نسبی ضریب تبدیل غذایی شد، اما این اثر معنی‌دار نبود. در پژوهش‌های دیگری نیز مانان بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی اثر معنی‌داری نشان نداد (۱۸، ۴۲). Waldroup و همکاران در سال ۲۰۰۳ با افزودن سولفات مس و الیگوساکارید مانان به جیره جوجه‌های گوشتی گزارش کردند وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با گروه شاهد

جدول ۱. اجزا و ترکیبات جیره پایه. * هر کیلوگرم مکمل ویتامینی و کانی شامل: ویتامین A، ۷/۵۰۰ IU؛ ویتامین D₃، ۳/۱۰۰ IU؛ ویتامین E، ۱۰ IU؛ فولیک اسید، ۵/۰ mg؛ پانتوتینیک، ۸ mg؛ پیریدوکسین، ۸/۱ mg؛ ریبوفلاوین، ۳/۵ mg؛ ویتامین K، ۲ mg؛ تیامین، ۲ mg؛ ویتامین B_{۱۲}، ۱۲/۵ µg؛ بیوتین، ۰/۱۵ mg؛ ید، ۱ mg؛ سلنیوم، ۰/۱۵ mg؛ نیاسین، ۲۴ mg؛ کولین، ۳۵۰ mg؛ مس، ۶ mg؛ آهن، ۳۰ mg؛ روی، ۵۰ mg؛ منگنز، ۸۰ mg.

اجزای جیره (%)	دوره آغازین (۱۴ روزگی)	دوره رشد (۱۴ تا ۲۸ روزگی)	دوره پایانی (۲۸ تا ۴۲ روزگی)
ذرت	۵۷/۲	۶۴/۰	۶۸/۳
سویا	۳۶/۵	۳۰/۰	۲۶/۰
روغن مایع	۰/۲	۱/۸	۱/۶
دی‌کلسیم فسفات	۲/۰۵	۲/۰۵	۱/۹
کربنات کلسیم	۰/۸۸	۰/۸۵	۰/۸
نمک	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
جوش شیرین	۰/۲	۰/۱	۰/۱
*مکمل معدنی	۰/۳	۰/۳	۰/۳
*مکمل ویتامینه	۰/۳	۰/۳	۰/۳
متیونین	۰/۲	۰/۲	۰/۲۳
لایزین	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۲
مواد غذایی تأمین شده در جیره (as fed)			
انرژی متابولیسمی (kcal/kg)	۲۹۸۸	۳۰۸۳	۳۱۷۶
پروتئین خام (%)	۲۱	۱۹	۱۸
لایزین (%)	۱/۲۰	۱/۱۰	۱/۰۵
متیونین (%)	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۳
متیونین + سیستین (%)	۰/۸۹	۰/۸۴	۰/۸۲
تریپتوفان (%)	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۱۹
تریونین (%)	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۷۲
آرژنین (%)	۱/۲۶	۱/۱۷	۱/۱۳
کلسیم (%)	۱/۰۰	۰/۹۶	۰/۹۰
فسفر فرآهم (%)	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۵
سدیم (%)	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۱۶
(%) کلراید	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
(%) اسید لینولیک	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۰۰

نزدیک بود. برهمکنش ناشی از مکمل مس و مانان بر گوارش پذیری مواد غذایی معنی‌دار نبود ($p > 0/05$). جدول ۳ اثر جیره‌های آزمایشی را بر عملکرد در دوره رشد (هفته‌های سه و چهار پرورش) و دوره پایانی (هفته‌های پنج و شش پرورش) نشان می‌دهد. الیگوساکارید مانان اگر چه بر عملکرد رشد اثر معنی‌داری نشان نداد، اما در دوره رشد سبب بهبود نسبی میانگین افزایش وزن روزانه و مصرف روزانه خوراک و در دوره پایانی سبب بهبود نسبی ضریب تبدیل غذایی شد. در دوره‌های رشد و پایانی ضریب تبدیل خوراک، افزایش وزن روزانه و مصرف خوراک روزانه تحت تأثیر مکمل نانومس قرار نگرفتند. برهمکنش نانومس و الیگوساکارید مانان نیز بر عملکرد معنی‌دار نبود ($p > 0/05$). بررسی اثر جیره‌های آزمایشی بر تیترا آنتی‌بادی در برابر ویروس بیماری نیوکاسل در اواسط دوره (روز بیست



جدول ۲. میانگین حداقل مربعات (\pm خطای استاندارد) اثر جیره‌های آزمایشی بر گوارش پذیری (%) مواد غذایی در ماده خشک، DM: ماده خشک، CP: پروتئین خام، CF: چربی خام، OM: ماده آلی.

گوارش پذیری (%) مواد غذایی در ماده خشک					مانان	مس
Ash	OM	CF	CP	DM	(g/kg)	(mg/kg)
۴۴/۹±۷/۸۵	۶۸/۶±۶/۲۳	۷۸/۷±۳/۵۲	۷۵/۷±۳/۰۸	۶۳/۵±۴/۶۳	-	۰
۳۲/۱±۱۰/۰۷	۵۸/۹±۶/۲۳	۸۷/۱±۳/۵۲	۷۲/۱±۳/۰۸	۵۹/۸±۴/۶۳	-	۱۰۰
-/۳۵	-/۳۰	-/۶۵	-/۴۳	-/۵۸		p-value
۳۸/۱±۶/۳۷	۷۲/۲±۶/۱۱	۸۳/۶±۳/۴۴	۷۷/۷±۳/۰۲	۶۷/۹±۴/۵۴	۰	-
۳۸/۹±۱۱/۰۹	۵۵/۳±۶/۱۱	۷۶/۲±۳/۴۴	۷۰/۲±۳/۰۲	۵۵/۵±۴/۵۴	۱	-
-/۹۴	-/۰۷	-/۱۵	-/۱۰	-/۰۸		p-value

جدول ۳. میانگین حداقل مربعات (\pm خطای استاندارد) اثر جیره‌های آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره‌های رشد (هفته‌های سه و چهار پرورش) و پایانی (هفته‌های پنج و شش پرورش). FCR: ضریب تبدیل خوراک، ADG: میانگین افزایش وزن روزانه (g)، DFI: میانگین خوراک مصرفی روزانه (g)، BW: وزن بدن (g).

عملکرد در دوره‌های رشد و پایانی				دوره	مانان (g/kg)	مس (mg/kg)
BW	DFI	ADG	FCR			
۱۱۴۳/۴±۲۹/۶۵	۹۷/۷±۳/۱۴	۵۸/۷±۷/۸۴	۷۵±۰/۰۳	۱	-	۰
۱۱۴۸/۷±۲۹/۶۵	۹۲/۷±۳/۱۴	۵۸/۶±۷/۸۴	۷۵±۰/۰۳	۱	-	۱۰۰
-/۹۰	-/۸۱	-/۹۶	-/۶۳			p-value
۱۱۴۵/۴±۲۹/۱۶	۹۷/۸±۳/۰۹	۵۸/۴±۷/۸۲	۷۵±۰/۰۳	۱	۰	-
۱۱۴۶/۷±۲۹/۱۶	۹۲/۷±۳/۰۹	۵۹/۸±۷/۸۲	۷۵±۰/۰۳	۱	۱	-
-/۹۷	-/۸۴	-/۸۶	-/۹۷			p-value
۲۳۸۲/۴±۲۹/۶۵	۱۷۶/۶±۳/۱۴	۸۷/۵±۷/۸۴	۲/۰±۰/۰۳	۲	-	۰
۲۳۸۴/۵±۲۹/۶۵	۱۷۵/۵±۳/۱۴	۸۵/۴±۷/۸۴	۲/۰±۰/۰۳	۲	-	۱۰۰
-/۹۶	-/۸۱	-/۴۵	-/۴۸			p-value
۲۳۹۷/۴±۲۹/۱۶	۱۷۸/۴±۳/۰۹	۸۶/۷±۷/۸۲	۲/۰±۰/۰۳	۲	۰	-
۲۳۶۹/۵±۲۹/۱۶	۱۷۳/۸±۳/۰۹	۸۶/۲±۷/۸۲	۷۹±۰/۰۳	۲	۱	-
-/۵۱	-/۳۰	-/۸۴	-/۳۷			p-value
۱۱۴۶/±۲۰/۶۲	۹۲/۲±۲/۱۸	۵۸/۶±۷/۲۸	۷۵±۰/۰۲	۱	-	-
۲۳۸۳/۵±۲۰/۶۲	۱۷۶/۱±۲/۱۸	۸۶/۴±۷/۲۸	۲/۰±۰/۰۲	۲	-	-
</۰۰۰۱	</۰۰۰۱	</۰۰۰۱	</۰۰۰۱			p-value

پرنده‌گان مشاهده شد (۱۵). Karimi و همکاران در سال ۲۰۱۱ با بررسی اثر افزودن سطوح مختلف مس (۰، ۱۲۵ و ۲۵۰) به فرم سولفات مس ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) در سن ۱ تا ۲۱ روزگی به جیره جوجه‌های گوشتی نر، گزارش کردند سطح 250 mg/kg از مس، اثر منفی بر وزن بدن، افزایش وزن و مصرف خوراک در روزهای ابتدایی دوره آغازین داشت، اما میزان 125 mg/kg ضریب تبدیل غذایی را از ۱ تا ۴۲ روزگی بهبود داد. همچنین، آثار منفی مکمل شدن جیره با سطوح بالای مس بر وزن بدن، بعد از ۱۴ روزگی از بین رفت، اما اثرات آن بر مصرف خوراک تا ۲۸ روزگی ادامه داشت (۱۶). برخلاف یافته‌های این پژوهش، گزارش‌هایی نیز وجود دارد که نشان داده است افزودن مکمل مس به جیره جوجه‌های گوشتی سبب بهبود برخی پارامترهای عملکرد می‌شود. Akinsanmi و Igbasan در سال ۲۰۱۲ گزارش کردند پرنده‌گانی که جیره دارای مکمل مس خوردند (250 mg/kg ، 150 و 200) نسبت به گروه شاهد وزن بدن بیشتر و ضریب تبدیل غذایی کمتری داشتند (۱۴). در اردک (۳۸) و مرغ مادر گوشتی (۳۰)

تفاوت معنی‌داری نشان نداد (۳۶). Khalaji و همکاران در سال ۲۰۱۱ نشان دادند که سطوح مختلف لیگوساکارید مانان ($0/5 \text{ g/kg}$ ، $1/5$) اثر معنی‌داری بر عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی نداشت (۱۷). بر عکس Yang و همکاران در سال ۲۰۰۸ و Fairchild و همکاران در سال ۲۰۰۱ گزارش کردند لیگوساکارید مانان در جوجه‌های به چالش افتاده در مقایسه با گروه شاهد اثر مثبتی بر عملکرد رشد نشان داد (۱۱، ۴۴). بنابراین، عدم بهبود عملکرد رشد به وسیله مانان، شاید به دلیل شرایط مطلوب و بهداشتی محیط پرورش در طول دوره آزمایش باشد. یافته‌های ما درباره اثر نانو مس بر عملکرد با یافته‌های Wu و همکاران در سال ۲۰۱۲ هماهنگ است (۴۱). Iqbal و همکاران در سال ۲۰۱۲ گزارش کردند با افزودن 500 mg سولفات مس به جیره جوجه‌های گوشتی، مصرف خوراک به طور معنی‌داری افزایش یافت، اما در ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن بدن تغییر معنی‌داری مشاهده نشد و حتی زمانی که مصرف مس (از 100 g/kg یا 50 تا 1 g/kg یا 2) در جیره بالا رفت، کاهش در وزن بدن



گرمایی بهبود داد (۳۴). در پژوهش دیگری الیگوساکارید مانان تیترا آنتی بادی را در برابر بیماری نیوکاسل در هفته‌های سوم، پنجم و ششم پرورش در جوجه‌های گوشتی افزایش داد (۱)

Devegowda و Shashidhara در سال ۲۰۰۳ بهبود پاسخ ایمنی مرغ مادر گوشتی را در برابر بیماری برونشیت عفونی و El-sheikh و همکاران در سال ۲۰۰۹ بهبود پاسخ ایمنی مرغ تخم‌گذار را در برابر ویروس بیماری بورس عفونی با افزودن الیگوساکارید مانان به جیره گزارش کردند (۳۲، ۱۰). بررسی بر همکنش بین نانومس و مانان بر تیترا آنتی بادی نشان می‌دهد، افزودن همزمان مس و مانان به جیره در روز بیست و سوم پرورش، به طور معنی‌داری تیترا آنتی‌بادی را کاهش داده است که با یافته‌های Nelson و همکاران در سال ۱۹۸۴ در محیط آزمایشگاه، هماهنگ است (۲۴). Turnlund و همکاران در سال ۲۰۰۴ گزارش کردند از آن‌جا که اینترلوکین دو (IL-2) تکثیر لنفوسیت‌ها را تنظیم می‌کند و غلظت آن با افزایش مصرف مس کاهش می‌یابد، پاسخ ایمنی با افزودن مس به جیره کاهش می‌یابد (۳۵). Pociño و همکاران در سال ۱۹۹۱ نیز گزارش کردند افزودن مس به جیره موش، تکثیر لنفوسیت‌ها را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (۲۸).

با توجه به یافته‌های این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت نانومس و الیگوساکارید مانان بر عملکرد رشد و گوارش پذیری مواد مغذی اثر معنی‌داری نداشتند. در دوزهای مصرفی، استفاده همزمان از مس و الیگوساکارید مانان نیز اثر مثبتی بر صفات مورد بررسی در جوجه‌های گوشتی نداشت. به نظر می‌رسد در صورت ایجاد شرایط نامطلوبی برای جوجه‌های گوشتی تأثیر مکمل‌های مس و مانان مشهودتر خواهد بود.

تشکر و قدردانی

از معاونت تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به خاطر پرداخت کمک هزینه انجام پایان نامه کارشناسی ارشد خانم شهین ثابت سروستانی و از شرکت راد آرد پارس به دلیل کمک در فراهم آوردن مواد مورد نیاز در این پژوهش بسیار سپاسگزاریم.

References

- Allan, W.H., Gough, R.E.A. (1974) Standard haemagglutination inhibition test for Newcastle disease: A comparison of macro and micro methods. *Vet Res.* 95: 120-123.
- Abdolohfam, M., Ghahri, H. (2012) Immune response of broiler chicks fed yeast derived mannan oligosaccharides and humate against newcastle disease. *World Appl Sci J.* 18: 779-785.
- Barlow, S., Chesson, A.J.D., Collins, J.D., Flynn,

جدول ۴. میانگین حداقل مربعات (\pm خطای استاندارد) اثر جیره‌های آزمایشی بر تیترا آنتی بادی در روز بیست و سوم پرورش.

تیترا آنتی بادی	مانان (g/kg)	مس (mg/kg)	p-value
۴/۰±۰/۲۷	-	-	-
۳/۶±۰/۲۷	-	۱۰۰	-
۰/۳۵	-	۱۰۰	p-value
۳/۲±۰/۲۷	۰	-	-
۴/۳±۰/۲۷ b	۱	-	-
۰/۰۱	-	۱۰۰	p-value
۲/۷۵±۰/۳۸ a	۰	۰	برهمکنش*
۳/۷۵±۰/۳۸ a	۰	۱۰۰	-
۵/۲۵±۰/۳۸ b	۱	۰	-
۳/۵±۰/۳۸ a	۱	۱۰۰	-
۰/۰۰۴	-	۱۰۰	p-value

مصرف مکمل مس و در دو خوکچه (۱۳) و خوک‌های شیرده (۳۹) مکمل نانومس سبب بهبود ضریب تبدیل غذایی و عملکرد رشد شد، که احتمالاً به دلیل تنظیم میکروفلورا و فعالیت آنزیم‌های دوره ۱ بیانگر دوره رشد و دوره ۲ نشان دهنده دوره پایانی است.

باکتریایی مثل آلفاگالاکتوزیداز، بتاگالاکتوزیداز و بتاگلوکورونیداز بوده است (۳۷).

با توجه به یافته‌های این پژوهش و سایر پژوهش‌های منتشر شده به نظر می‌رسد اثر الیگوساکارید مانان و مس در جیره جوجه‌های گوشتی بر عملکرد رشد متناقض است. تغییر در میان گزارش‌های پژوهشگران می‌تواند مرتبط با تغییر در شرایط مدیریتی و محیطی و یا تفاوت در دوز مصرف باشد که در آزمایش‌های مختلف وجود دارد. به نظر می‌رسد در صورت ایجاد یک چالش، استفاده از جیره‌های نامطلوب و یا با افزایش دوز مصرف تأثیر مکمل مس و مانان مشهودتر خواهد شد. در ستون‌ها، میانگین‌های با بند و اژهای متفاوت، تفاوت آماری معنی‌داری دارند.

بیشتر پژوهش‌هایی که اثر مکمل مس را بر سیستم ایمنی ارزیابی کردند، اثر کمبود مس را ملاک قرار دادند و پژوهش‌های کمی در مورد اثر افزودن مس به جیره بیشتر از حد نیاز پرند، بر سیستم ایمنی انجام شده است. Koller و Mulhern در سال ۱۹۸۸ گزارش کردند تیترا آنتی بادی در موش‌هایی که جیره دارای مکمل مس خوردند، بهبود یافت. آنها همچنین فهمیدند که کمبود شدید یا حاشیه‌ای مس در جیره موش به وضعیت ایمنی آسیب می‌زند (۲۳). در این پژوهش، مکمل نانومس اثر معنی‌داری بر تیترا آنتی بادی نشان نداد. الیگوساکارید مانان به طور معنی‌داری سبب بهبود تیترا آنتی بادی شد که با توجه به برنامه واکسیناسیون، احتمالاً به دلیل درگیری با بیماری بوده است. Sohail و همکاران در سال ۲۰۱۰ گزارش کردند الیگوساکارید مانان در جوجه‌های گوشتی پاسخ ایمنی هومورال در برابر ویروس بیماری نیوکاسل و بیماری بورس عفونی را در شرایط استرس



- A., Hardy, A., Jany, K.D., Knaap, A., Kuiper, H., Larsen, J.C., Neindre, P.L., Schans, J., Schlatter, J., Silano, V., Skerfving, S., Vannier, P. (2009) The potential risks arising from nanoscience and nanotechnologies on food and feed safety. *EFSA J.* 958: 1-39.
4. Benites, V., Gilharry, R., Gernat, A.G., Murillo, I.G. (2008) Effect of dietary mannan oligosaccharide from Bio-Mos or SAFmannan on live performance of broiler chickens. *J Appl Poultry Res.* 17: 471-475.
 5. Biggs, P., Parsons, C.M. (2007) The effects of several oligosaccharides on true amino acid digestibility and Ttrue metabolizable energy in cecectomized and conventional roosters. *Poult Sci.* 86: 1161-1165.
 6. Biggs, P., Parsons, C.M., Fahey, G.C. (2007) The effects of several oligosaccharides on growth performance, nutrient digestibilities, and cecal microbial populations in young chicks. *Poult Sci.* 86: 2327-2336.
 7. Bonos, E.M., Christaki, E.V., Florou-Paneri, P. C. (2010) Effect of dietary supplementation of mannan oligosaccharides and acidifier calcium formate on the performance and carcass quality of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *J Food Agric Environ.* 8: 611-617.
 8. Creech, B.L., Spears, J.W., Flowers, W.L., Hill, G.M., Lloyd, K.E., Armstrong, T.A., Engle, T.E. (2004) Effect of dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. *J Anim Sci.* 82: 2140-2147.
 9. Davis, M.E., Maxwell, C.V., Brown, D.C., de Rodas, B.Z., Johnson, Z.B., Kegley, E.B., Hellwig, D.H., Dvorak, R.A. (2002) Effect of dietary mannan oligosaccharides and (or) pharmacological additions of copper sulfate on growth performance and immunocompetence of weanling and growing/finishing pigs. *J Anim Sci.* 80: 2887-2894.
 10. El-sheikh, A.M.H., Abdalla, E.A., Maysa, E.A., Hanafy, M. (2009) Study on productive performance, hematological and immunological parameters in a local strain of chicken as affected by mannan oligosaccharide under hot climate conditions. *Egypt Poult. Sci.* 29: 287-305.
 11. Fairchild, A.S., Grimes, J.L., Jones, F.T., Wine-land, M.J., Edens, F.W., Sefton, A.E. (2001) Effects of hen age, Bio-Mos, and flavomycin on poult susceptibility to oral *Escherichia coli* challenge. *Poult Sci.* 80: 562-571.
 12. Gaetke, L.M., Chow, C.K. (2003) Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. *Toxicol.* 189: 147-163.
 13. Gonzales-Eguia, A., Fu, C.M., Lu, F.Y., Lien, T. F. (2009) Effects of nanocopper on copper availability and nutrients digestibility, growth performance and serum traits of piglets. *Livest Sci.* 126: 122-129.
 14. Igbasan, F.A., Akinsanmi, S.K. (2012) Growth response and carcass quality of broiler chickens fed on diets supplemented with dietary copper sources. *Afr J Agric Res.* 7: 1674-1681.
 15. Iqbal, R., Malik, F., Aziz, T. (2012) The study of histopathological changes upon exposure to vinergerized copper sulphate in liver and kidney of broiler chick. *Middle-East J Sci Res.* 12: 36-41.
 16. Karimi, A., Sadeghi, G., Vaziry, A. (2011) The effect of copper in excess of the requirement during the starter period on subsequent performance of broiler chicks. *J Appl Poultry Res.* 20: 203-209.
 17. Khalaji, S., Zaghari, M., Nezafati, S. (2011) The effects of mannan-oligosaccharides on cecal microbial populations, blood parameters, immune response and performance of broiler chicks under controlled condition. *Afr J Biochem Res.* 5: 160-164.
 18. Konca, Y., Kirkpinar, F., Mert, S. (2009) Effects of mannan-oligosaccharides and live yeast in diets on the carcass, cut yields, meat composition and colour of finishing turkeys. *Asian Austral J Anim Sci.* 22: 550-556.
 19. Li, B., Hwang, J.Y., Drelich, J., Popko, D., Bagley, S. (2010) Physical, chemical and antimicrobial characterization of copper-bearing material. *Jom J Min Met Mat Soc.* 62: 80-85.
 20. Manning, T.S., Gibson, G.R. (2004) Prebiotics.



- Best Pract Res Clin Gastroenterol. 18: 287-298.
21. Markovic, R., Sefera, D., Krsticv, M., Petrujkic, B. (2009) Effect of different growth promoters on broiler performance and gut morphology. *Arch Med Vet.* 41: 163-169.
 22. Monchois, V., Willemot, R.M., Monsan, P. (1999) Glucansucrases: Mechanism of action and structure-function relationships. *FEMS Microbiol. Rev.* 23: 131-151.
 23. Mulhern, S.A., Koller, L.D. (1988) Severe or marginal copper deficiency results in a graded reduction in immune status in mice. *J Nutr.* 118: 10-41.
 24. Nelson, R.D., Herron, M.J., Cormack, R.T., Gehrz, R.C. (1984) Two mechanisms of inhibition of human lymphocyte proliferation by soluble yeast mannan polysaccharide. *Infect Immun.* 43: 1041-1046.
 25. Ngo, D.N., Kim, M.M., Kim, S.K. (2008) Chitin oligosaccharides inhibit oxidative stress in live cells. *Carbohydr Polym.* 74: 228-234.
 26. Niba, A.T., Beal, J.D., Kudi, A.C., Brooks, P. H. (2009) Bacterial fermentation in the gastrointestinal tract of non-ruminants: influence of fermented feeds and fermentable carbohydrates. *Trop Anim Health Prod.* 41: 1393-1407.
 27. Ortiz, L.T., Rodriguez, M.L., Alzueta, C., Rebole, A., Trevino, J. (2009) Effect of inulin on growth performance, intestinal tract sizes, mineral retention and tibial bone mineralisation in broiler chickens. *Br Poult Sci.* 50: 325-332.
 28. Pocino, M., Baute, L., Malave, I. (1991) Influence of the oral administration of excess copper on the immune response. *Fund Appl Toxicol.* 16: 249- 256.
 29. Sadeghi, A., Mohammadi, A., Shawrang, P., Aminafshar, M. (2013) Immune responses to dietary inclusion of prebiotic-based mannan-oligosaccharide and β -glucan in broiler chicks challenged with *Salmonella enteritidis*. *Turk J Vet Anim Sci.* 37: 206-213.
 30. Samanta, B., Ghosh, P.R., Biswas, A., Das, S.K. (2011) The effects of copper supplementation on the performance and hematological parameters of broiler chickens. *Asian- Austral. J Anim Sci.* 24: 1001-1006.
 31. Scott, M.L., Nesheim, M.C., Young, R.J. (1982) *Nutrition of the Chicken.* (3rd ed.) M. L. Scott and Associates, Ithaca, New York.
 32. Shashidhara, R.G., Devegowda, G. (2003) Effect of dietary mannan oligosaccharide on broiler breeder production traits and immunity. *Poult Sci.* 82: 1319-1325.
 33. Smiricky-Tjardes, M.R., Grieshop, C. M., Flickinger, E.A., Bauer L.L., Fahey, G.C. (2003) Dietary galactooligosaccharides affect ileal and total-tract nutrient digestibility, ileal and fecal bacterial concentrations, and ileal fermentative characteristics of growing pigs. *J Anim Sci.* 81: 2535-2545.
 34. Sohail, M.U., Ijaz, A., Yousaf, M.S., Ashraf, K., Zaneb, H., Aleem, M., Rehman, H. (2010) Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and *Lactobacillus*-based probiotic: Dynamics of cortisol, thyroid hormones, cholesterol, C-reactive protein, and humoral immunity. *Poult Sci.* 89: 1934-1938.
 35. Turnlund, J.R., Jacob, R.A., Keen, C.L., Strain, J.J., Kelley, D.S., Domek, J.M., Keyes, W.R., Ensunsa, J.L., Lykkesfeldt, J., Coulter, J. (2004) Long-term high copper intake: effects on indexes of copper status, antioxidant status, and immune function in young men. *Am J Clin Nutr.* 79: 1037-1044.
 36. Waldroup, P.W., Fritts, C.A., Yan, F. (2003) Utilization of Bio-Mos mannan oligosaccharide and Bioplex copper in broiler diets. *Int J Poult Sci.* 2: 44-52.
 37. Wang, C., Wang, M.Q., Ye, S.S., Tao, W.J., Du, Y.J. (2011) Effects of copper-loaded chitosan nanoparticles on growth and immunity in broilers. *Poult Sci.* 90: 2223-2228.
 38. Wang, L.C., Hooge, D.M., Wen, C., Liang, C., Wang, T., Zhou, Y.M. (2010) Effects of dietary copper source and level on growth, organ weights and carcass characteristics of cherry valley meat ducks. *Int J Poult Sci.* 9: 726-730.
 39. Wang, M.Q., Du, Y.J., Wang, C., Tao, W.J., He, Y.D., Li, H. (2012) Effects of copper-loaded chi-



- tosan nanoparticles on intestinal microflora and morphology in weaned piglets. *Biol Trace Elem Res.* 149: 184-189.
40. Wendt Thiex, N.J. (2000) Animal feed. In: *Official Methods of Analysis*. Horwitz, W. (ed.). (17th ed.) Vol. 1. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Gaithersburg, MD, USA. p. 1-54.
41. Wu, D.W., Wang, L.C., Wen, C., Hooge, D.M., Liang, C., Zhou, Y.M. (2012) Effects replacing of a dietary antibacterial agent (Zinc Bacitracin) with copper salts in Cherry Valley Pekin meat ducks. *Br Poult Sci.* 54: 112-119.
42. Yalcinkaya, I., Gungor, T., Basalan, M., Erdem, E. (2008) Mannan oligosaccharides (MOS) from *Saccharomyces cerevisiae* in broilers: effects on performance and blood biochemistry. *Turk J Vet Anim Sci.* 32: 43-48.
43. Yang, Y., Iji, P.A., Choct, M. (2007) Effects of different dietary levels of mannan oligosaccharide on growth performance and gut development of broiler chickens. *Asian Austral J Anim Sci.* 20: 1084-1091.
44. Yang, Y., Iji, P.A., Kocher, A., Mikkelsen, L.L., Choct, M. (2008) Effects of mannanoligosaccharide and fructooligosaccharide on the response of broilers to pathogenic *Escherichia coli* challenge. *Br Poult Sci.* 49: 550-559.



The effect of nanocopper and mannan oligosaccharide supplementation on nutrient digestibility and performance in broiler chickens

Sabet Sarvestani, S.^{1*}, Rezvani, M.R.², Zamiri, M.J.², Shekarforoush, Sh.³, Atashi, H.², Mosleh, N.⁴

¹Graduate Student in poultry nutrition, Shiraz University, Shiraz- Iran

²Department of Animal Sciences, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz- Iran

³Department of Food Hygiene and Public Health, Shiraz University, Shiraz- Iran

⁴Department of Clinical Sciences, College of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz- Iran

(Received 12 December 2015, Accepted 24 February 2016)

Abstract:

BACKGROUND: Following the ban on the use of growth stimulant antibiotics in many countries, interest has arisen in finding a suitable alternative for antibiotics in poultry production. **OBJECTIVES:** The aim of this study was to investigate the effect of supplementation of two levels of nano-copper (0 and 100 mg/kg) and two levels of mannan oligosaccharide (0 or 1 g/kg) as natural growth stimulants on digestibility of nutrients and performance in broiler chicks. **METHODS:** At the end of the second week of breeding, 160 Cobb-500 broiler chicks were assigned in four treatment groups. For each treatment, four replicates (10 chicks per replicate) were considered. Experiment was conducted as a 2×2 factorial model in a completely randomized design. Results: No significant differences in digestibility of nutrients and growth performance between birds that ate the supplements with control group were observed ($p>0.05$). **CONCLUSIONS:** Mannan oligosaccharides and nano-copper on growth performance and nutrient digestibility in broiler chicks had no significant effect. At the doses used, concomitant supplementation of copper and mannan oligosaccharide did not have a positive effect on traits that were studied in broilers.

Keyword: broiler chick, digestibility, growth performance, mannan oligosaccharide, nano oxide copper

Figure Legends and Table Captions

Table 1. Ingredients and nutrients composition of basal diet. Each kg of vitamin and minerals, including vitamins A, 7.500 IU; Vitamin D3, 3.000 IU; vitamin E, 10 IU; folic acid, 0.5 mg; pantothenic 8 mg; pyridoxine, 1.8 mg; riboflavin, 5.3 mg; vitamin K, 2 mg; thiamine, 2 mg; vitamin B12, 12.5 µg; biotin, 0.15 mg; iodine, 1 mg; selenium, 0.15 mg; niacin, 24 mg; choline, 350 mg; copper, 6 mg; iron, 30 mg; zinc, 50 mg; manganese, 80 mg.

Table 2. Least square mean (\pm standard error) effect of experimental diets on nutrients digestibility (%) in dry matter. DM: dry matter, CP: crude protein, CF: Crude fat, OM: organic matter.

Table 3. Least square mean (\pm standard error) effect of experimental diets on performance in the growther periods (third and fourth weeks of the breeding) and finisher (fifth and sixth weeks of the breeding). The number 1 represents the growther period and the 2 number indicates the finisher period. FCR: feed conversion ratio, ADG: average daily gain (g), DFI: daily feed intake (g), BW: body weight (g).

Table 4. Least square mean (\pm standard error) effect of experimental diets on antibody titres in the twenty-third day of breeding. (a,b) Within columns, values with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).



*Corresponding author's email: sabetns90@gmail.com, Tel: 071-32286073, Fax: 071-32286073

J. Vet. Res. 71, 2, 2016