تولیدات دامی
دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵
صفحه‌های ۳۱۰-۲۹۹

تأثیر استفاده از زئولیت طبیعی و نانوزئولیت در جیره بر فلور میکروبی روده، خصوصیات استخوان درشت‌نی و عملکرد در جوجه‌های گوشتی

نسترن شاه‌ابراهیمی [۱]، خلیل میرزاده [۲]، مرتضی مموئی [۳]، احمد طاطار [۲*]، محمد حجتی [۴]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی دام، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع‌طبیعی رامین خوزستان، ملاثانی، ایران

۲. استادیار گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع‌طبیعی رامین خوزستان، ملاثانی، ایران

۳. استاد گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع‌طبیعی رامین خوزستان، ملاثانی، ایران

۴. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع‌طبیعی رامین خوزستان، ملاثانی، ایران

تاریخ وصول مقاله:۱۳۹۳/۰۷/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۰۶

چکیده

تأثیر زئولیت طبیعی و نانوزئولیت بر عملکرد، فلور میکروبی روده، خصوصیات استخوان درشت‌نی و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی با استفاده از ۳۳۶ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار، چهار تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار بررسی شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: جیره شاهد (فاقد هر نوع زئولیت)، جیره حاوی زئولیت طبیعی (۰/۵، یک و ۱/۵ درصد) و جیره حاوی نانوزئولیت (۰/۵، یک و ۱/۵ درصد). استفاده از سطوح یاد شده زئولیت و نانوزئولیت تأثیر معنی‌داری بر وزن سینه، ران‌ها، کبد، چربی محوطه‌بطنی، سنگدان و بازده لاشه نداشت. افزودن زئولیت و نانوزئولیت به جیره سبب کاهش معنی‌دار تعداد کل باکتری‌ها و باکتری اشریشیاکلی شد ($P<0/05$). وزن، طول، حجم و چگالی استخوان درشت‌نی در حالت تازه و خشک و همچنین وزن خاکستر درشت‌نی تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. میزان فسفر، آلکالین‌فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز سرم خون پرندگانی که در جیره خود نانوزئولیت دریافت کردند، بیشتر از پرندگان مربوط به تیمار شاهد بود ($P<0/05$). داده‌ها نشان داد که افزودن نانوزئولیت به جیره‌غذایی جوجه‌های گوشتی، منجر به بهبود وضعیت فلور باکتریایی روده و افزایش فعالیت آنزیم‌های شاخص کبدی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: آنزیم‌های کبدی، *اشریشیاکلی* ، افزودنی، جوجه گوشتی، نانوزئولیت.

* نویسنده مسئول
Email: tatar@ramin.ac.ir

مقدمه

زئولیت‌ها ترکیبات آلومینوسیلیکات هیدراته متبلور با خلل و فرج‌های ریز هستند که حاوی کاتیون‌های قابل تبادلی از گروه فلزات قلیایی و قلیایی خاکی بوده و ساختمان سه بعدی دارند [۲ و ۱۸]. این ترکیبات می‌توانند بدون تغییر عمده در ساختمان‌شان به‌طور برگشت‌پذیر آب را به خود جذب و مجدداً آزاد کرده و بعضی از کاتیون‌های ساختمانی را مبادله می‌کنند [۱۸، ۲۶]. تا به حال، بیش از ۸۵ نوع زئولیت طبیعی کشف شده و بیش از صدها نوع زئولیت مصنوعی سنتز شده‌اند. تنها نه نوع از زئولیت‌های طبیعی به وفور در طبیعت یافت می‌شوند. کلینوپتیلولیت و سدیم زئولیت A به ترتیب متداول‌ترین انواع زئولیت‌طبیعی و مصنوعی مورداستفاده در تغذیه طیور هستند. اختلاف انواع زئولیت های طبیعی و مصنوعی در نسبت سیلیس به آلومینیوم آنهاست به‌طوری که این نسبت در زئولیت طبیعی ۱:۵-۲/۵ و در زئولیت مصنوعی برابر با ۱:۱ است [۲۲].

افزودن زئولیت به جیره غذایی سبب افزایش وزن روزانه، افزایش عملکرد تولیدمثلی خروس‌ها، تولید بیشتر تخم‌مرغ در مرغان تخم‌گذار و بهبود ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی و نیز خوک، گوساله و گوسفند شده است [۱۸]. با وجود تأثیر مثبت زئولیت‌ها بر بهبود عملکرد دام و طیور این اثرات به عواملی نظیر خلوص آن‌ها، تعداد تخلخل، خواص فیزیکی و سطحی آن‌ها، اندازه ذرات، اندازه دانه، درجه تجمع و شدت تبادل یونی آنها وابسته است. زئولیت‌ها در بهبود و پیشگیری از بیماری‌ها در حیوانات، کاهش سمیت آمونیاک در بدن دام و طیور، از بین بردن آفلاتوکسین‌ها و دیگر سموم در جیره غذایی دام و طیور نیز کاربرد دارند [۲۳].

نتایج بررسی تأثیر زئولیت بر عملکرد و فراسنجه‌های خونی طیور متناقض است، به نحوی که عدم تأثیر بر ترکیب لاشه [۲۸]، بهبود فلور میکروبی روده [۱۷]، عدم تأثیر بر فراسنجه‌های مربوط به استخوان درشت‌نی [۳ و ۲۴] یا بهبود [۶] فراسنجه‌های مربوط به استخوان درشت‌نی و نیز تاثیر بر شاخص‌های خونی نظیر عدم تأثیر بر میزان کلسیم [۳، ۴ و ۶] و عدم تأثیر بر میزان آلانین‌آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارتات‌آمینوترانسفراز (AST) [۲۰] سرم جوجه‌های گوشتی گزارش شده است. زئولیت حاوی نقره، زئولیت‌هایی هستند که با یون نقره ترکیب شده‌اند و به‌دلیل آزادشدن تدریجی نقره از ساختار آن، اثرات ضدباکتریایی نسبتاً خوبی دارد [۷]. توانایی زئولیت‌ها در جذب فلزات سنگین و سموم موجود در غذا و مهار آمونیاک موجود در آن و محدود ساختن باکتری‌هایی نظیر *اشریشیاکلی* آنها را در ردیف ترکیباتی قرار داده است که می‌توانند به سلامت دستگاه گوارش کمک نمایند [۸].

استفاده از فن‌آوری‌های جدید و مواد مختلف جهت بهبود بازده محصولات کشاورزی و دام و طیور امروزه به‌شدت مورد توجه قرار گرفته است. از جمله این فن‌آوری‌های که در عصر حاضر در صنایع مختلف بسیار مورد توجه است، نانوتکنولوژی می‌باشد. نانوتکنولوژی، دستیابی به فن‌آوری‌های کار بر روی ذراتی با ابعاد 10^{-9} متر (نانومتر) می‌باشد [۱]. نانوزئولیت یکی از مواد تولیدشده توسط علم نانو است. با کاهش اندازه مولکول زئولیت به حد میلیاردیم متر، در حقیقت، سطح ویژه‌آن به‌طور قابل توجهی افزایش می یابد. مهم‌ترین خصوصیت زئولیت‌ها، وجود حفره‌های زیاد در شبکه آن است. زمانی‌که اندازه زئولیت‌ها، به مقیاس نانو رسانده شود، حفره‌های موجود در شبکه نانوزئولیت هزاران بار بیشتر می‌شود.

نقره فلزی است که از گذشته‌های دور خواص ضدمیکروبی آن شناخته شده است. فلز نقره در ابعاد بزرگ، خاصیت واکنش‌دهندگی کمی دارد، اما زمانی‌که به

ابعاد بسیار کوچک در حد نانومتر برسد خاصیت میکروب‌کشی آن افزایش می‌یابد [۱]. ذرات نانونقره از پایداری بالایی برخوردار بوده و با ایجاد رادیکال‌های آزاد سبب غیرفعال شدن عوامل میکروبی می‌شوند. در مطالعات انجام شده که از سطوح مختلف نانوزئولیت نقره در جیره های آلوده به آفلاتوکسین استفاده شده بود، کاهش وزن ناشی از مصرف ۰/۵ گرم در کیلوگرم آفلاتوکسین در جیره با استفاده از سطح ۰/۲۵ درصد نانوزئولیت بهبود یافت و با تیمار شاهد (بدون آفلاتوکسین) تفاوت معنی‌داری را نشان داد [۲۱]. لذا، وجود نقره و زئولیت در نانوزئولیت، باتوجه به ویژگی‌ها و خصوصیات آن‌ها، ممکن است سبب بهبود عملکرد و سلامتی طیور شود. با توجه به تولید نانوزئولیت حاوی نقره در کشور، بررسی قابلیت‌ها و خصوصیات زیستی این ماده در پرورش طیور گوشتی، ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی مقایسه‌ای اثرات زئولیت طبیعی و نانوزئولیت بر فلور میکروبی، خصوصیات استخوان درشت‌نی و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات طیور دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان در پاییز سال ۱۳۹۲ به مدت ۴۲ روز انجام گرفت. در این تحقیق، از ۳۳۶ قطعه جوجه یک‌روزه نر سویه راس-۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار، چهار تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی عبارتند از: جیره شاهد (فاقد افزودنی)، جیره‌های حاوی ۰/۵، یک و ۱/۵ درصد زئولیت طبیعی و جیره‌های حاوی ۰/۵، یک و ۱/۵ درصد نانوزئولیت. براساس آنالیز ارائه شده توسط شرکت سازنده، نانوزئولیت حاوی ۱/۵ درصد وزنی نانونقره و ۹۸/۵ درصد زئولیت طبیعی بود. جیره‌ها برای تأمین مقادیر حداقل نیازهای توصیه شده برای دو دوره آغازین (۲۱-۰ روزگی) و رشد (۴۲-۲۲ روزگی) تنظیم شدند (جدول‌های ۱ و ۲).

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب جیره‌های آزمایشی در دوره آغازین (برحسب درصد هوا خشک)

مواد خوراکی	شاهد	۰/۵ درصد زئولیت/نانوزئولیت	یک درصد زئولیت/نانوزئولیت	۱/۵ درصد زئولیت/نانوزئولیت
ذرت	۵۸/۹۱۵	۵۷/۸۶۳	۵۶/۸۱۲	۵۵/۷۶
کنجاله‌سویا (CP٪۴۴)	۳۵/۷۹۷	۳۵/۹۹۹	۳۶/۲	۳۶/۴۰۷
روغن‌آفتابگردان	۱/۳۷۲	۱/۷۲	۲/۰۶۹	۲/۴۱۷
کربنات کلسیم	۱/۲۸۷	۱/۲۸۵	۱/۲۸۳	۱/۲۸۱
دی‌کلسیم‌فسفات	۱/۴۱۲	۱/۴۱۴	۱/۴۱۵	۱/۴۱۷
جوش‌شیرین	۰/۱۷۵	۰/۱۵۷	۰/۱۵۷	۰/۱۵۷
نمک‌طعام	۳/۱۴	۳/۱۴	۳/۱۵	۳/۱۶
دی ال متیونین	۰/۱۴۷	۰/۱۴۸	۰/۱۴۹	۰/۱۵
مکمل ویتامینی[1]	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
مکمل معدنی[2]	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
زئولیت/نانوزئولیت[3]	صفر	۰/۵	۱	۱/۵
مقادیر تامین شده				
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰

ادامه جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب جیره‌های آزمایشی در دوره آغازین (برحسب درصد هوا خشک)

مواد خوراکی	شاهد	۰/۵ درصد زئولیت/نانوزئولیت	یک درصد زئولیت/نانوزئولیت	۱/۵ درصد زئولیت/نانوزئولیت
پروتئین (درصد)	۲۰/۸۴	۲۰/۸۴	۲۰/۸۴	۲۰/۸۴
کلسیم (درصد)	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۱
فسفرقابل دسترس (درصد)	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱
سدیم (درصد)	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸
لیزین (درصد)	۱/۱۲	۱/۱۲	۱/۱۲	۱/۱۲
متیونین‌وسیستین (درصد)	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲
ترئونین (درصد)	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹

۱ – هر کیلوگرم مکمل ویتامینی مورداستفاده تأمین‌کننده موارد زیر بود:۳۶۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامینA، ۸۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۷۲۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۸۰۰ میلی‌گرم ویتامین K_3، ۷۲۰ میلی‌گرم ویتامین B_1، ۲۶۴۰ میلی‌گرم ویتامین B_2، ۴۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_3، ۱۲۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_5، ۱۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_6، ۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_9، ۶ میلی‌گرم ویتامین B_{12}، ۶۰ میلی‌گرم ویتامین H_2، ۲۰۰۰۰۰ میلی-گرم کولین کلراید۶۰ درصد، ۴۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان و ۱۰۰۰ گرم کریر (سبوس گندم و کربنات کلسیم).

۲ – هر کیلوگرم از مکمل معدنی تأمین‌کننده موارد زیر بود: ۴۰۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۳۸۸۰ میلی‌گرم روی، ۴۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۴۰۰ میلی‌گرم ید، ۸۰ میلی‌گرم سلینیوم و ۱۰۰۰ گرم کریر (سبوس گندم و کربنات کلسیم).

۳ – درصد اکسیدهای تشکیل‌دهنده نانوزئولیت و زئولیت طبیعی مورد استفاده در آزمایش عبارت بودند از: اکسیدسیلسیوم ۶۶ درصد، اکسید آلومینیوم ۱۱/۴۳ درصد، اکسیدآهن ۱/۳ درصد، اکسیدکلسیم ۳/۱۱ درصد، اکسیدمنیزیم ۰/۷۲ درصد، اکسیدسدیم ۲/۰۱ درصد، اکسیدپتاسیم ۳/۱۲ درصد، پنتوکسیدفسفر ۰/۰۱ درصد، اکسیدمنگنز ۰/۰۴ درصد، اکسیدتیتانیوم ۰/۲۱ درصد و باقیمانده پس از سوزاندن ۱۲/۰۵ درصد [۲۶]. آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) ارائه شده توسط شرکت سازنده نشان داد که بیشترین فاز کریستالی تشکیل‌دهنده نمونه مورداستفاده، زئولیت طبیعی کلینوپتیلولیت با فرمول ساختاری $KNa_2Ca_2(Si_{29}Al_7)O_{72},24H_2O$ می‌باشد. L.O.I.: Loss on ingnition at 1000°C.

جدول ۲. مواد خوراکی و ترکیب جیره آزمایشی در دوره رشد (برحسب درصد هوا خشک)

مواد خوراکی	شاهد	۰/۵ درصد زئولیت/ نانوزئولیت	یک درصد زئولیت/ نانوزئولیت	۱/۵ درصد زئولیت/ نانوزئولیت
ذرت	۶۵/۰۳۱	۶۳/۹۷۹	۶۲/۹۲۸	۶۱/۷۷۶
کنجاله سویا (۴۴٪CP)	۳۵/۷۹۷	۳۵/۹۹۹	۳۶/۲	۳۶/۴۰۷
روغن آفتابگردان	۱/۷۰۶	۲/۰۵۵	۲/۴۰۳	۲/۷۵۲
کربنات‌کلسیم	۱/۳۷	۱/۳۶۸	۱/۳۶۶	۱/۳۶۴
دی کلسیم‌فسفات	۱/۰۴۴	۱/۰۴۵	۱/۰۴۷	۱/۰۴۸
نمک‌طعام	۳/۱۴	۳/۱۴	۳/۱۵	۳/۱۶
دی ال متیونین	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
مکمل ویتامینی[۱]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی[۲]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵

ادامه جدول ۲. مواد خوراکی و ترکیب جیره آزمایشی در دوره رشد (برحسب درصد هوا خشک)

مواد خوراکی	شاهد	۰/۵ درصد زئولیت/ نانوزئولیت	یک درصد زئولیت/ نانوزئولیت	۱/۵ درصد زئولیت/ نانوزئولیت
زئولیت/نانوزئولیت	۰	۰/۵	۱	۱/۵
مقادیر تأمین شده				
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰
پروتئین (درصد)	۱۸/۷۵	۱۸/۷۵	۱۸/۷۵	۱۸/۷۵
کلسیم (درصد)	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴
فسفرقابل دسترس (درصد)	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳
سدیم (درصد)	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴
لیزین (درصد)	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸
متیونین وسیستین (درصد)	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸
ترئونین (درصد)	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۹

۱ – هر کیلوگرم مکمل ویتامینی مورد استفاده تأمین‌کننده موارد زیر بود: ۳۶۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۸۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۷۲۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۸۰۰ میلی‌گرم ویتامین K_3، ۷۲۰ میلی‌گرم ویتامین B_1، ۲۶۴۰ میلی‌گرم ویتامین B_2، ۴۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_3، ۱۲۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_5، ۱۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_6، ۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_9، ۶ میلی‌گرم ویتامین B_{12}، ۶۰ میلی‌گرم ویتامین H_2، ۲۰۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید ۶۰ درصد، ۴۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان و ۱۰۰۰ گرم کریر (سبوس گندم و کربنات کلسیم).

۲ – هر کیلوگرم از مکمل معدنی تأمین‌کننده موارد زیر بود: ۴۰۰۰۰ میلی گرم منگنز، ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۳۸۸۰ میلی‌گرم روی، ۴۰۰۰ میلی گرم مس، ۴۰۰ میلی‌گرم ید، ۸۰ میلی‌گرم سلینیوم و ۱۰۰۰ گرم کریر (سبوس گندم و کربنات کلسیم).

در روز ۴۲ دوره آزمایشی یک قطعه جوجه از هر تکرار با وزن نزدیک به میانگین، انتخاب و به روش قطع رگ گردنی کشتار شدند. جهت تعیین صفات مربوط به خصوصیات لاشه از قبیل بازده لاشه، وزن سینه، ران‌ها، چربی محوطه بطنی، کبد و سنگدان، لاشه‌ها به روش استاندارد تفکیک شده و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱± گرم توزین شده و برحسب درصدی از وزن زنده پرنده بیان شد.

جهت بررسی جمعیت میکروبی ایلئوم جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی با استفاده از اسکالپر استریل برشی در ایلئوم ایجاد شده و یک گرم نمونه از محتویات داخل آن جدا و به لوله آزمایش منتقل شد و نه برابر وزن نمونه به آن‌ها محلول رقیق کننده سرم فیزیولوژیک افزوده شد و به کمک همزن همگن گردید. سپس یک میلی‌لیتر از محلول ۰/۱ برداشته شده به لوله آزمایش حاوی نه میلی‌لیتر محلول رقیق‌کننده اضافه و توسط ورتکس (IKA, Vortex3، آلمان) همگن گردید. به همین ترتیب نمونه‌ها تا رقت شش، رقیق‌سازی شد. از رقت‌های دو، چهار و شش برای شمارش کلنی استفاده شد. و بر روی محیط کشت‌های پلیت کانت آگار (PCA) و ائوزین متیلن‌بلو (EMB) (ساخت شرکت کیولب) کشت داده شدند. نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت درون انکوباتور قرار گرفتند و در پایان، تعداد کلنی‌های تشکیل شده در زیر کلنی کانتر شمارش شدند و نتایج حاصل از شمارش، در عکس رقت ضرب و به داده‌های لگاریتمی تبدیل شدند [۵].

جهت تعیین خصوصیات استخوان درشت‌نی، در سن

۴۲ روزگی و پس از کشتار، استخوان درشت‌نی چپ با استفاده از کارد مخصوص به دقت جدا شده و سپس درصد وزن نسبی به روش توصیه‌شده تعیین گردید [۱۵]. همچنین طول درشت‌نی با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۵ اندازه‌گیری شد. حجم استخوان درشت‌نی با قرار دادن استخوان درشت‌نی در استوانه مدرجی که حاوی مقدار مشخصی آب بود اندازه‌گیری شد [۱۵]. میزان چگالی (دانسیته) با تقسیم وزن استخوان درشت‌نی بر حجم آن محاسبه شد [۳۰]. برای تعیین میزان وزن نسبی استخوان خشک، درشت‌نی به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تا حصول وزن ثابت قرار داده شد. همچنین، برای به‌دست آوردن وزن خاکستر، درشت‌نی خشک شده به مدت ۲۴ ساعت در کوره با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد [۳۰].

در ۴۲ روزگی از هر واحد آزمایشی یک قطعه جوجه گوشتی با وزن نزدیک به میانگین، انتخاب شدند. سپس از ورید بالی آنها حدود ۵-۴ میلی‌لیتر خون گرفته شد. نمونه‌های خون به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Hermle-Z323K، آلمان) گردید تا سرم آن کاملاً جدا شد. آنالیز نمونه‌های سرم خون توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (Biochrom-libra S 12، انگلستان) با استفاده از کیت‌های اختصاصی (پارس آزمون) برای هر کدام از فراسنجه‌های خونی (کلسیم، فسفر و آنزیم‌های کبدی نظیر آسپارتات‌آمینوترانسفراز، آلکالین‌فسفاتاز و آلانین‌آمینوترانسفراز) به روش رنگ‌سنجی انجام شد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۱۹۹۹) با رویه مدل‌های خطی عمومی برای رابطه ۱ تجزیه و میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این رابطه، Y_{ij} مشاهده مربوط به هر صفت، μ میانگین صفت، T_i اثر تیمار iام آزمایشی و e_{ij} اثرخطای آزمایشی می‌باشد.

نتایج و بحث

اثر تیمارها بر بازده لاشه و وزن نسبی سینه و ران‌ها، چربی محوطه بطنی، کبد و سنگدان معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۳. اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن نسبی اندام‌های داخلی و اجزای لاشه (نسبتی از وزن زنده)

تیمارها	بازده لاشه (٪)	سینه (٪)	ران‌ها (٪)	چربی محوطه بطنی (٪)	سنگدان (٪)	کبد (٪)
شاهد	۶۰/۰۶	۱۴/۹۸	۱۹/۲۶	۰/۷۸	۲/۸۱	۲/۲۹
۰/۵ درصد زئولیت	۶۱/۰۵	۱۶/۰۰	۱۹/۸۶	۰/۸۱	۲/۵۸	۲/۲۷
یک درصد زئولیت	۵۸/۱۰	۱۳/۵۱	۱۸/۹۴	۰/۸۸	۲/۶۵	۲/۰۵
۱/۵ درصد زئولیت	۶۶/۱۶	۲۵/۳۲	۱۹/۵۶	۰/۸۱	۲/۸۵	۲/۴۴
۰/۵درصد نانوزئولیت	۵۷/۹۸	۲۴/۸۲	۱۹/۱۸	۰/۸۲	۲/۷۵	۲/۶۶
یک درصد نانوزئولیت	۵۷/۳۱	۲۴/۴۹	۱۸/۸۸	۰/۸۷	۲/۴۴	۲/۶۶
۱/۵ درصد نانوزئولیت	۵۷/۹۰	۲۳/۷۴	۱۸/۹۲	۰/۷۹	۲/۳۸	۲/۶۶
SEM	۲/۸۹	۱/۰۰۹۷	۰/۱۷۰۱	۰/۰۳۶۵	۰/۲۱۷۰	۰/۲۲۸۸

SEM: **خطای استاندارد میانگین‌ها**.

عدم‌تأثیر زئولیت بر درصد وزن سینه و ران‌ها با گزارش‌های دیگر هم‌خوانی دارد [۴، ۲۶]. میزان چربی محوطه بطنی با افزودن زئولیت به جیره غذایی افزایش می‌یابد زیرا افزودن چربی به جیره‌های حاوی زئولیت برای تنظیم انرژی قابل سوخت و ساز در حد جیره فاقد زئولیت الزامی است [۱۰]، درحالی‌که میزان چربی حفره بطنی، هنگام استفاده از زئولیت طبیعی نسبت به جیره شاهد کاهش می‌یابد [۱۶].

اثر تیمارها بر میزان فلور میکروبی روده نشان داد که در مقایسه با تیمار شاهد، کمترین تعداد کل باکتری‌ها و باکتری *اشریشیاکلی* مربوط به تیمار حاوی ۱/۵ درصد نانوزئولیت بوده است. به‌طورکلی، بدون درنظر گرفتن تیمار شاهد، با افزایش سطح زئولیت یا نانوزئولیت در جیره، میزان فراوانی باکتری *اشریشیاکلی* در ایلئوم روده کوچک در بین تیمارهای حاوی زئولیت یا نانوزئولیت کاهش عددی نشان داده است اما این کاهش فقط در مورد سطح ۱/۵ درصد نانوزئولیت معنی‌دار بوده است (جدول ۴)، به‌طوری‌که کاهش میزان فراوانی کل باکتری در داخل تیمارهای حاوی نانوزئولیت معنی‌دار بوده و از ۷/۲۶۴۶ به ۶/۷۹۱۷ کاهش معنی‌داری نشان داده است.

جدول ۴. اثر تیمارهای آزمایشی بر فلور میکروبی ایلئوم (برحسب لگاریتم).

تیمارها	کل باکتری	*اشریشیاکلی*
شاهد	۷/۵۰۴۸^{a}	۷/۰۲۹۰^{ab}
۰/۵ درصد زئولیت	۷/۱۳۴۸^{bc}	۷/۰۸۱۰^{a}
یک درصد زئولیت	۷/۱۳۲۲^{bc}	۶/۸۷۸۸^{abc}
۱/۵ درصد زئولیت	۷/۲۵۹۸^{ab}	۶/۸۴۹۲^{abc}
۰/۵درصد نانوزئولیت	۷/۲۶۴۶^{ab}	۶/۹۱۹۵^{abc}
یک درصد نانوزئولیت	۷/۰۹۸۲^{bc}	۶/۷۱۳۵^{bc}
۱/۵ درصد نانوزئولیت	۶/۷۹۱۷^{c}	۶/۶۳۴۰^{c}
SEM	۰/۱۰۸۳	۰/۰۹۷۷۴

a-c: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است ($P<0/05$).
SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

استقرار جمعیت میکروبی مناسب در دستگاه گوارش اهمیت بالایی دارد. به‌دنبال ایجاد تغییرات مناسب در جمعیت میکروبی، به‌خصوص در روده کوچک، ظرفیت هضم دستگاه گوارش افزایش و اتلاف موادمغذی کاهش می‌یابد. این دو اثر مقدار موادمغذی جذب شده از محتویات روده کوچک را افزایش می‌دهند [۲۱]. همان‌طورکه اشاره شد، نانوزئولیت مورد استفاده در آزمایش حاضر، حاوی ۱/۵ درصد نانو نقره می‌باشد. نقره فلزی است که از قرن‌ها پیش خواص دارویی و ضدمیکروبی آن شناخته شده است [۱۹]. با کاهش اندازه ذرات این فلز، خواص ضدمیکروبی آن به شدت افزایش می‌یابد [۲۷]. نانوذرات نقره توانایی تولید یون‌های نقره را دارند که می‌توانند با گروه‌های سولفور دیواره‌ی سلولی میکروب‌ها واکنش داده و با ممانعت از انتقال الکترون،

موجب مرگ آن‌ها شوند [۱۱]. در آزمایشی با افزودن نانونقره به آب آشامیدنی جوجه‌های گوشتی، افزایش میزان جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها به عنوان باکتری مفید در ایلئوم گزارش شد [۱۳]. در تحقیق دیگری، با افزودن نانوزئولیت به جیره جوجه‌های گوشتی، کاهش معنی‌دار کل باکتری‌ها و باکتری کلی‌فرم روده‌ها گزارش شد که با نتایج آزمایش حاضر هم‌خوانی داشت [۲۱].

در تحقیقی حساسیت *اشریشیاکلی* به وجود نقره نشان داده شده است. با توجه به این‌که باکتری *اشریشیاکلی* گرم منفی بوده و برای پذیرش نانونقره با ممانعت بیشتری در مقایسه با باکتری‌های گرم مثبت مواجه می‌باشد، لذا دیرتر از باکتری‌های گرم مثبت به نانوذرات پاسخ می‌دهند [۲۹].

مکانیسم مهارکنندگی نانوذرات نقره به عملکرد یون‌های نقره به محلول کلوئیدی برمی‌گردد. همچنین دگرگون ساختن میکروارگانیسم به‌وسیله تبدیل پیوندهای SH به S-Ag صورت می‌گیرد. در این مکانیسم، ذرات نانونقره فلزی به مرور زمان یون‌های نقره از خود ساطع می‌کنند. این یون ها طی واکنش جانشینی، باندهای SH را در جداره میکروارگانسیم به باندهای S-Ag تبدیل کرده، که نتیجه آن از بین رفتن میکروارگانیسم‌هاست [۲۵]. وزن، حجم، طول و چگالی در حالت تازه و خشک و خاکستر استخوان درشت‌نی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۵).

جدول ۵. اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات استخوان درشت‌نی جوجه‌های گوشتی

تیمارها	درشت‌نی تازه				درشت‌نی خشک‌شده				خاکستر (درصد)
	وزن (گرم)	طول (سانتی-متر)	حجم (سانتی‌متر مکعب)	چگالی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	وزن (گرم)	طول (سانتی-متر)	حجم (سانتی‌متر مکعب)	چگالی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	
شاهد	۱۰/۵۰	۹/۴۲	۴/۲۵	۲/۴۷	۵/۰۶	۹/۰۲	۲/۷۵	۱/۸۴	۱۲/۴۷
۰/۵ درصد زئولیت	۱۱/۰۲	۹/۴۷	۵/۲۵	۲/۰۹	۶/۳۹	۹/۱۷	۳/۲۵	۱/۹۶	۱۲/۲۰
یک درصد زئولیت	۱۰/۶۶	۹/۳۰	۴/۷۵	۲/۲۴	۵/۴۲	۹/۰۵	۲/۵۰	۲/۱۶	۱۱/۸۴
۱/۵ درصد زئولیت	۱۰/۷۳	۹/۴۷	۴/۷۵	۲/۲۵	۵/۱۳	۹/۰۷	۲/۲۵	۲/۲۸	۱۲/۷۶
۰/۵درصد نانوزئولیت	۱۰/۱۰	۹/۰۵	۴/۲۵	۲/۳۵	۵/۴۶	۹/۰۱	۲/۲۵	۲/۴۲	۱۲/۰۴
یک درصد نانوزئولیت	۱۰/۹۰	۹/۰۵	۴/۵۰	۲/۴۲	۵/۲۶	۹/۰۰	۲/۲۵	۲/۳۳	۱۱/۸۱
۱/۵ درصد نانوزئولیت	۱۱/۲۸	۹/۲۵	۴/۷۵	۲/۳۷	۵/۴۱	۹/۰۲	۲/۷۵	۱/۹۶	۱۲/۴۲
SEM	۰/۴۶	۰/۱۷	۰/۴۲	۰/۰۷	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۵۰

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

نتایج آزمایشات مختلف نشان‌دهنده عدم‌تأثیر قابل ملاحظه زئولیت بر خاکستر استخوان درشت‌نی است [۲]. برخی منابع عدم‌تأثیر زئولیت‌ها را بر فراسنجه‌های مربوط به استخوان درشت‌نی گزارش نموده‌اند [۳ و ۲۴]. اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان کلسیم و آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز سرم معنی‌دار نبود (جدول ۶). پرندگانی که در جیره خود ۰/۵ و یک درصد نانوزئولیت دریافت کردند، فسفر بیشتری در خون خود داشتند (P<۰/۰۵). همچنین، افزودن ۰/۵ درصد زئولیت و یک درصد نانوزئولیت به جیره، منجر به افزایش معنی‌دار میزان ALP سرم خون نسبت به تمامی تیمارها به‌جز ۰/۵ درصد نانوزئولیت شد (P<۰/۰۵). مکمل‌سازی جیره با یک درصد نانوزئولیت ALT سرم را نسبت به سایر تیمارها (به‌جز ۰/۵ درصد نانوزئولیت) افزایش داد (P<۰/۰۵). اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان کلسیم معنی‌دار نبود (جدول ۶).

جدول ۶. اثر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی

تیمارها	کلسیم (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	فسفر (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	ALP (واحد بین‌المللی بر لیتر)	AST (واحد بین‌المللی بر لیتر)	ALT (واحد بین‌المللی بر لیتر)
شاهد	۷/۵۷	۳/۷۷^{b}	۹۷۷/۷۵^{bcd}	۲۳۰/۲۵	۸/۲۵^{bc}
۰/۵ درصد زئولیت	۸/۵۷	۳/۹۲^{b}	۱۲۰۵/۵۰^{a}	۲۲۸/۵۰	۷/۷۵^{c}
یک درصد زئولیت	۹/۵۵	۴/۳۰^{b}	۱۰۰۹/۷۵^{bc}	۲۰۸/۷۵	۷/۵۰^{c}
۱/۵ درصد زئولیت	۹/۰۰	۴/۲۵^{b}	۸۶۴/۷۵^{d}	۲۳۲/۰۰	۶/۷۵^{c}
۰/۵درصد نانوزئولیت	۸/۷۷	۵/۵۷^{a}	۱۱۰۴/۲۵^{ab}	۲۲۴/۵۰	۱۰/۲۵^{ab}
یک درصد نانوزئولیت	۱۰/۳۷	۵/۴۷^{a}	۱۱۷۱/۰۰^{a}	۲۴۶/۷۵	۱۰/۷۵^{a}
۱/۵ درصد نانوزئولیت	۸/۲۲	۳/۳۷^{b}	۹۴۷/۷۵^{cd}	۲۲۹/۲۵	۷/۵۰^{c}
SEM	۰/۵۹۶۴	۰/۳۷۰۱۲	۴۱/۵۶۱۵	۱۱/۹۵۸۷	۰/۷۵۳۹

a-d – تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

SEM – خطای استاندارد میانگین‌ها، ALP – آلکالین فسفاتاز، AST – آسپارتات ترانس آمیناز، ALT – آلانین آمینوترانسفراز.

نتایج گزارش شده در مورد اثرات زئولیت‌ها بر فراسنجه‌های خونی، متناقض است. میزان کلسیم در سرم خون جوجه‌های تغذیه شده با جیره غذایی حاوی دو درصد زئولیت بالاتر از سطوح چهار و شش درصد زئولیت و گروه شاهد بود [۴]. همچنین، میزان آنزیم آسپارتات ترانس‌آمیناز در سرم خون مربوط به جوجه‌های تغذیه شده با چهار و شش درصد زئولیت نسبت به جیره شاهد و سطح دو درصد زئولیت بالاتر و اختلاف بین آنها نیز از نظر آماری معنی‌دار بود، ولی میزان فعالیت ALP در تمامی سطوح زئولیت به غیر از چهار درصد نسبت به جیره شاهد کمتر بود [۴].

کاهش میزان فعالیت ALP درجیره‌های حاوی سطوح

مختلف زئولیت گزارش شده است [۱۴]. با افزایش کلسیم جیره، میزان کلسیم سرم خون نیز افزایش یافته و میزان فعالیت ALP به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد [۱۴]. علت احتمالی این موضوع را وجود مقداری کلسیم در زئولیت طبیعی دانسته‌اند. افزودن زئولیت به جیره جوجه های گوشتی موجب کاهش آلکالین فسفاتاز سرم خون و افزایش کلسیم سرم خون می‌شود [۹].افزودن زئولیت طبیعی به جیره جوجه‌های گوشتی میزان کلسیم سرم خون را افزایش ولی میزان فسفر و آنزیم ALP را کاهش می دهد [۱۲].با افزودن زئولیت طبیعی به جیره جوجه های گوشتی، شاهد افزایش میزان کلسیم سرم خون و کاهش فعالیت آنزیم ALP بودند [۱۴]. همچنین، زئولیت طبیعی در جیره جوجه‌های گوشتی میزان کلسیم سرم خون را افزایش ولی میزان فسفر و ALP را کاهش می‌دهد [۱۲]. براساس نتایج تحقیق حاضر، افزودن نانوزئولیت به جیره جوجه‌های گوشتی، فلور باکتریایی روده را بهبود داده و فعالیت آنزیم-های شاخص کبدی را افزایش می‌دهد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان و نیز مسئولین ایستگاه تحقیقات طیور و آزمایشگاه‌های تغذیه دام و میکروبیولوژی دانشگاه قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. بهشتی‌فر م ر، عابدینی م ر و فرودی ف (۱۳۸۸) مطالعه اثرات استفاده از نانونقره بر عملکرد، بازده لاشه و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی. کشاورزی پویا. ۶(۴): ۳۹۴-۳۸۳.

۲. صفامهر ع و شیوازاد م (۱۳۸۵) مطالعه اثرات کلینوپتیلولیت بر عملکرد و پارامترهای هماتولوژی و بیوشیمیایی سرم جوجه‌های گوشتی مبتلا به آفلاتوکسیکوزیس. علوم کشاورزی ومنابع طبیعی. ۱۳: ۶۳-۵۳.

۳. صفری م ح، شمس شرق م، امینی آ و طاطار الف (۱۳۹۳) اثرات سطوح مختلف گلاکونیت و زئولیت طبیعی بر عملکرد، خصوصیات استخوان درشت‌نی و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی. پژوهش و سازندگی. ۱۰۵: ۶۶-۵۵.

۴. لطف‌الهیان ه، شریعتمداری ف، شیوآزاد م و میرهادی س الف (۱۳۸۳) بررسی اثرات استفاده از دو نوع زئولیت طبیعی در جیره‌های غذایی بر عوامل بیوشیمیایی خون، وزن نسبی اندام‌های داخل بدن و عملکرد جوجه‌های گوشتی. پژوهش و سازندگی. ۶۴: ۳۴-۱۸.

۵. منتظر ز (۱۳۸۸) اصول علمی میکروبیولوژی در مواد غذایی. مؤسسه فرهنگی انتشاراتی خاتم.

6. Abas I, Bilal T and Eseceli H (2011) The effect of organic acid, zeolite, or their combination on performance, some serum indices, and ileum pH values in broilers fed with different phosphorus levels. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science. 35(5): 337-344.

7. Andronikashvili T, Pagava K, Kurashvili T and Eprikashvili L (2009) Possibility of application of natural zeolite for medical purposes. Bulletin of Georgian National Academy of Sciences. 3(2): 158-167.

8. Auerbach SM, Carrado KA and Dutta PA (2003) Zeolite science and technology. Marcel Dekker, INC, New York. 39p.

9. Bertechini AG, Hossain S and Nober PTC (1994) Effect of natural zeolites and amounts on performance and characteristics of plasma and tibia of broiler fowls. Departmento Dezootecnia Brazil. 46: 545-552.

10. Cornejo VS, Klohn EA, Hidalgo OH and Pokniak RJ (1995) Inclusion of natural chilean zeolite (clinoptilolite) in diets for broiler chickens. Advances -en - ciencias - veterinarians 10: 32-37. In CAB Abstract.

11. Davies RL and Etris SF (1997) The development and functions of silver in water purification and disease control. Catalysis Today. 36: 107- 114.

12. Edwards HM, Elliot MA and Soocharenying S (1992) Effect of dietary calcium and tibia dyschondroplasia: interaction with light, cholecalciferol, 1, 25-dihydroxycholecalciferol, protein and synthetic zeolite. Poultry Science. 71: 2041-2055.

13. Hassanabadi A, Hajati H and Bahreini L (2012) The effects of nano-silver on performance, carcass characteristics, immune system and intestinal microflora of broiler chickens. Proceeding 3rd International Veterinary Poultry Congress. Tehran, Iran.

14. Hossein S, Bertechini AG and Nober PTC (1994) Effect of natural zeolite and amounts of calcium on performance and characteristics of plasma and tibia of broiler fowls. Arguivo de Medicina Veterinaria e Zootenia. (In CAB Abst.).

15. Kim WK, Donalson LM, Herrera P, Woodward CL, Kubena LF, Nisbet DJ and Ricke S C (2004) Effect of different bone preparation method (fresh, dry, and fat-free dry) on bone parameters and the correlation between boon breaking strength and the other bone parameters. Poultry Science. 83:1663-1666.

16. Lon-Wo E, Zaldivar V and Margoles E (1993) Effects of natural zeolite on poultry feeding with nutritional levels or high mycotoxin contamination. Poultry Abstracts. 19: 347.

17. Mallek Z, Fendri I, Khannous L, Ben Hassena A, Traore AI, Ayadi MA and Gdoura R (2012) Effect of zeolite (clinoptilolite) as feed additive in Tunisian broilers on the total flora, meat texture and the production of omega 3 polyunsaturated fatty acid. Lipids in Health and Disease. 11:35.

18. Mumpton FA and Fishman PH (1977) The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. Animal Science. 45: 1118-1203.

19. Rai M, Yadav A and Gade A (2009) Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. Biotechnology Advances. 27: 76- 83.

20. Safaeikatouli M, Jafariahangari Y and Baharlouei A (2011) An evaluation on the effect of dietary kaolin and zeolite on broilers blood parameters, T4, TSH and growth hormones. Pakistan Journal of Nutrition. 10(3): 233-237.

21. Shabani A, Dastar B, Khomeiri M, Shabanpour B and Hassani S (2010) Response of broiler chickens to different leves of nanozeolite during experimental aflatoxicosis. Biological Sciences. 10: 4362-367.

22. Shariatmadari F (2008) The application of zeolite in poultry production. World's Poultry Science. 64: 76-84.

23. Smical I (2011) Properties of natural zeolites in benefit of nutrition and health: human & veterinary medicine. International Journal of the Bioflux Society. 3(2): 51-57.

24. Strakova E, Pospisil R, Suchy P, Steinhauser L and Herzig I (2008) Administration of clinoptilolite to broiler chickens during growth and its effect on the growth rate and bone metabolism indicators. Acta Veterinaria. 77: 199-207.

25. Tahan C, Leung R, Zenner GM, Ellison KD, Crone WC and Miller CA (2006) Nanotechnology and improving packaged food quality and safety. American Journal of Physics. 74(5):443-448.

26. Tatar A, Boldaji F, Dastar B, Hassani S and Yalcin S (2012). Effects of dietary supplementation with perlite and zeolite on performance, litter quality and carcass characteristics of broilers from 7-42 days of age. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 3(6):1148-1154.

27. Williams D (2002) Medical technology: How small can we go? Medical Device Technology Journal. 4: 7-9.

28. Wu QJ, Wang YQ, Zhou YM and Wang T (2012) Dietary effects of natural and modified clinoptilolite supplementation on growth performance, fat deposition and carcass characteristics of broilers. Animal and Veterinary Advances. 11(22): 4263-4268.

29. Yoon KY, Byeon JH, Park JH and Hwang J (2007) Susceptibility constants of *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* to silver and copper nanoparticles. Science of the Total Environment. 373: 572-575.

30. Zhang B and Coon CN (1997) The relationship of various tibia bone measurements in hens. Poultry Science. 76: 1698-1701.