دوفصلنامه ترویجی
علوم و فنون دامپروری
شماره ۴۷، بهار و تابستان ۱۴۰۴
ص‌ص: ۲۵~۳۸

تأثیر سطوح مختلف کلسیم و فسفر جیره با و بدون افزودن آنزیم فیتاز باکتریایی و ویتامین D3 بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و کیفیت استخوان درشت‌نی جوجه‌های گوشتی

حسنا حاجاتی (نویسنده مسئول)۱، سیدعبداله حسینی۱، حسن خمیس‌آبادی
۱- موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج ، ایران

تاریخ دریافت : اردیبهشت ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش : تیر ۱۴۰۴
شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۲۶۳۴۲۵۶۰۰۱
Email: h.hajati@areeo.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ AASRJ.2024.366554.1292

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف کلسیم و فسفر بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و کیفیت استخوان جوجه‌های گوشتی انجام شد. تعداد ۵۴۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه آرین در قالب طرح کاملا تصادفی به ٦ تیمار، ٦ تکرار و ۱۵ قطعه جوجه در هر تکرار اختصاص داده شدند. تیمارهای شش‌گانه آزمایشی شامل: تیمار شاهد، جیره حاوی درصدهای استاندارد کلسیم و فسفر آغازین (۱/۰۲، ۰/۵۱)، رشد (۰/۹۳، ۰/۴۷) و پایانی (۰/۸٤، ۰/٤۲)؛ تیمارهای ۲، ۳ و ٤ با درصدهای کاهشی کلسیم و فسفر به میزان حدود ۹ درصد و به فاصله ۰/۰٦ و ۰/۰۳ به ترتیب برای کلسیم و فسفر؛ تیمار پنجم، جیره حاوی درصدهای کاهش یافته کلسیم و فسفر آغازین (۰/۹، ۰/٤۵)، رشد (۰/۸۱، ۰/٤۱) و پایانی (۰/۷۲، ۰/۳٦) به همراه ۱۰۰۰۰ واحد فعال آنزیم فیتاز و ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D؛ تیمار ششم، جیره حاوی درصدهای کاهش یافته کلسیم و فسفر آغازین (۰/۸٤، ۰/٤۲)، رشد (۰/۷۵، ۰/۳۸) و پایانی (۰/٦٦، ۰/۳۳) به همراه ۱۰۰۰۰ واحد فعال آنزیم فیتاز و ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامینD بودند. در کل دوره آزمایش تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد، درصد کلسیم، فسفر و فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم خون، صفات لاشه و شمارش سلول‌های خونی جوجه‌های گوشتی نداشتند، اما از نظر وزن و صفات کیفی استخوان درشت‌نی و کاهش هزینه هر کیلوگرم خوراک (۱۰ درصد)، تیمار پنج از عملکرد بهتری نسبت به بقیه تیمارها برخودار بود (p<۰/۰۵). بطور کلی بر اساس نتایج این آزمایش، تیمار پنج با درصدهای کمتر کلسیم و فسفر (حدود ۱۸ درصد) مکمل شده با آنزیم فیتاز و ویتامین D و با ۱۰ درصد هزینه کمتر در هر کیلوگرم خوراک برای جوجه‌گوشتی آرین در مقاطع مختلف پرورش بهترین تیمار بود و قابل توصیه به مرغداران می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جوجه‌گوشتی، عملکرد رشد ، فراسنجه‌های خونی، فسفر، کلسیم

بیان مسئله

مواد معدنی نقش مهمی در تغذیه جوجه‌های گوشتی دارند به‌طوریکه کمبود یا مقدار اضافی آن‌ها در جیره از بروز پتانسیل کامل پرنده در مرحله رشد جلوگیری می‌کند (Muniz *et al.*, 2007). کلسیم (Ca) و فسفر (P) مواد معدنی ضروری برای رشد و توسعه اسکلتی در جوجه‌های گوشتی هستند. طبق توصیه‌های راهنمای تغذیه سویه راس ۳۰۸ (۲۰۱۹)، نیازهای کل کلسیم و فسفر قابل دسترس (aP) برای جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸ بسته به مرحله رشد، بین ۷/۲ تا ۹/۶ گرم در کیلوگرم و ۳/۶ تا ۴/۸ گرم در کیلوگرم و مطابق راهنمای سویه آرین (۱۴۰۰) نیازهای کلسیم و فسفر قابل دسترس برای جوجه‌های گوشتی آرین بسته به مرحل رشد بین ۷/۸ تا ۹/۶ گرم در کیلوگرم و ۳/۹ تا ۴/۸ گرم در کیلوگرم اعلام شده است. آرین تنها لاین مرغ گوشتی موجود در کشور عزیزمان ایران می باشد و از جمله وظایف متخصصین تغذیه طیور برآورد دقیق احتیاجات این سرمایه ملی و کمک به تأمین رفاه این پرنده و کاهش هزینه‌های تولید می‌باشد. تولید مرغ سایز، افزایش تعداد دفعات جوجه‌ریزی در سال، کاهش چربی لاشه، ارتقای سطح سلامت و کاهش ریسک ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی مصرف‌کنندگان از جمله مزایای پرورش مرغ آرین است (Kasraei and Hessabi Namaghi, 2013). مشخص شده است که به‌هم‌پیوستگی گوشت ران آرین نسبت به راس بیشتر است (Mehdizadeh et al., 2022). این ویژگی در عضلات این سویه می‌تواند نشان‌دهنده بیشتر بودن سطح پروتئین و کم‌تر بودن سطح چربی گوشت باشد. از طرف دیگر، از آنجاییکه کود حاصل از سالن‌های پرورش جوجه گوشتی حاوی مقادیر زیادی فسفر می‌باشد و اثرات زیان‌بار دفع فسفر به محیط زیست و آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی کاملا مشخص شده است و نیز با توجه به گران قیمت بودن فسفر، تنظیم دقیق جیره مطابق با احتیاجات پرنده حائز اهمیت زیادی می‌باشد. بخش اعظم فسفات خوراک از سنگ فسفات تأمین می‌شود که منبعی تجدید ناپذیر، گران و کمیاب است و این منبع ممکن است طی ۱۰۰-۵۰ سال آینده به اتمام برسد (Li et al., 2016). طی سال‌های اخیر متخصصان تغذیه طیور تلاش فراوانی را در جهت افزایش بازده استفاده از فسفر انجام داده‌اند و چندین راهکار برای صرفه‌جویی در مصرف منابع فسفر و کاهش دفع فسفر در فضولات طیور پیشنهاد شده است. از جمله این پیشنهادات تهیه جیره‌هایی است که مقدار فسفر قابل دسترس در آنها دقیقا برابر با نیاز پرنده باشد (Bailey et al., 2020). همچنین، استفاده از سطوح بالای کلسیم در جیره‌های امروزی که اغلب با آنزیم فیتاز فرموله می‌شوند سبب کاهش عملکرد و توسعه استخوان‌ها و تداخل در جذب عناصر معدنی پرمصرف خواهد شد (Bedford & Rousseau, 2017). ممکن است کلسیم با اسیدهای چرب اشباع آزاد صابون تشکیل بدهد و قابلیت هضم انرژی جیره کاهش یابد و نیز با فسفر غیرآلی در روده تشکیل کمپلکس فیتات-معدنی بدهد. کمپلکس فیتات-کلسیم نه تنها سبب کاهش جذب کلسیم می‌شود، بلکه سبب کاهش فعالیت فیتاز اندوژنوس و اگزوژنوس نیز می‌شود. بنابراین کاهش سطح کلسیم جیره ممکن است کارایی استفاده از فسفر را بهبود دهد در حالیکه مقادیر اضافی کلسیم در جیره می‌تواند کمبود فسفر را تشدید کند. بنابراین به نظر می‌رسد کاهش ملایم سطح کلسیم جیره سبب افزایش زیست فراهمی فسفر و دیگر مواد مغذی می‌شود (Bedford & Rousseau, 2017). کسرایی و حسابی نامقی (۲۰۲۰) گزارش دادند که استفاده از سطوح ۱۵ درصد کلسیم و فسفر کمتر از جیره استاندارد (توصیه شده برای سویه آرین) منجر به بیشترین خوراک مصرفی، افزایش وزن و بهترین ضریب تبدیل غذایی شد. حسینی واشان و همکاران (۱۴۰۱) تأثیر سطوح مختلف کلسیم و فسفر بر صفات لاشه را در جوجه‌های گوشتی آرین مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه با استفاده از ۴۲۰ قطعه جوجه آرین در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار نسبت کلسیم و فسفر (توصیه شده آرین) شامل ۸۸، ۹۴، ۱۰۰ و ۱۰۲ درصد (۴ تیمار)، ۷ تکرار و هر تکرار ۱۵ قطعه جوجه گوشتی انجام شد. نتایج نشان داد راندمان لاشه، وزن نسبی اندامهای لاشه شامل وزن نسبی سینه، ران، قلب، چربی بطنی تحت تاثیر سطوح

مختلف کلسیم و فسفر در طول دوره پرورش قرار نگرفت. لذا به نظر می‌رسد تعیین مجدد احتیاجات کلسیم و فسفر غیر فیتاته برای جوجه گوشتی آرین به جهت بهبود کارایی اقتصادی، مسائل زیست محیطی و نیز رفاه پرنده‌ها ضروری است. لذا این تحقیق به جهت بررسی تأثیر تغذیه سطوح مختلف کلسیم و فسفر در دوران آغازین، رشد و پایانی بر عملکرد رشد و کیفیت استخوان درشت-نی جوجه‌های گوشتی آرین طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از ۵۴۰ قطعه جوجه یک روزه نر و ماده گوشتی سویه آرین استفاده شد. جوجه‌ها پس از وزن‌کشی، به طور تصادفی در ۳۶ جایگاه توزیع شدند به نحوی که میانگین وزن جایگاه‌ها یکسان بود. هر جایگاه دارای یک آبخوری و یک دانخوری بود و بر اساس اندازه پرنده، ارتفاع دانخوری‌ها و آبخوری‌ها تنظیم می‌شد. برنامه نوری به صورت ۲۳ ساعت روشنایی و ۱ ساعت تاریکی انجام شد. دمای سالن در شروع دوره پرورش ۳۳ درجه سانتی‌گراد بود که به تدریج هفته‌ای ۳ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. دسترسی پرندگان به آب و خوراک در سراسر دوره پرورش به صورت آزاد بود. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۶ تیمار، ۶ تکرار و تعداد ۱۵ جوجه در هر تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی (شامل تیمار شاهد و سطوح کاهشی کلسیم و فسفر جیره مکمل شده با آنزیم فیتاز و ویتامین D) در این مطالعه به شرح جدول ۱ بود.

جدول ۱. تیمارهای آزمایشی در این مطالعه به شرح زیر بود:

تیمار اوّل	تیمار شاهد، جیره حاوی سطوح کلسیم و فسفر آغازین (۱/۰۲، ۰/۵۱)، رشد (۰/۹۳، ۰/۴۷)، پایانی (۰/۸۴، ۰/۴۲)
تیمار دوّم	جیره پایه حاوی سطوح کلسیم و فسفر آغازین (۰/۹۶، ۰/۴۸)، رشد (۰/۸۷، ۰/۴۴)، پایانی (۰/۷۸، ۰/۳۹)
تیمار سوّم	جیره حاوی سطوح کلسیم و فسفر آغازین (۰/۹، ۰/۴۵)، رشد (۰/۸۱، ۰/۴۱)، پایانی (۰/۷۲، ۰/۳۶)
تیمار چهّارم	جیره حاوی سطوح کلسیم و فسفر آغازین (۰/۸۴، ۰/۴۲)، رشد (۰/۷۵، ۰/۳۸)، پایانی (۰/۶۶، ۰/۳۳)
تیمار پنجم	جیره حاوی سطوح کلسیم و فسفر آغازین (۰/۹، ۰/۴۵)، رشد (۰/۸۱، ۰/۴۱)، پایانی (۰/۷۲، ۰/۳۶) و به همراه آنزیم فیتاز ۱۰۰۰۰ FTU و ۵۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D
تیمار ششم	جیره حاوی سطوح کلسیم و فسفر آغازین (۰/۸۴، ۰/۴۲)، رشد (۰/۷۵، ۰/۳۸)، پایانی (۰/۶۶، ۰/۳۳) به همراه آنزیم فیتاز ۱۰۰۰۰ FTU و ۵۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D

قبل از تنظیم جیره، میزان کلسیم و فسفر صدف، مکمل‌های معدنی و ویتامینه (۳ تکرار) در آزمایشگاه تعیین شد (جدول ۲).

جدول۲. محتوای کلسیم و فسفر در صدف، دی‌کلسیم‌فسفات، مکمل مواد معدنی و ویتامینه.

	صدف	دی‌کلسیم‌فسفات	مکمل معدنی	مکمل ویتامینه
کلسیم (٪)	۳۰/۱۶	۲۳/۷	۱۶/۵۹	۱۵/۴۱
فسفر (٪)	۰/۱۱	۱۸/۸	۰/۱۱۵	۰/۷۹۶

هم‌چنین قبل از تغذیه جوجه‌ها با جیره تنظیم شده، به دلیل نگرانی از آلودگی قارچی ذرت و کنجاله سویا، نمونه برداری از تیمارهای آزمایشی انجام و مخلوط یکنواخت از نمونه‌ها تهیه شد و شمارش کل بار میکروبی ($۵/۹ \times ۱۰^۴$) انجام شد. آنزیم فیتاز مورد استفاده فیتاز باکتریایی حاوی ۱۰۰۰۰ واحد فعّال بود که به میزان ۵۰ گرم در تن خوراک مصرف شد. ویتامین D_3 نیز به میزان ۵۰۰۰ واحد در هر کیلوگرم خوراک افزوده شد. یک واحد بین المللی ویتامین D برابر ۰/۰۲۵ میکروگرم کوله کلسیفرول است که در این تحقیق

از ویتامین D گرید انسانی به صورت ۱۲/۵ میلی گرم به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم به خوراک اضافه شد. احتیاجات مواد مغذی بر اساس راهنمای مدیریت پرورش جوجه گوشتی آرین (۱۴۰۰) در نظر گرفته شد و جیره‌ها با نرم افزار تخصصی جیره‌نویسی (win feed 2.8) تنظیم شد.

صفات مورد مطالعه

عملکرد رشد (وزن بدن، خوراک مصرفی، ضریب تبدیل غذایی، شاخص کارایی تولید)

در روزهای ۱، ۷، ۱۴، ۲۸،۳۵، ۴۲ و ۴۹ روزگی به منظور اندازه-گیری وزن بدن پرنده‌ها، تمام پرنده‌ها موجود در هر جایگاه، داخل جعبه پلاستیکی قرار گرفتند و با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین شدند. دان هر واحد آزمایشی در سطل هایی با شماره همان واحد آزمایشی برای پرنده‌ها ریخته شد و میزان مصرف دان به صورت هفتگی اندازه‌گیری شد. ضریب تبدیل غذایی در روزهای ذکر شده برای هر واحد آزمایشی و هر تیمار با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد: ضریب تبدیل غذایی= مجموع خوراک مصرفی هر واحد آزمایشی/مجموع افزایش وزن هر واحد آزمایشی

در پایان آزمایش، فاکتور کارایی تولید اروپایی جوجه‌های گوشتی طبق فرمول زیر محاسبه شد:

۱۰۰× (تعداد روزهای پرورش × ضریب تبدیل خوراک)/ (درصد زنده مانی × وزن زنده (کیلوگرم)) = شاخص کارایی تولید

خصوصیات لاشه

در سن ۴۲ روزگی دوره پرورش، تعداد دو قطعه پرنده از هر تکرار (نزدیک به میانگین وزن آن تکرار) انتخاب شد و بعد از وزن‌کشی، کشتار شدند و بعد از جدا کردن پوست به همراه پر، پاها از قسمت مفصل خرگوشی و خالی کردن محتویات دستگاه گوارش، بازده لاشه، نسبت قطعات لاشه شامل سینه و ران نسبت به وزن زنده بررسی و تجزیه و تحلیل شدند.

هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم وزن زنده

هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم وزن زنده از ضرب ضریب تبدیل غذایی در قیمت هر کیلوگرم خوراکی که پرنده در هردوره (آغازین، رشد و پایانی) مصرف کرده بود، بدست آمد و مجموع آن برای کل دوره محاسبه شد.

اندازه‌گیری میزان کلسیم، فسفر و فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم خون

در روز ۴۲ پرورش، از ورید بال تعداد ۲ قطعه پرنده در هر واحد آزمایشی خونگیری شد. بعد از جداسازی نمونه‌های سرم، غلظت کلسیم، فسفر و فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم خون به کمک دستگاه اتوآنالایزر اسپکتروفتومتری و با استفاده از کیت‌های زیست شیمی[1] تعیین شد.

شمارش تفریقی گلبول‌های سفید خون

در روز ۴۲ پرورش، از ورید بال دو قطعه پرنده به ازای هر تکرار خون‌گیری به عمل آمد و در لوله‌های آزمایش حاوی ماده ضد انعقاد هپارین ریخته شد. سپس بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شد. شمارش تعداد کل گلبولهای سفید با استفاده از محلول رقیق کننده نات-هریک (Natt-Herrick) و لام نئوبار توسط میکروسکوپ نوری انجام شد. روش نات-هریک یکی از روش-های شمارش مستقیم گلبول‌های سفید خون است که در این فرمول تعداد کل گلبول‌های سفید خون برابر است با تعداد گلبول-های سفید شمارش شده ضرب‌در ۲۲۰ (Aziz Ali-abadi et al., 2017). شمارش تفریقی گلبول‌های سفید شامل تعداد هتروفیل و لنفوسیت با استفاده از روش رنگ‌آمیزی گیمسا انجام شد (Hajati *et al.*, 2020).

بررسی کیفیت استخوان درشت‌نی

برای تعیین میزان کلسیم و فسفر، نمونه‌ها به حالت پودری تبدیل و سنجش میزان کلسیم و فسفر نمونه‌ها مطابق Díaz-Alonso و همکاران (۲۰۱۹) انجام شد. به منظور بررسی خصوصیات ظاهری استخوان درشت‌نی، بعد از یخ گشایی، بافت‌های نرم اطراف استخوان‌ها با استفاده از تیغ جراحی جدا شد سپس هر استخوان به منظور چربی‌زدایی به مدت ۵ دقیقه در داخل استیلن قرار گرفت پس از تبخیر استیلن، استخوان‌ها به مدت ۳ ساعت در آون ۶۵ درجه‌سانتی گراد قرار گرفتند. در مرحله بعد خصوصیات ظاهری استخوان از قبیل وزن استخوان (با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱± گرم) و طول (با دقت ۰/۰۱± میلی متر) اندازگیری و ثبت

[1] Ziest Chem Diagnostic, Tehran, Iran

شد. برای انجام آزمون استحکام استخوان، از دستگاه آزمون استحکام مواد و بر طبق استاندارد ASABE[۲] انجام شد (دستگاه ساخت کشور چین، شماره سریال دستگاه: DBBP 800 شرکت BONGSHIN). این استاندارد برای تخمین ویژگی‌های فیزیکی استخوان حیوانات از قبیل: آستانه مقاومت شکستن، آستانه مقاومت خمشی، مدول ویژه الاستیسیته و انرژی شکست می‌باشد. شاخص نیرومندی و شاخص تیبیوتارسال نیز محاسبه شد (Mutus *et al.*, 2006). در پایان آزمون استحکام، جهت انجام سایر آزمایش‌ها، قطعات هر استخوان در کیسه‌های درب‌دار و شماره‌دار قرار داده شد.

برای تعیین میزان کلسیم و فسفر، نمونه‌ها باید به حالت پودری تبدیل شود به همین دلیل نمونه‌ها در هاون کوبیده شده و پودر شدند. سپس به میزان ۱ گرم از هر نمونه به همراه ۱۵ سی‌سی اسید نیتریک داخل بشر ریخته شد و سپس مراحل هضم همانند مراحل هضم خوراک انجام شد با این تفاوت که به علت سوخته شدن کامل نمونه‌ها دیگر نیازی به اضافه کردن پرکلریدیک اسید نبود و اضافه نشد.

برای تعیین میزان عنصر کلسیم نمونه‌های هضم شده از دستگاه جذب اتمی استفاده شد. بعد از روشن کردن دستگاه، لامپ کاتد عنصر در موقعیت مخصوص قرار گرفت. سپس استانداردهای مخصوص در غلظت های ۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر به دستگاه معرفی شد. سپس دستگاه منحنی استاندارد را رسم کرد. پس از ریختن نمونه‌ها در لوله های آزمایش، میزان کلسیم برای هر نمونه به صورت دستی خوانده و ثبت شد. غلظت برخی از نمونه‌ها بالاتر از غلظت استاندار معرفی شده بود لذا در این شرایط ابتدا نمونه رقیق‌سازی شده و سپس توسط دستگاه خوانده شد. به علت بالا بودن میزان غلظت فسفر، یک سی‌سی از محلول هضم شده استخوان به داخل ارلن ۱۰۰ سی‌سی ریخته شد و با اضافه کردن آب مقطر به حجم ۱۰۰ رسید تا محلول ۱ به ۹۹ رقیق شود. سپس به ترتیب: یک سی‌سی معرف مولیبدو وانارات، ۲/۵ سی‌سی نمونه به حجم رسیده استخوان، ۲/۵ سی‌سی آب مقطر دو بار تقطیر شده به لوله آزمایش اضافه کرده و ورتکس شدند تا محلولی کاملا یکنواخت ایجاد شود سپس از طی مراحل ذکر شده برای هر نمونه، مقدار فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتری خوانده شد.

تجزیه آماری

کلیه داده‌های آزمایش‌های فوق با نرم افزار Excel وارد رایانه شد. محاسبات لازم برای صفات مورد اندازه گیری و گروه بندی و مرتب کردن داده‌ها جهت آنالیز با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد. نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار (SAS, 2008) و با استفاده از رویه مدل خطی عمومی (GLM) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن[۳] انجام شد. داده‌هایی که در محدوده صفر تا ۳۰ و ۷۰ تا ۱۰۰ درصد بودند پیش از تجزیه آماری به روش Arcsin به صورت نرمال در آمده سپس مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مدل آماری به صورت زیر بود:

$Yij = \mu + Ti + eij$

Yij = مقدار مشاهد ij ام

μ = میانگین کل

Ti = اثر تیمار i ام

eij = اثر اشتباه آزمایشی

نتایج و بحث

عملکرد رشد (مصرف خوراک، افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی)

جدول‌های ۲ و ۳ تأثیر سطوح مختلف کلسیم و فسفر جیره را بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی آرین نشان می‌دهد. نتایج نشان داد طی ۴۲-۱ روزگی، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی مشاهده نشد اما جوجه‌های تغذیه شده با T5 از لحاظ عددی بهترین ضریب تبدیل غذایی را بروز دادند. شاخص کارایی تولید نیز به لحاظ عددی در گروه تغذیه شده با تیمار ۵ بیشترین مقدار بود. هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در جوجه‌های تغذیه شده با T4بیشترین و در جوجه‌های تغذیه شده با T5 کمترین مقدار بود. عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی آرین در کل دوره پرورش (۴۲-

[۲] American Society of Agricultural and Biological Engineers

[۳] Duncan's multiple range test

۱ روزگی) می‌تواند نشان‌دهنده این موضوع باشد که کاهش سطح کلسیم و فسفر جیره برای تأثیر بر عملکرد رشد پرنده کافی نبوده و لذا به نظر می‌رسد میزان نیاز جوجه‌های گوشتی آرین به کلسیم و فسفر کمتر از توصیه راهنمای سویه آرین می‌باشد. Kasraei and Hessabi Namaghi (2020)، اثر سطوح کلسیم و فسفر با و بدون آنزیم فیتاز را بر عملکرد، آنزیم‌های کبدی و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی سویه آرین بررسی کردند. تیمارهای مورد آزمایش شامل :گروه شاهد (توصیه سویه تجاری، ۱ درصد کلسیم و ۰/۵ درصد فسفر)، ۱۵ و ۳۰ درصد کاهش (با و بدون آنزیم فیتاز) و ۱۵ درصد افزایش در سطوح کلسیم و فسفر بود. نتایج این محققین نشان داد که جیره ۱۵ درصد کلسیم و فسفر کمتر از میزان توصیه شده راهنمای آرین، بیشترین مصرف خوراک، اضافه وزن و بهترین ضریب تبدیل غذایی را در کل دوره (۴۲-۱ روزگی) بروز دادند. انجمن ملی تحقیقات (۱۹۹۴) راهنمای احتیاجات مواد مغذی برای طیور را منتشر کرد به طوریکه ۱ درصد کلسیم برای جوجه‌های گوشتی در سنین ۰ تا ۲۱ روزگی، ۰/۹ درصد کلسیم برای سنین ۲۱ تا ۴۲ روزگی، ۰/۸ درصد برای سنین ۴۲ تا ۵۶ روزگی در نظر گرفته شد. در راهنمای پرورش جوجه گوشتی آرین نیز میزان ۰/۹۶ درصد کلسیم برای سنین ۰ تا ۱۴ روزگی، ۰/۸۷ درصد کلسیم برای سنین ۱۵ تا ۲۴ روزگی و ۰/۷۸ درصد کلسیم برای سنین ۲۵ تا ۳۵ روزگی اعلام شد. اما آزمایش‌هایی که برای تعیین نیاز کلسیم یا فسفر این پرندگان انجام شد بدون استفاده از آنزیم فیتاز بوده که امروزه استفاده از آن در فارم‌های پرورش طیور کاملا مرسوم شده است. کلسیم در لومن روده باید محلول باشد تا جذب شود. به‌ویژه در شرایط داخل روده کوچک، فیتات می‌تواند کلسیم را ته‌نشین کند و کمپلکس نامحلول کلسیم-فیتات تولید شود (Selle *et al.*, 2009). به منظور کاهش تأثیر منفی فیتات، فیتاز توسط متخصصین طیور از سال ۱۹۹۱ برای تنظیم جیره‌های جوجه‌های گوشتی مورد استفاده قرار گرفت (Bedford, 2003). فیتاز یک فسفاتاز است که گروه‌های فسفات را از حلقه اینوزیتول فیتات هیدرولیز می‌کند (Tamim *et al.*, 2004). از آنجائیکه فیتاز فیتات را هیدرولیز می‌کند، سبب افزایش قابلیت دسترسی و قابلیت هضم مواد مغذی و در نتیجه بهبود عملکرد پرنده می‌شود (Cowieson et al., 2006). به علاوه، با استفاده از فیتاز ممکن است بتوان سطح کلسیم جیره را کاهش داد بدون اینکه تأثیر منفی بر عملکرد رشد پرنده دیده شود. برای مثال، *et al.* Sebastian (1996) یکی از اولین گروه محققانی بودند که تأثیر فیتاز بر نیاز کلسیم توصیه شده توسط NRC (1994) را بررسی کردند. در مطالعه آن‌ها، کارایی مکمل فیتاز به‌طور معنی-داری تحت تأثیر سطوح کلسیم جیره قرار گرفت و بهترین عملکرد رشد و ابقای فسفر و کلسیم در کمترین سطح کلسیم (۶۰ درصد توصیه) حاصل شد. نتایج مشابهی توسط محققان دیگر به هنگام استفاده از جیره‌های تنظیم شده با سطوح کمتر کلسیم مشاهده شد (Powell *et al.*, 2011). افزودن آنزیم‌های اگزوژنوس به جیره حیوانات تک‌معده می‌تواند به حذف عوامل ضدتغذیه کمک کند، میکروب‌های روده را تعدیل کند، قابلیت هضم مواد مغذی و کارایی آن‌ها را افزایش دهد و سبب بهبود سلامت روده و عملکرد رشد حیوان شود (Kerr et al., 2013; Ravindran, 2013; Duarte et al., 2021). در حدود ۶۱ تا ۷۰ درصد فسفر غلات و دانه‌های روغنی مورد استفاده در تغذیه حیوانات تک‌معده‌ای به شکل اسید فایتیک می‌باشد. اما حیوانات تک‌معده‌ای فیتاز اندوژنوس تولید نمی‌کنند و بنابراین محتوای فسفر در اسید فایتیک برای استفاده طیور قابل دسترس نمی‌باشد (Yu et al., 2004; Paiva et al., 2013). به علاوه فایتیک اسید می‌تواند به پروتئین‌ها و آنزیم‌هایی نظیر تریپسین و آلفا-آمیلاز باند شود و از فعالیت آن‌ها جلوگیری کند و سبب کاهش قابلیت هضم پروتئین و کربوهیدرات شود (Lu *et al.*, 2019). مواد مغذی هضم نشده از طریق فضولات حیوانات دفع می‌شوند و سبب بروز نگرانی آلودگی‌های زیست‌محیطی می-شوند (Böhme *et al.*, 2001).

جدول ۲. تاثیر سطوح مختلف کلسیم و فسفر جیره بر صفات عملکردی جوجه گوشتی آرین

تیمارها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	SEM	P-Value
۱-۷ روزگی								
وزن بدن (گرم)	۱۶۵/۳۴	۱۶۷/۵۶	۱۶۵/۱۴	۱۶۴/۹۸	۱۶۹/۲۶	۱۶۷/۹۳	۰/۹۱۷	۰/۷۰۱۵
مصرف خوراک (گرم)	۱۵۷/۰۰	۱۵۹/۵۴	۱۵۳/۴۲	۱۵۹/۶۱	۱۵۲/۵۶	۱۵۷/۸۹	۰/۹۶۶	۰/۱۳۶۸
ضریب تبدیل غذایی	۰/۹۴۹	۰/۹۵۲	۰/۹۲۹	۰/۹۶۷	۰/۹۰۱	۰/۹۴۰	۰/۰۰۷۳	۰/۱۴۷۵
۱۴-۱ روزگی								
وزن بدن (گرم)	۳۸۵/۶۱	۳۸۹/۵۷	۳۸۷/۴۹	۳۸۰/۳۸	۳۹۲/۰۲	۳۸۴/۰۶	۱۰/۸۵۲	۰/۵۸۴۷
مصرف خوراک (گرم)	۵۳۲/۳۰	۵۳۴/۰۲	۵۲۵/۴۰	۵۴۴/۶۱	۵۲۱/۵۵	۵۳۷/۵۹	۱۴/۸۸۷	۱/۴۱۵
ضریب تبدیل غذایی	۱/۳۸۰^{abc}	۱/۳۷۰^{abc}	۱/۳۵۶^{bc}	۱/۴۳۴^{a}	۱/۳۳۲^{c}	۱/۳۹۰^{ab}	۰/۰۸۶۰	۰/۰۳۳۵
۲۱-۱ روزگی								
وزن بدن (گرم)	۷۵۶/۲۰	۷۸۱/۱۵	۷۷۴/۰۵	۷۷۲/۱۶	۷۸۴/۵۵	۷۷۵/۰۳	۳/۵۵۷	۰/۲۷۷۰
مصرف خوراک (گرم)	۱۰۸۰/۶۹^{bc}	۱۰۸۶/۲۸^{bc}	۱۰۶۹/۸۵^{c}	۱۱۱۹/۶۰^{a}	۱۰۶۳/۵۱^{c}	۱۱۰۴/۴۵^{a}	۶/۳۵۴	۰/۰۰۷۱
ضریب تبدیل غذایی	۱/۴۲۹^{ab}	۱/۳۹۰^{abc}	۱/۳۸۲^{bc}	۱/۴۴۰^{a}	۱/۳۵۶^{c}	۱/۴۲۸^{ab}	۰/۰۹۰	۰/۰۲۴۰
۲۸-۱ روزگی								
وزن بدن (گرم)	۱۲۶۱/۱۶	۱۲۸۰/۳۳	۱۲۷۰/۸۳	۱۲۶۵/۰۳	۱۲۸۷/۴۱	۱۲۸۰/۵۳	۳/۵۲۵	۰/۲۲۴۴
مصرف خوراک (گرم)	۱۹۶۱/۵۷^{bc}	۱۹۸۲/۵۷^{bc}	۱۹۵۸/۰۲^{bc}	۲۰۱۹/۹۲^{a}	۱۹۵۰/۱۳^{c}	۱۹۸۹/۵۹^{ab}	۵/۹۳۴	۰/۰۰۲۰
ضریب تبدیل غذایی	۱/۵۵^{b}	۱/۵۴^{bc}	۱/۵۴^{bc}	۱/۵۹^{a}	۱/۵۹^{a}	۱/۵۵^{bc}	۰/۲۲۷	۰/۰۰۳۶
۳۵-۱ روزگی								
وزن بدن (گرم)	۱۷۵۵/۸۱	۱۷۶۸/۴۵	۱۷۴۹/۷۸	۱۷۳۷/۲۸	۱۷۷۹/۵۵	۱۷۷۴/۷۹	۴/۶۲۹	۰/۰۵۶
مصرف خوراک (گرم)	۲۹۳۰/۵۷^{bc}	۲۹۶۰/۸۳^{ab}	۲۹۲۲/۲۹^{bc}	۳۰۰۳/۰۵^{a}	۲۹۰۷/۳۱^{c}	۲۹۶۲^{b}	۷/۵۴۳	۰/۰۰۰۵
ضریب تبدیل غذایی	۱/۶۶۹^{b}	۱/۶۷۵^{b}	۱/۶۷۰^{b}	۱/۷۲۸^{a}	۱/۶۶۳^{b}	۱/۶۶۹^{b}	۰/۰۷۲	۰/۰۰۱۰
۴۲-۱ روزگی								
وزن بدن (گرم)	۲۳۸۳/۷۵	۲۴۰۰/۸۳	۲۳۶۸/۳۵	۲۳۵۷/۶۵	۲۴۱۴/۸۳	۲۴۰۳/۶۰	۷/۷۹۳	۰/۳۰۴۵
مصرف خوراک (گرم)	۴۱۸۴/۱۹	۴۲۲۱/۲۵	۴۱۸۵/۴۰	۴۲۴۳/۰۵	۴۱۶۳/۸۸	۴۲۲۳/۳۴	۹/۱۴۷	۰/۱۰۷۷
ضریب تبدیل غذایی	۱/۷۵۵	۱/۷۵۸	۱/۷۶۶	۱/۷۹۹	۱/۷۲۴	۱/۷۵۷	۰/۰۷۹۷	۰/۰۶۳۱
وزن بدن در ۴۹ روزگی	۲۷۷۶/۳	۲۸۵۰/۹	۲۸۱۲/۰	۲۸۰۹/۹	۲۸۰۹/۹	۲۸۵۲/۰	۶/۱۷۴	۰/۴۰۳
کارایی تولید	۳۱۹/۸۱	۳۲۱/۶۴	۳۱۹/۷۲	۳۰۸/۴۹	۳۰۸/۴۹	۳۲۲/۱۹۴	۵۷/۰۸	۰/۰۴۹
هزینه خوراک/کیلوگرم افزایش وزن* (تومان)	۱۴۹۲۳/۸^{ab}	۱۴۹۱۲/۴^{ab}	۱۴۹۵۵/۳^{a}	۱۵۱۷۳/۰^{a}	۱۴۵۹۷/۷^{c}	۱۴۸۳۱/۹۰ ^{b}	۱۰/۶۲	۰/۰۷۹۴

^{abc} در هر ردیف، میانگین‌های با حروف غیرمشابه از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

*هزینه خوراک/ کیلوگرم افزایش وزن: هزینه خوراک مصرفی/افزایش وزن، هزینه خوراک مصرفی: مقدار دان مصرفی در هر مرحله × قیمت دان در همان مرحله (آغازین، رشد، پایانی).

خصوصیات لاشه

با توجه به جدول ۳، تغذیه تیمارهای غذایی مختلف تأثیر معنی‌داری بر ماندگاری و خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی نداشت (P>۰/۰۵).

جدول ۳. تاثیر سطوح مختلف کلسیم و فسفر جیره بر زنده‌مانی و خصوصیات لاشه جوجه گوشتی آرین.

تیمارها	بازده لاشه (٪)	بازده سینه(٪)	ران (٪)
تیمار ۱	۶۲/۹۵	۲۰/۱۲	۲۰/۴۳
تیمار ۲	۶۳/۹۱	۲۰/۸۸	۲۱/۲۷
تیمار ۳	۶۳/۷۵	۲۱/۱۰	۲۱/۴۰
تیمار ۴	۶۲/۶۲	۲۱/۳۸	۲۱/۲۱
تیمار ۵	۶۳/۲۷	۲۱/۹۸	۲۲/۰۲
تیمار ۶	۶۲/۹۱	۲۱/۴۵	۲۰/۷۰
SEM	۰/۴۷۴۱	۰/۵۱۳۹	۰/۴۹۹۴
P-value	۰/۵۲۶۸	۰/۴۷۲۱	۰/۵۲۶۳

مطابق با نتایج پژوهش حاضر،Tizziani *et al*. (2019) گزارش دادند کاهش سطح کلسیم جیره جوجه‌های گوشتی تا ۳۰ درصد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و خصوصیات لاشه شامل راندمان لاشه، سینه و ران جوجه‌های گوشتی نداشت. لذا به نظر می‌رسد جوجه گوشتی آرین را می‌توان با سطح کلسیم و فسفر کمتری نسبت به سطوح اعلام شده در راهنمای سویه پرورش داد.

فراسنجه‌های خونی

با توجه به جدول ۴، تغذیه تیمارهای آزمایشی مختلف تأثیر معنی-داری بر درصد کلسیم، فسفر و فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم خون جوجه‌های گوشتی نداشت (P>۰/۰۵). هرچند به لحاظ عددی، گروه‌های دریافت کننده تیمار شاهد و تیمار ۵ کمترین میزان فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز را نشان دادند. عدم معنی‌داری به لحاظ آماری این داده‌ها ناشی از دامنه زیاد پراکنش داده‌های حاصل از پرندگان بود.

جدول ٤. تأثیر سطوح مختلف کلسیم و فسفر جیره بر کلسیم، فسفر و فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم خون جوجه‌های گوشتی.

تیمارها	کلسیم (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)	فسفر (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)	آلکالین فسفاتاز (واحد/لیتر)
تیمار ۱	۱۰/۴۶	۷/۸۷	۷۶۹۳
تیمار ۲	۱۰/۳۳	۷/۶۴	۸۰۶۹
تیمار ۳	۹/۹۴	۷/۵۷	۸۵۲۵
تیمار ۴	۹/۹۱	۷/۴۶	۸۸۹۲
تیمار ۵	۱۰/۶۷	۸/۱۸	۷۸۹۰
تیمار ۶	۱۰/۰۶	۷/۵۰	۸۱۸۲
SEM	۰/۳۱۴	۰/۳۱۱	۴۱۱/۷۶
P-value	۰/۱۹۰	۰/۲۸۱	۰/۱۷۴

بر خلاف یافته‌های این پژوهش،Bilal *et al*. (2015) گزارش دادند که افزایش سطح فسفر جیره سبب کاهش فعالیت آنزیم آلکالین

فسفاتاز سرم جوجه‌های گوشتی شد. هم‌چنین Nourmohammadi *et al*. (2013) بیان کردند که افزودن آنزیم فیتاز (۵۰۰ و ۱۰۰۰ واحد به ازای هر کیلوگرم) به جیره جوجه گوشتی سبب کاهش غلظت آنزیم آلکالین فسفاتاز کبدی شد. Kasraei and Hessabi Namaghi (2020)، اثر سطوح کلسیم و فسفر با و بدون آنزیم فیتاز را بر عملکرد، آنزیم-های کبدی و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی سویه آرین بررسی کردند. آن‌ها گزارش دادند که افزودن آنزیم فیتاز در جیره طیور سبب کاهش آنزیم آلانین آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز در سرم خون شد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت آنزیم فیتاز می‌باشد.

شمارش تفریقی گلبول‌های سفید

با توجه به جدول ۵، اگرچه به لحاظ عددی جوجه‌های تغذیه شده با T5 کمترین درصد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لمفوسیت را داشتند، اما به لحاظ آماری سطوح مختلف کلسیم و فسفر جیره بر تعداد گلبول‌های سفید خون، درصد هتروفیل، درصد لنفوسیت و نسبت هتروفیل/لنفوسیت جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵).

جدول ۵. تأثیر سطوح مختلف کلسیم و فسفر جیره بر شمارش تفریقی گلبول‌های سفید جوجه‌های گوشتی آرین.

تیمارها	گلبول‌های سفید خون (×۱۰^{۳}میکرولیتر)	هتروفیل (درصد)	لنفوسیت (درصد)	هتروفیل/لنفوسیت
تیمار ۱	۲۸/۵	۲۸/۰	۶۸/۸	۰/۴۰
تیمار ۲	۲۹/۱۶	۲۸/۵	۷۰/۰	۰/۴۱
تیمار ۳	۲۷/۳۳	۲۹/۳	۶۷/۱	۰/۴۳
تیمار ۴	۲۵/۸۳	۳۱/۳	۶۵/۶	۰/۴۷
تیمار ۵	۲۸/۳۳	۲۷/۵	۶۹/۳	۰/۳۹
تیمار ۶	۲۹/۶۶	۳۲/۳	۷۰/۸۰	۰/۴۵
SEM	۰/۸۰۶	۰/۸۵۳	۰/۸۷۰	۰/۳۱۱
P-value	۰/۵۹۲	۰/۳۴۵	۰/۴۰۴	۰/۱۰۷

لنفوسیت‌ها بزرگ‌ترین جمعیت در بین تمام انواع گلبول‌های سفید خون در پرندگان هستند. دو نوع لمفوسیت در پرندگان وجود دارد: نوع B و نوع T. در گونه‌های نابالغ پرندگان، لمفوسیت‌ها بیشتر در بافت‌ها و اندام‌های لمفوئیدی مرکزی نظیر تیموس و بورس فابریسیوس تجمع یافته‌اند. نسبت هتروفیل به لمفوسیت یک شاخص تنش ایمونولوژیکی رایج در پرندگان است و با سطح بالای هورمون آدرنوکورتیکوتروپین (ACTH) و دیگر فراسنجه‌های ایمنی مرتبط با تنش همبستگی دارد (موما و تاکستون، ۲۰۰۶). مشخص شده است در پرندگان تحت تنش تعداد هتروفیل‌ها افزایش و لمفوسیت‌ها کاهش و نسبت هتروفیل به لمفوسیت افزایش می‌یابد (حاجاتی و همکاران، ۲۰۱۸). در این تحقیق، تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت در سرم خون جوجه‌های گوشتی آرین نداشت و این نشان‌دهنده این است که این پرندگان تحت تنش نبودند.

کیفیت استخوان درشت‌نی

جدول ۶ تأثیر سطوح مختلف کلسیم و فسفر جیره با و بدون افزودن آنزیم فیتاز و ویتامین D 3 را بر خصوصیات فیزیکی استخوان درشت‌نی جوجه‌های گوشتی آرین در سن ۴۲ روزگی را نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان داد که وزن و طول استخوان درشت‌نی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با T5 بیشتر از گروه

شاهد (تغذیه شده با جیره استاندارد) بود. هم‌چنین شاخص نیرومندی و نیز درصد خاکستر و فسفر استخوان درشت‌نی در گروه تغذیه شده با T4 نسبت به گروه شاهد کمتر بود (P< ۰/۰۵). تیمارهای غذایی تأثیر معنی‌داری بر قطر دیافیز و کانال مدولاری، ضخامت دیواره‌های مدیال و لترال، ضریب کشسانی و شاخص تیبیوتارسال نداشت (P>۰/۰۵). وضعیت استخوان معمولاً به عنوان شاخص بسندگی مواد معدنی در جیره طیور مورد بررسی قرار می‌گیرد. بیش از ۹۰ درصد کلسیم بدن در استخوان‌ها وجود دارد، جایی که کلسیم با فسفر ترکیب می‌شود تا کریستال‌های کلسیم فسفات یا هیدروکسی آپاتیت را با فرمول مولکولی $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ تشکیل شود (Scott *et al*., 1982). دیگر عناصر نظیر سدیم، منیزیم و آهن نیز ممکن است به کریستال هیدروکسی آپاتیت متصل شوند (Frandson and Spurgeon, 1992). با این توصیف، مشخص است که جیره دچار کمبود کلسیم بر مینراله شدن و استحکام استخوان موثر می‌باشد (Reichmann and Connor, 1977) و این موضوع احتمالاً همراه با افزایش خطر شکستگی می‌باشد (Blake and Fogelman, 2002). جوجه‌های گوشتی امروزی برای رشد سریع و افزایش توده ماهیچه‌ای انتخاب شده‌اند، اما این موضوع ممکن است همراه با سلامت ضعیف پاها و لنگش ناشی از کاهش مینراله شدن استخوان‌ها همراه باشد. هم‌چنین کاهش کلسیم و فسفر جیره می‌تواند سبب شکسته شدن استخوان‌ها و گوشت خون آلود به هنگام فرآوری لاشه شود (Chen and Moran, 1995). لذا تأمین کافی کلسیم و فسفر برای جوجه‌های گوشتی نه تنها برای دستیابی به رشد مناسب پرنده و سلامت استخوان‌ها بلکه برای حفظ کیفیت لاشه به هنگام فراوری حائز اهمیت می‌باشد. pH بهینه موثر بر فعالیت، کارایی و سرعت هیدرولیز فیتات در انواع فیتاز متفاوت است (Tran *et al*., 2011). بیان شده است که کمپلکس فیتات-کلسیم اساساً در روده کوچک تشکیل می‌شود و فیتازهای اگزوژنوس با منشأ باکتری در بخش‌های ابتدایی روده فعال‌تر هستند (Selle *et al*., 2011). محققان گزارش داده‌اند که سطوح بالای کلسیم و نسبت‌های کلسیم به فسفر قابل دسترس کارایی آنزیم فیتاز اگزوژنوس را کاهش می‌دهد (Lei *et al*., 1994) و از طرف دیگر کمبود کلسیم و فسفر تأثیر منفی بر ساختار استخوان و عملکرد جوجه‌های گوشتی دارد (Selle *et al*., 2009). مطابق با نتایج مطالعات Bedford & Rousseau (2017) هنگامی‌که جیره نیاز فسفر پرنده را تأمین می‌کند و بیشتر از نیاز در جیره موجود نمی‌باشد، حضور مقدار اضافی کلسیم با قابلیت هضم فسفر تداخل ایجاد می‌کند و این مشکل تشدید می‌شود هنگامی‌که فیتاز برای تأمین بخشی از فسفر مورد نیاز مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا کلسیم کارایی هیدرولیز فیتات را به روش وابسته به دوز کاهش می‌دهد. Bedford *et al*. (2016) گزارش دادند که کلسیم جیره می‌تواند مانع فعالیت فیتاز بر روی فیتات و کاهش رهایی فسفر فیتاته شود. به علاوه، این محققین بیان کردند سطوح بالاتر فسفر جیره سبب کاهش فعالیت فیتاز بر روی سوبسترا می‌شود. Waldroup (1999) گزارش داد که ترتیب احتیاجات پرنده به فسفر به ترتیب شامل انباشت کلسیم در استخوان‌ها> وزن بدن> کارایی خوراک> مرگ‌ومیر می‌باشد. Kim *et al*. (2017) مشاهده کردند که افزایش غلظت کلسیم در جیره‌های حاوی فیتاز سبب کاهش وزن بدن و مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی شد. مطابق با نتایج Bedford and Rousseau (2017)، تأثیر منفی کلسیم بر کارایی هیدرولیز استرهای فیتات IP4، IP3 و IP2 بیشتر از تأثیر منفی آن بر هیدرولیز IP6 می‌باشد. بنابراین، غلظت کلسیم جیره باید به‌طور مرتب مورد بررسی قرار گیرد تا حداکثر کارایی آنزیم فیتاز حاصل شود.

جدول ٦. تاثیر سطوح مختلف کلسیم و فسفر جیره بر خصوصیات استخوان درشت‌نی

تیمارها	وزن (گرم)	طول (میلی‌متر)	قطر دیافیز (میلی‌متر)	قطر کانال مدولاری (میلی‌متر)	ضخامت دیواره مدیال (میلی‌متر)	ضخامت دیواره لترال (میلی‌متر)	ضریب کشسانی کیلوگرم/سانتی‌متر مکعب	شاخص نیرومندی	شاخص تیبیوتارسال	خاکستر	کلسیم	فسفر
تیمار ۱	۷/۸۵۶^{bc}	۹۸/۹۳^{b}	۱۰/۰۴	۷/۸۰	۲/۰۱	۱/۴۰	۵۶۵۹/۴	۵/۱۰۷^{a}	۲۲/۴۲	۴۱/۱۶^{a}	۳۸/۱۳^{a}	۱۸/۴۸
تیمار ۲	۸/۱۱۵^{bc}	۹۸/۹۱^{bc}	۱۰/۲۶	۸/۰۶	۱/۷۰	۱/۰۷	۵۰۴۲/۴	۵/۷۹^{a}	۲۲/۹۸	۳۹/۴۸^{cd}	۳۷/۸۱^{ab}	۱۸/۱۸
تیمار ۳	۷/۸۸۳^{bc}	۹۶/۳۶^{c}	۱۰/۴۰	۸/۲۹	۲/۰۱	۱/۵۰	۴۴۲۹/۴	۴/۹۶۶^{ab}	۱۹/۵۸	۳۸/۷۴^{de}	۳۶/۹۳^{bc}	۱۸/۰۰
تیمار ۴	۸/۵۵۲^{ab}	۹۷/۲۳^{bc}	۱۱/۰۷	۸/۸۷	۲/۱۱	۱/۲۳	۵۴۹۴/۸	۴/۹۰۷^{b}	۱۹/۷۴	۳۸/۱۹^{e}	۳۶/۷۰^{c}	۱۷/۹۵
تیمار ۵	۸/۹۸۵^{a}	۱۰۱/۸۲^{a}	۱۰/۵۴	۸/۳۵	۲/۰۸	۱/۲۶	۴۶۱۹/۹	۵/۰۵۳^{a}	۱۹/۲۸	۴۰/۷۷^{ab}	۳۷/۹۵^{a}	۱۸/۱۱
تیمار ۶	۷/۶۰۳^{c}	۹۷/۶۸^{bc}	۱۰/۰۸	۸/۲۲	۱/۸۸	۱/۲۸	۴۸۲۸/۸	۵/۱۳۱^{a}	۱۸/۳۵	۴۰/۰۹^{bc}	۳۷/۶۰^{ab}	۱۷/۸۶
SEM	۰/۳۶۰	۰/۶۰۰	۰/۳۴۱	۰/۳۷۱	۰/۳۰۷	۰/۲۷۶	۱۴/۴۸۸	۰/۱۵۳	۰/۸۹۰	۰/۳۷۱	۰/۳۵۳	۰/۳۲۱
P-value	۰/۰۰۲۲	<۰/۰۰۰	۰/۲۳۴۸	۰/۴۸۴۲	۰/۸۷۰۸	۰/۷۶۲۵	۰/۲۰۹۲	۰/۰۱۰۱	۰/۱۹۶۲	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۷	۰/۵۹۸۷

جمع‌بندی

در کل دوره آزمایش، تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد، درصد کلسیم، فسفر و فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز سرم خون، صفات لاشه و شمارش سلول‌های خونی جوجه‌های گوشتی نداشتند، اما از نظر وزن و صفات کیفی استخوان درشت‌نی و کاهش هزینه هر کیلوگرم خوراک (۱۰ درصد)، تیمار پنج (درصدهای کمتر کلسیم و فسفر و مکمل شده با آنزیم فیتاز و ویتامین D) از عملکرد بهتری نسبت به بقیه تیمارها برخودار بود.

توصیه ترویجی

تغذیه جوجه‌گوشتی آرین با جیره حاوی درصدهای کمتر کلسیم و فسفر (حدود ۱۸ درصد) مکمل شده با آنزیم فیتاز و ویتامین D و با ۱۰ درصد هزینه کمتر در هر کیلوگرم خوراک برای جوجه-گوشتی آرین در مقاطع مختلف پرورش بهترین تیمار بود و قابل توصیه به مرغداران می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از حمایت‌های مالی ستاد توسعه زیست فناوری دفتر ریاست جمهوری و نیز حمایت‌های معنوی موسسه علوم دامی کشور کمال تشکر را دارند.

منابع

حسینی واشان، س. ج.، محمدی، ا. و ع. حسین پیرای. ۱۴۰۱. اثر سطوح مختلف کلسیم و فسفر بر صفات لاشه در جوجه گوشتی آرین.ششمین کنفرانس ملی مدیریت پرورش دام، طیور و آبزیان،۲۷ مهرماه.

Aziz Ali-Abadi, F., Darmani Kuhi, H., Mohammadi, M. and Nazaran, M. H. (2017). Main and Interaction Effects of Dietary Protein and Nano Adjuvant on Performance, Antibody Titres Against Newcastle Disease and White Blood Cells Counts of Broiler Chickens. Research on Animal Production. 8: 63-69.

Bailey, C. A. (2020). Precision poultry nutrition and feed formulation. In *Animal Agriculture* (pp. 367-378). Academic Press.

Bedford, M. and Rousseau, X. (2017). Recent findings regarding calcium and phytase in poultry nutrition. *Animal Production Science*. *57*:2311-2316.

Bedford, M. R. (2003). New enzyme technologies for poultry feeds. *British Poultry Science*. *44*: 14-16.

Bilal, T., Atis, S. and Keser, O. (2015). The effects of microbial phytase on serum calcium and phosphorus levels and alkaline phosphatase activities in broilers fed diets containing different levels of phosphorus. *Acta Scientiae Veterinariae*. *43*: 1-15.

Blake, G. M. and I. Fogelman. (2002). Methods and clinical issues in bone densitometry and quantitative ultra-sonometry. Principles of Bone Biology. 2:1573-1585.

Böhme, H. (2001). Enzymes in farm animal nutrition. Anim. Feed Sci. Technol. 91: 241–242.

Chen, X. and E. T. Moran. (1995). The withdrawal feed of broilers: Carcass responses to dietary phosphorus. The Journal of Applied Poultry Research. 4: 69-82.

Cowieson, A. J., Acamovic, T. and Bedford, M. R. (2006). Supplementation of corn–soy-based diets with an Escherichia coli-derived phytase: effects on broiler chick performance and the digestibility of amino acids and metabolizability of minerals and energy. *Poultry Science*. *85*: 1389-1397.

Díaz-Alonso, J. A., Gómez-Rosales, S., Angeles, M. D., Ávila-González, E. and López-Coello, C. (2019). Effects of the level and relationship of calcium and available phosphorus on the growth and tibia mineralization of broiler starter chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, *28*: 339-349.

Duarte, M. E. and Kim, S. W. (2022). Intestinal microbiota and its interaction to intestinal health in nursery pigs. *Animal Nutrition*. *8*: 169-184.

Frandson, R. and Spurgeon, D. (1992). Anaatomy and Physiology of Farm Animal, 5th Edition. Lea and Febiger, Philadelphia. Pp 503-505.

Hajati, H., Hassanabadi, A., Golian, A., Nassiri-Moghaddam, H. and Nassiri, M. R. (2018). The effect of grape seed extract supplementation on performance, antioxidant enzyme activity, and immune responses in broiler chickens exposed to chronic heat stress. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. *8*: 109-117.

Hajati, H., Zaghari, M. and Oliveira, H. C. (2020). Arthrospira (Spirulina) Platensis can be considered as a probiotic alternative to reduce heat stress in laying Japanese quails. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *22*.

Kasraei, M. and Hessabi Namaghi, A. (2020). Effect of Calcium and Phosphorus Levels (With and Without Phytase Enzymes) on Liver Enzymes and Blood Parameters in Arian Broiler Chickens. Rap. 11(29): 32-38.

Kerr, B. J. and Shurson, G. C. (2013). Strategies to improve fiber utilization in swine. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. *4*: 1-12.

Khan, R. U., Naz, S., Ullah, H., Khan, N. A., Laudadio, V., Ragni, M., Piemontese, L., &Tufarelli, V. (2023). Dietary vitamin D: growth, physiological and healthconsequences in broiler production. *Animal Biotechnoly*, 34:1.

Kim, J. H., Jung, H., Pitargue, F. M., Han, G. P., Choi, H. S. and Kil, D. Y. (2017). Effect of dietary calcium concentrations in low non-phytate phosphorus diets containing phytase on growth performance, bone mineralization, litter quality, and footpad dermatitis incidence in growing broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. *30*: 979.

Lei, X. G., Ku, P. K., Miller, E. R., Yokoyama, M. T. and Ullrey, D. E. (1994). Calcium level affects the efficacy of supplemental microbial phytase in corn-soybean meal diets of weanling pigs. *Journal of Animal Science*. *72*: 139-143.

Li, X., Zhang, D., Yang, T. Y. and Bryden, W. L. (2016). Phosphorus bioavailability: a key aspect for conserving this critical animal feed resource with reference to broiler nutrition. *Agriculture*. *6*: 25.

Lu, H., Kühn, I., Bedford, M. R., Whitfield, H., Brearley, C., Adeola, O. and Ajuwon, K. M. (2019). Effect of phytase on intestinal phytate breakdown, plasma inositol concentrations, and glucose transporter type 4 abundance in muscle membranes of weanling pigs. *Journal of animal science*. *97*: 3907-3919.

Mehdizadeh, F., Ansar Pirsaraei, Z., Jafari Sayadi, A. and Deldar, H. (2022). Study of meat quality and some genes expression associated with growth in three strains of Ross, Arian, and Cobb based on a basal diet. *Agricultural Biotechnology Journal*. *14*: 193-222.

Mumma, J. O., Thaxton, J. P., Vizzier-Thaxton, Y., and Dodson, W. L. (2006). Physiological stress in laying hens. *Poultry science*. *85*: 761-769.

Muniz, E. B., de Arruda, A. M. V., Fassani, E. J., Teixeira, A. S. and Pereira, E. S. (2007). Avaliação de fontes de cálcio para frangos de corte. *Revista caatinga*. *20*: 5-14.

Mutuş, R., Kocabağli, N., Alp, M., Acar, N. Ü. K. E. T., Eren, M. U. S. T. A. F. A. and Gezen, Ş. Ş. (2006). The effect of dietary probiotic supplementation on tibial bone characteristics and strength in broilers. *Poultry science*. *85*:1621-1625.

Nourmohammadi, R., Hosseini, S. M. and Farhangfar, H. (2011). Effect of citric acid and microbial phytase on serum enzyme activities and plasma minerals retention in broiler chicks. *African Journal of Biotechnology*. *10*: 13640-13650.

Paiva, D., Walk, C. and McElroy, A. (2014). Dietary calcium, phosphorus, and phytase effects on bird performance, intestinal morphology, mineral digestibility, and bone ash during a natural necrotic enteritis episode. *Poultry Science*, *93*(11), 2752-2762.

Powell, S., Bidner, T. D. and Southern, L. L. (2011). Phytase supplementation improved growth performance and bone characteristics in broilers fed varying levels of dietary calcium. *Poultry Science*. *90*: 604-608.

Ravindran, V. (2013). Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. *Journal of Applied Poultry Research*. *22*: 628-636.

Reichmann, K. G., and J. K. Connor. 1977. Influence of dietary calcium and phosphorus on metabolism and production in laying hens. British poultry science, 18: 633-640.

Scott, M. L., Neshiem, M. C. and Young, R. J. (1982). Nutrition of the Chicken. ML Scott, Ithaca.

Sebastian, S., Touchburn, S. P., Chavez, E. R. and Lague, P. C. (1996). Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. *Poultry Science*. *75*: 1516-1523.

Selle, P. H., Cowieson, A. J. and Ravindran, V. (2009). Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. *Livestock science*. *124*: 126-141.

Tamim, N. M., Angel, R. and Christman, M. (2004). Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. *Poultry science*. *83*: 1358-1367.

Tizziani, T., Donzele, R., Donzele, J. L., Silva, A. D., Muniz, J, Jacob, R., Brumano, G., & Albino, L. (2019). Reduction of calcium levels in rations sup-plemented with vitamin D 3 or 25-OH-D 3 for broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 48:e20180253.

Tran, T. T., Hatti-Kaul, R., Dalsgaard, S. and Yu, S. (2011). A simple and fast kinetic assay for phytases using phytic acid–protein complex as substrate. *Analytical biochemistry*. *410*: 177-184.

Waldroup, P. W. (1999). Nutritional approaches to reducing phosphorus excretion by poultry. *Poultry Science*. *78*: 683-691.

Yu, B., Jan, Y. C., Chung, T. K., Lee, T. T. and Chiou, P. W. S. (2004). Exogenous phytase activity in the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*. *117*: 295-303.