

Original Article

Effect of the replacement of phytase enzyme with a microbial supplement with phytase activity on performance, blood parameters, and bone strength of broiler chickens fed phosphorus-deficient diets

Seyyed Qaleb Dabol Omran¹, Reza Majidzadeh Heravi^{*1}, Hassan Kermanshahi¹, Ehsan Ramrudi¹

1. Animal science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 2025.01.19

Accepted: 2025.06.03

Revised: 2025.05.30

Published: 2025.12.22

* E-mail: rmajidzadeh@um.ac.ir

Abstract

Introduction: Exploiting microbial potential to degrade indigestible feed components is an alternative to direct enzyme supplementation. Therefore, the present study evaluated the effects of a microbial supplement with phytase activity (Lactozyme®) on growth performance in broiler chickens. **Methods:** A total of 324 Ross 308 broiler chickens were allocated in a completely randomized design with six treatments, six replicates, and nine birds per replicate. The experimental diets consisted of a standard diet and diets with 25% or 30% phosphorus deficiency, to which either the microbial supplement (10^8 CFU Lactozyme®) or phytase enzyme (Microtek 10000) was added. **Results:** In the standard diet, no significant differences were observed in daily growth rate between the commercial phytase enzyme and Lactozyme supplement during any period. However, in phosphorus-deficient diets, daily growth rate over the entire period was significantly lower in the microbial supplement groups compared to the enzyme groups. On day 24, the average body weight in the 25% phosphorus-deficient diet supplemented with the enzyme was significantly higher than that in the corresponding Lactozyme-supplemented group. Similarly, at 35 days of age, birds receiving Lactozyme in phosphorus-deficient diets had lower average body weight compared to those receiving phytase. However, Lactozyme-supplemented phosphorus-deficient treatments did not differ significantly from the standard diet containing Lactozyme. During the grower phase, the feed conversion ratio (FCR) of the 25% phosphorus-deficient diet supplemented with Lactozyme was significantly higher than that of the corresponding enzyme-supplemented group. The blood calcium-to-phosphorus ratio in birds receiving the microbial supplement in phosphorus-deficient diets was more balanced than in other treatments. **Conclusion:** Lactozyme supplementation supported satisfactory growth performance and feed conversion in diets containing up to 30% less available phosphorus than the standard diet, without inducing deficiency symptoms in the birds. Therefore, considering its matrix value, Lactozyme can be recommended as a substitute for phytase enzyme.

Keywords: Broiler Chicken, Lactozyme, Microbial supplement, Phytase



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by [Razi Vaccine & Serum Research Institute](#) This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#)

مقاله کامل

تحقیقات دامپزشکی و فرآورده های بیولوژیک

اثر جایگزینی آنزیم فیتاز با یک مکمل میکروبی با فعالیت فیتازی بر عملکرد، فراسنجه های خونی و استحکام استخوان مرغ های گوشتی تغذیه شده با جیره های دچار کمبود فسفر

سید غالب دعبول عمران^۱، رضا مجیدزاده هروی^{۱*}، حسن کرمانشاهی^۱، احسان رامرودی^۱

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۰۹

* E-mail: rmajidzadeh@um.ac.ir



چکیده

مقدمه: استفاده از قابلیت مکمل های میکروبی به منظور تجزیه مواد غیر قابل هضم خوراک روشی به جای مصرف آنزیم است. بنابراین، استفاده از یک مکمل میکروبی با فعالیت فیتاز (لاکتوزایم[®]) بر صفات عملکردی و فراسنجه های خونی در جوجه های گوشتی بررسی شد. **روش کار:** ۳۲۴ قطعه مرغ گوشتی سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار، ۶ تکرار و ۹ پرنده در هر تکرار بررسی شد. تیمارها عبارت بودند از سه جیره استاندارد، ۵۲٪ و ۳۰٪ کمبود فسفر قابل دسترس که مکمل میکروبی (10CFU^g) یا آنزیم فیتاز (میکروتک ۱۰۰۰۰) به هریک از جیره ها اضافه شد. **یافته ها:** نتایج نشان داد که استفاده از آنزیم فیتاز تجاری یا مکمل لاکتوزایم در جیره استاندارد تفاوتی در افزایش وزن روزانه در دوره های مختلف ایجاد نمی کند، اما در جیره های کمبود، افزایش وزن در کل دوره به طور معناداری در جیره مکمل میکروبی کمتر از آنزیم بود. در روز ۲۴ میانگین وزن در تیمار ۲۵٪ کمبود حاوی آنزیم نسبت به تیمارهای کمبود حاوی لاکتوزایم به طور معناداری بالاتر بود. همین طور در ۳۵ روزگی میانگین وزن در تیمارهای کمبود حاوی لاکتوزایم از تیمارهای کمبود حاوی فیتاز تجاری به طور معناداری کمتر بود. ولی تیمارهای کمبود حاوی لاکتوزایم با تیمار استاندارد حاوی آن تفاوت آماری نداشتند. در دوره رشد ضریب تبدیل غذایی تیمار ۲۵٪ کمبود حاوی لاکتوزایم به طور معناداری بالاتر از تیمار متناظر حاوی آنزیم بود. در سایر دوره ها تفاوت آماری در ضریب تبدیل بین تیمارها مشاهده نشد. نسبت کلسیم به فسفر خون پرندگان مصرف کننده مکمل میکروبی در جیره های کمبود متعادل تر از سایر تیمارها بود. **نتیجه گیری:** نتایج نشان داد که مصرف این مکمل میکروبی می تواند در جیره هایی با کمبود فسفر قابل دسترس تا ۳۰٪ کمتر از استاندارد، عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی مناسبی داشته باشد، ضمن اینکه هیچ گونه علائم کمبودی در پرندگان دیده نشد. بنابراین، با در نظر گرفتن ارزش ماتریسی مکمل، استفاده از آن به جای آنزیم فیتاز پیشنهاد می شود.

واژگان کلیدی: جوجه گوشتی، فیتاز، لاکتوزایم، مکمل میکروبی

مقدمه

آنزیم فیتاز به جزئی ضروری در تغذیه جوجه‌های گوشتی مدرن تبدیل شده است و مزایای چشمگیری برای تولیدکنندگان طیور و محیط زیست دارد. این آنزیم هیدرولیز فیتات، شکل ذخیره‌شده اولیه فسفر در گیاهان، را کاتالیز می‌کند. فیتازها با تجزیه فیتات، زیست‌فراهمی فسفر و سایر مواد معدنی در دستگاه گوارش را افزایش می‌دهند، قابلیت هضم سایر مواد مغذی را بهبود می‌بخشند و دفع فسفر را کاهش می‌دهند. از این رو، می‌توانند نگرانی‌های محیط زیستی را کاهش دهند (۱، ۲). در جیره‌های جوجه‌های گوشتی، فسفر متصل به فیتات به دلیل محدود بودن فعالیت فیتاز درون‌زا برای پرندگان تا حد زیادی در دسترس نیست. این امر به پذیرش گسترده مکمل‌های فیتاز جیره در تولید جوجه‌های گوشتی منجر شده است. انواع متفاوتی از آنزیم‌های فیتاز وجود دارد که براساس منبع تولید، نحوه عمل بر سوبسترا و توالی اسید آمینه تقسیم‌بندی می‌شوند. منابع تولید آنزیم به سه دسته میکروبی، گیاهی و حیوانی تقسیم می‌شوند. همچنین بر این اساس که اولین گروه فسفات‌ها که از حلقه اینوزیتول آزاد می‌شود در کدام کربن حلقه اینوزیتول واقع شده، آنزیم‌های فیتاز به سه گروه ۳- فیتاز، ۶- فیتاز و ۵- فیتاز تقسیم می‌شوند. فیتازهای میکروبی در گروه ۳- فیتاز قرار می‌گیرند و فیتازهای گیاهی در گروه ۶- فیتاز هستند. فیتاز/شرشیا کُلی در این مورد استثنا بوده و با اینکه یک آنزیم میکروبی است در گروه ۶- فیتاز قرار می‌گیرد. تنها آنزیم ۵- فیتاز شناخته‌شده، متعلق به گروه زنبق است (۳). با توجه به کینتیک آنزیم‌های فیتاز، منابع میکروبی فیتاز قابلیت استفاده در دستگاه گوارش را دارند. از این رو، بیشتر فیتازهای تجاری از منابع میکروبی به خصوص قارچ‌ها و باکتری‌ها هستند که به صورت آنزیم خالص در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌گیرد.

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مکمل‌های فیتاز در جیره‌های دارای کمبود فسفر و کلسیم به طور چشمگیری معیارهای رشد مانند میانگین مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک، نرخ مرگ و میر را بهبود می‌بخشد (۴، ۵). مکمل فیتاز بر معدنی شدن استخوان تأثیر مثبتی می‌گذارد که برای یکپارچگی ساختاری استخوان در جوجه‌های گوشتی بسیار مهم است. مطالعات نشان داده‌اند که جوجه‌های گوشتی در جیره‌های غنی شده با فیتاز، ویژگی‌های درشتی و محتوای مواد معدنی را بهبود بخشیده‌اند که

نشان‌دهنده سلامت بیشتر استخوان است (۶).

این آنزیم بر سطوح مواد معدنی خون تأثیر می‌گذارد، و باعث تغییرات کلسیم و فسفر در محتوای خون در جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با سطوح مختلف فیتاز می‌شود. گنجاندن بهینه فیتاز می‌تواند به تعادل پروفایل مواد معدنی خون منجر شود و از رشد و سلامت بیشتر حمایت کند (۷).

مصرف معمول آنزیم فیتاز به صورت آنزیم خالص است که با دز کاربردی ۵۰۰ واحد آنزیمی در کیلوگرم به خوراک پرندگان اضافه می‌شود. استفاده از باکتری‌های پروبیوتیک با قابلیت تولید آنزیم فیتاز شکل جدیدی از مصرف است، که این باکتری‌ها یا نوترکیب‌اند یا به شکل طبیعی قادر به تولید آنزیم هستند. معمولاً این باکتری‌ها به میزان ۱۰^۷ تا ۱۰^۹ تا واحد کلنی در کیلوگرم به خوراک اضافه می‌شوند. استفاده از باکتری‌ها ضمن اینکه با تولید آنزیم‌ها به هیدرولیز مواد غذایی و تجزیه مواد ضدتغذیه‌ای کمک می‌کند، در مقایسه با مکمل آنزیم این مزیت را دارد که موجب بهبود شرایط بافت‌شناسی روده مانند طول پرزهای روده می‌شود و همچنین بر فلور میکروبی اثر دارد، به طوری که از جایگزینی باکتری‌های مضر جلوگیری می‌کند (۸). ضمن اینکه استفاده از باکتری‌ها به منظور بهبود ابقای مواد مغذی هزینه‌های مربوط به تولید و خالص‌سازی آنزیم را نخواهد داشت. البته استفاده از آنزیم با توجه به خلوص آن اثرات تکرارپذیرتری می‌تواند بر عملکرد داشته باشد، زیرا باکتری‌ها برای رشد و تکثیر به محیط وابسته‌اند و لذا محیط بر عملکرد تولید آنزیم آن‌ها مؤثر است. محمدی و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که استفاده از لاکتوکوکوس لاکتیس نوترکیب با قابلیت تولید آنزیم فیتاز توانست ۳۰٪ تجزیه فسفر فیتاته را افزایش دهد و ابقای فسفر در جیره‌های کمبود فسفر قابل دسترس را ۴/۵٪ بهبود بخشد و باعث ارتقای عملکرد به اندازه جیره استاندارد شود (۸). در مطالعه دیگری پژوهشگران نشان دادند که استفاده از اسپور باسیلوس لیچنی‌فرمیس^۱ در جیره‌های مرغ گوشتی می‌تواند ابقای نیتروژن و انرژی متابولیسمی را در مرغ‌های گوشتی ارتقا دهد (۹). در مرغان تخم‌گذار نیز استفاده مستقیم باکتری‌ها در خوراک موجب بهبود پوسته تخم مرغ و استحکام استخوان شد، ضمن اینکه اثراتی در کاهش واکنش‌های التهابی در پیک تولید پرندگان داشت (۱۰).

1. *Bacillus licheniformis*

در مطالعه قبلی (۸) قابلیت استفاده از مکمل میکروبی در جیره‌هایی با کمبود فسفر قابل دسترس به میزان ۲۵٪ بررسی شد. در این مطالعه کارایی این مکمل باکتریایی با قابلیت تولید آنزیم فیتاز در جیره‌های واجد ۳۰٪ کمبود فسفر قابل دسترس در مرغ‌های گوشتی بررسی شد. استفاده از این مکمل میکروبی با یک آنزیم تجاری مقایسه شد. متوسط افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی، استحکام استخوان، اجزای بیوشیمیایی خون صفاتی بودند که در این مطالعه ارزیابی شدند.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش و تیمارها

این طرح در سالن تحقیقاتی مرکز تحقیقات طیور دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با ۳۲۴ قطعه جوجه گوشتی سویهٔ راس ۳۰۸ انجام شد. برای انجام آزمایش، جوجه‌ها در ۳۶ پن ۱D1 مترمربع در سالن تقسیم شدند، به‌طوری که ۹ قطعه جوجه گوشتی در هر پن قرار داده شد. شرایط پرورش مطابق راهنمای پرورش جوجه‌های گوشتی سویهٔ راس ۳۰۸ انجام شد. دسترسی پرندگان به آب و خوراک آزاد بود. آزمایش‌های حیوانی در این طرح مطابق پروتکل اخلاق زیستی دانشگاه فردوسی با شناسهٔ IR.UM.REC.1402.286 اجرا شد. این طرح در ۶ تیمار ۶ تکرار و ۹ مشاهده در هر تکرار با تیماربندی به شرح زیر انجام شد:

- ۱- جیره استاندارد + مکمل میکروبی لاکتوزایم
- ۲- جیره با ۲۵ درصد کاهش فسفر قابل دسترس + مکمل میکروبی لاکتوزایم
- ۳- جیره با ۳۰ درصد کاهش فسفر قابل دسترس + مکمل میکروبی لاکتوزایم
- ۴- جیره استاندارد + آنزیم فیتاز تجاری
- ۵- جیره با ۲۵ درصد کاهش فسفر قابل دسترس + آنزیم فیتاز تجاری
- ۶- جیره با ۳۰ درصد کاهش فسفر قابل دسترس + آنزیم فیتاز تجاری

جیره غذایی آزمایشی

جیره‌های غذایی براساس نیازهای راس ۳۰۸ با استفاده از نرم‌افزار UFFDA تنظیم شد. دو جیره کمبود براساس کاهش فسفر قابل

دسترس به میزان ۲۵٪ و ۳۰٪ طراحی شد (جدول ۱). به‌منظور بررسی فعالیت مکمل میکروبی لاکتوزایم® (شرکت فراسودمند رازی- مشهد- ایران) در تجزیهٔ فیتات گیاهی، این مکمل ۰/۱ گرم در کیلوگرم به خوراک اضافه شد تا ۱۰ کلنی در هر کیلوگرم جیره را تأمین کند. در این مکمل سه باکتری لاکتوباسیلوس پلاتناروم، لاکتوباسیلوس سالیواریوس و لاکتوکوکوس لاکتیس وجود داشت که گونهٔ اخیر قابلیت تولید فیتاز با منبع اشرشیا کُلی را به‌صورت نوترکیب دارا بود. از آنزیم تجاری میکروتک ۱۰۰۰۰ (VTR Bio-Tech Guangdong-China) به‌عنوان کنترل به میزان ۰/۰۵ گرم در کیلوگرم خوراک اضافه شد.

اندازه‌گیری‌ها

ابتدا جوجه‌ها پس از ورود به سالن وزن‌کشی شدند و سپس به‌طور تصادفی به پن‌های آزمایشی انتقال یافتند. اندازه‌گیری‌های وزن بدن، و مصرف خوراک در ۱۰ روزگی، ۲۴ روزگی و ۳۵ روزگی انجام گرفت. شایان ذکر است که در انتهای هر دوره میزان خوراک باقی‌مانده از کل خوراک دریافتی در هر دوره کسر شد. به‌منظور تصحیح مصرف خوراک برای جوجه‌های تلف‌شده روز مرغ محاسبه شد (رابطهٔ (۱)). میانگین افزایش وزن روزانه طبق رابطهٔ (۲) و ضریب تبدیل غذا از تقسیم مصرف غذا در هر دوره بر رشد پرندگان در همان دوره محاسبه شد.

مصرف خوراک = (مجموع خوراک واردشده در هر دوره - مجموع خوراک باقی‌مانده در پایان هر دوره) / روز مرغ (۱)
افزایش وزن = ((وزن زنده پرندگان انتهای دوره + وزن تلفات) - (وزن زنده پرندگان ابتدای دوره)) / مجموع روزهای دوره (۲)

بیوشیمی خون

در ۲۱ روزگی از هر تکرار ۱ جوجه به‌طور تصادفی انتخاب و سپس ۲ سی‌سی خون از سیاهرگ بال پرنده گرفته شد و در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و سرم خون به این طریق جدا و در دمای ۲۰- درجهٔ سلسیوس نگهداری شد. برای تخمین فاکتورهای گلوکز، تری‌گلیسرید، کلسترول، کلسیم، و فسفر از سرم‌ها استفاده شد. این اجزای سرم با دستگاه اتوانالیزر (niapS-51A metsysoiB) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- اجزای خوراک در جیره‌های آزمایشی در سه نوع خوراک استاندارد، ۲۵٪ و ۳۰٪ کمبود فسفر قابل دسترس تنظیم شده براساس راهنمای راس ۳۰۸

جیره‌های آزمایشی									
استاندارد			۲۵٪ کمبود			۳۰٪ کمبود			اجزای خوراک
آغازین	رشد	پایانی	آغازین	رشد	پایانی	آغازین	رشد	پایانی	
۵۳/۲۱	۵۳/۷۶	۶۳/۸۵	۵۳/۳۷	۵۳/۸۴	۶۳/۸۵	۵۳/۶۹	۵۴/۹۵	۶۳/۸۵	ذرت
۳۸/۴۵	۳۷/۹۳	۳۰/۰۰	۳۸/۵۴	۳۷/۹۴	۳۰/۰۰	۳۸/۵۴	۳۷/۹۳	۳۰/۰۰	کنجاله سویا (۴۴٪)
۳/۸	۴/۸	۳/۴	۳/۸	۴/۸	۳/۴	۳/۸	۴/۸	۰/۰۳۴	روغن آفتابگردان
۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۲۸	دی‌ال- متیونین
۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۱۹	ال- لیزین
۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۵	ال- ترئونین
۱/۸۸	۱/۴۶	۱/۲۱	۱/۲۱	۰/۹	۰/۷۳	۱/۰۸	۰/۷۸	۰/۶۴	دی‌کلسیم فسفات
۱/۰۹	۰/۸۱	۰/۷۴	۱/۵۱	۱/۲۸	۱/۰۲	۱/۵۵	۱/۲	۱/۰۸	کربنات
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	پرمیکس ویتامین
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	پرمیکس مواد معدنی
۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۲۷	نمک خوراکی
۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۲۱	جوش شیرین
مواد مغذی (محاسبه شده)									
۲۹۸۵	۳۰۵۰	۳۱۰۰	۲۹۸۶	۳۰۵۰	۳۱۰۰	۲۹۸۶	۳۰۸۳	۳۱۰۰	انرژی متابولیسمی
۲۲/۰۰	۲۱/۵۰	۱۹/۵	۲۲/۰۰	۲۱/۵۰	۱۹/۵۰	۲۲/۰۰	۲۱/۵۹	۱۹/۴۵	پروتئین خام
۱	۰/۹۲	۰/۸۶	۱/۰۰	۰/۹۲	۰/۸۶	۱/۰۰	۰/۹۲	۰/۸۶	متیونین+سیتئین
۱/۳۲	۱/۱۸	۱/۰۸	۱/۳۲	۱/۱۸	۱/۰۸	۱/۳۲	۱/۱۸	۱/۰۸	لیزین
۱/۴	۱/۳۸	۱/۴	۱/۴۰	۱/۳۸	۱/۱۷	۱/۴۰	۱/۳۸	۱/۱۷	آرژنین
۰/۹۵	۰/۷۵	۰/۶۵	۰/۹۶	۰/۸۰	۰/۶۵	۰/۹۵	۰/۷۵	۰/۶۵	کلسیم
۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۲۵	فسفر قابل دسترس
مکمل ویتامینه و مواد معدنی در هر کیلوگرم خوراک مقادیر زیر را تأمین می‌کند: ویتامین A، ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ کوله کلسیفرول، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۸۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K3، ۲/۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B12، ۰/۰۱ میلی‌گرم؛ تیامین، ۱/۵ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۴ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۳۵ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۰/۵ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۱۵ میلی‌گرم؛ پیرویدوکسین، ۲/۵ میلی‌گرم؛ اسید پنتوتنیک، ۸ میلی‌گرم؛ کولین کلراید، ۸۴۰ میلی‌گرم بتائین، ۱۹۰ میلی‌گرم؛ روی، ۶۵ میلی‌گرم؛ منگنز، ۷۵ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۲ میلی‌گرم؛ ید، ۰/۹ میلی‌گرم؛ مس، ۶ میلی‌گرم؛ آهن، ۷۵ میلی‌گرم									

استحکام استخوان

در ۲۱ روزگی تعداد ۳ پرنده از هر تیمار با استفاده از تزریق تیوباریتال بیهوش و سپس کالبدگشایی شد و استخوان درشت‌نی سمت چپ جدا و پس از جداسازی ماهیچه‌ها و غضروف در دمای ۵۵ درجهٔ سیلسوس خشک و سپس با استفاده از دستگاه اینسترون (Model H5KS, Tinius Olsen Company) نیروی شکست استخوان اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری

تحلیل نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک با استفاده از نرم‌افزار PMJ (Version 18.0.1 SAS Institute Inc., Cary, NC) انجام شد. داده‌های این طرح در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از رویهٔ MLG نرم‌افزار آماری SAS (System Analysis Statistical) تحلیل شد. برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح $P < 0/05$ استفاده شد. برای مقایسهٔ واریانس‌های گروهی از

مقایسه‌های متعامد (Orthogonal comparison) استفاده شد.

نتایج

در جدول ۲ مشاهده می‌شود وزن بدن در ۴۲ روزگی و ۵۳ روزگی به‌طور معناداری بین تیمارهای مختلف تحت تأثیر قرار گرفت ($P < 0/05$)، اما این اثر در بین تیمار کمبود و شاهد آن مشاهده نشد. بدین نحو که تیمار ۲۵% کمبود + فیتاز نسبت به تیمارهای کمبود دارای لاکتوزایم سبب افزایش معنادار وزن در دوره ۲۴ روزگی شد. اما تفاوتی بین تیمار ۳۰% کمبود + فیتاز با تیمارهای کمبود حاوی لاکتوزایم مشاهده نشد. در ۳۵ روزگی تیمارهای کمبود حاوی آنزیم فیتاز به‌طور معناداری وزن بیشتری نسبت به تیمارهای کمبود حاوی لاکتوزایم داشتند (مقایسه‌های متعامد) ($P < 0/01$). در جیره‌های استاندارد تفاوتی بین آنزیم فیتاز و مکمل لاکتوزایم بر وزن ۳۵ روزگی مشاهده نشد، همچنین وزن ۳۵ روزگی پرندگان مصرف‌کننده جیره‌های کمبود + مکمل لاکتوزایم با جیره استاندارد حاوی این مکمل تفاوت نداشت (جدول ۲). متوسط افزایش وزن روزانه نیز در سه دوره آغازین، رشد و پایانی تفاوتی بین گروه‌های

آزمایشی نشان نداد. مقایسه‌های متعامد نشان داد که در کل دوره آزمایش متوسط رشد روزانه در تیمارهای کمبود حاوی مکمل لاکتوزایم کمتر از تیمارهای کمبود با آنزیم فیتاز بودند ($P < 0/05$). در ارتباط با مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی نتایج در جدول ۳ نشان می‌دهد که مصرف خوراک در دوره آغازین به‌طور معناداری در تیمارهایی که فیتاز تجاری را مصرف می‌کردند نسبت به تیمارهای مصرف‌کننده لاکتوزایم بالاتر بود. این تفاوت‌ها به تفکیک، بین جیره‌های کمبود یا بین جیره استاندارد تفاوت آماری معنادار نشان داد (مقایسه‌های متعامد). در مرحله آغازین مقایسه میانگین مصرف خوراک نشان داد که تیمار استاندارد + فیتاز سبب تفاوت معناداری در مصرف خوراک نسبت به هر سه تیمار حاوی آنزیم لاکتوزایم شد ($P < 0/05$). تفاوتی در دوره‌های رشد و پایانی بر مصرف خوراک مشاهده نشد. در دوره رشد ضریب تبدیل غذایی تیمار ۲۵% کمبود + لاکتوزایم به‌طور معناداری نسبت به تیمار ۲۵% کمبود + فیتاز بالاتر بود. ولی در دوره‌های دیگر تفاوت معناداری بر ضریب تبدیل مشاهده نشد. همچنین در دوره رشد مقایسه‌های متعامد تفاوت معناداری در ضریب تبدیل غذایی بین جیره‌های

جدول ۲- وزن زنده و تغییرات وزن زنده در دوره‌های مختلف آزمایش در جیره‌های کمبود فسفر قابل دسترس و استاندارد در مرغان گوشتی سویه راس

افزایش وزن (گرم/روز)				وزن زنده (گرم)			
کل دوره	پایانی	رشد	آغازین	۳۵ روزگی	۲۴ روزگی	۱۰ روزگی	
۴۹/۲۰	۸۴/۶۳	۴۹/۰۳	۲۳/۳۵	۱۹۵۶/۳۹	۱۰۵۴/۶۰ ^{abc}	۲۸۱/۸۵	استاندارد + لاکتوزایم
۴۴/۸۹	۷۸/۰۶	۳۹/۷۸	۲۴/۸۰	۱۸۳۸/۴۶	۹۵۱/۰۵ ^c	۲۹۳/۰۲	۲۵% کمبود + لاکتوزایم
۴۶/۳۱	۷۵/۳۲	۴۴/۵۷	۲۳/۳۰	۱۸۱۲/۴۹	۹۹۹/۶۶ ^c	۲۷۷/۷۷	۳۰% کمبود + لاکتوزایم
۵۳/۴۸	۸۲/۹۰	۵۴/۷۸	۲۵/۶۲	۲۰۱۴/۵۵	۱۱۵۱/۳۲ ^a	۳۰۱/۱۸	استاندارد + فیتاز
۵۳/۱۱	۸۵/۱۰	۵۲/۰۲	۲۵/۵۶	۲۰۳۸/۱۲	۱۱۰۷/۳۰ ^{ab}	۲۹۹/۸۵	۲۵% کمبود + فیتاز
۵۲/۲۱	۷۴/۳۲	۵۰/۶۱	۲۳/۵۲	۲۰۳۵/۹۲	۱۰۵۹/۸۰ ^{abc}	۲۸۰/۹۶	۳۰% کمبود + فیتاز
۲/۸۲	۵/۳۳۳	۴/۵۹۹	۱/۲۰۷	۶۸/۱۷۶	۳۶/۶۵۱	۱۱/۹۸۰	اشتباه استاندارد
۰/۱۷	۰/۵۸	۰/۲۵	۰/۵۳	۰/۰۸۷	۰/۰۰۸	۰/۶۰۶	سطح احتمال
مقایسه‌های متعامد (سطح احتمال)							
۰/۲۹	۰/۸۲	۰/۳۸	۰/۱۹	۰/۵۵	۰/۰۷	۰/۲۶	لاکتوزایم در مقابل فیتاز در جیره استاندارد
۰/۰۱۸	۰/۰۷۹	۰/۰۵۶	۰/۶۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۶۷	لاکتوزایم در مقابل فیتاز در جیره‌های کمبود
abc حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در سطح ۵٪ است.							
آغازین: ۱-۱۰ روزگی؛ رشد: ۱۱-۲۴ روزگی؛ پایانی: ۲۵-۳۵ روزگی							

جدول ۳- مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های مختلف آزمایش در جیره‌های کمبود فسفر قابل دسترس و استاندارد در مرغان گوشتی سویه راس

مصرف خوراک (گرم)				ضریب تبدیل غذایی (گرم/گرم)			
آغازین	رشد	پایانی	کل دوره	آغازین	رشد	پایانی	کل دوره
استاندارد + لاکتوزایم	۲۴/۸۲ ^c	۶۶/۶۸	۱۳۸/۵۱	۷۳/۵۳	۱/۰۷	۱/۲۶ ^{ab}	۱/۵۳
۲۵٪ کمبود + لاکتوزایم	۲۷/۳۶ ^{bc}	۶۲/۹۴	۱۴۵/۵۳	۷۳/۲۰	۱/۱۱	۱/۴۸ ^a	۱/۸۳
۳۰٪ کمبود + لاکتوزایم	۲۶/۴۸ ^c	۶۴/۴۴	۱۴۳/۰۸	۷۳/۹۰	۱/۱۴	۱/۱۵ ^{ab}	۱/۹۰
استاندارد + فیتاز	۳۲/۰۲ ^a	۶۹/۲۸	۱۳۱/۷۱	۷۴/۸۳	۱/۲۵	۱/۲۰ ^{ab}	۱/۷۲
۲۵٪ کمبود + فیتاز	۲۹/۶۹ ^{ab}	۶۶/۹۶	۱۳۹/۰۴	۷۵/۴۰	۱/۱۶	۱/۰۵ ^b	۱/۷۳
۳۰٪ کمبود + فیتاز	۲۹/۵۲ ^{ab}	۶۵/۵۱	۱۴۳/۰۲	۷۵/۱۰	۱/۱۶	۱/۲۴ ^{ab}	۱/۵۴
اشتباه استاندارد	۰/۹۹۰	۱/۵۳۷	۸/۹۲۱	۱/۹۶۹	۰/۰۵۱	۰/۰۶۱	۰/۱۶۵
سطح احتمال	۰/۰۰	۰/۱۰۱	۰/۹۰۶	۰/۹۵۷	۰/۲۴۴	۰/۰۱۲	۰/۵۶۲
مقایسه‌های متعامد (سطح احتمال)							
لاکتوزایم در مقابل فیتاز در جیره استاندارد	۰/۰۰۰	۰/۲۴۱	۰/۵۹۳	۰/۶۶۰	۰/۰۱۷	۰/۴۷۰	۰/۴۲۵
لاکتوزایم در مقابل فیتاز در جیره‌های کمبود	۰/۰۱۱	۰/۱۰۸	۰/۷۱۵	۰/۳۹۴	۰/۵۵	۰/۰۲۷	۰/۱۸۵

abc حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در سطح ۵٪ است.

آغازین: ۱-۱۰ روزگی؛ رشد: ۱۱-۲۴ روزگی؛ پایانی: ۲۵-۳۵ روزگی

یک تفاوت تصادفی است، زیرا تیمار ۳۰٪ کمبود این گروه تفاوت آماری نشان نداد. نتایج عملکردی مکمل میکروبی لاکتوزایم نشان می‌دهد که کمبود فسفر در خوراک را به‌صورت کامل برطرف کرد و هیچ علائم کاهش عملکردی در این رابطه نشان نداد. شایان ذکر است که در این مطالعه تیمار ۲۵٪ کاهش در فسفر قابل دسترس بدون هیچ مکملی به‌عنوان کنترل منفی طراحی شد که به‌دلیل شیوع لنگش و کاهش عملکرد حذف شد. مطالعات مشابه نشان دادند که پرندگانی که از جیره‌هایی با کمبود فسفر قابل دسترس (۲۰٪ تا ۵۰٪) بدون مکمل آنزیمی یا میکروبی مصرف کرده بودند به‌طور معناداری کاهش عملکرد داشتند (۸، ۱۱). پژوهشگران در پژوهشی که با استفاده از مکمل میکروبی میتسوکلا جلال‌الدینی (*Mitsuokella jalaludinii*)، که قابلیت تولید فیتاز داشت، انجام گرفت، نشان دادند که استفاده از این مکمل میکروبی در جیره‌های کمبود فسفر از جیره‌های استاندارد حاوی آن وزن بدن و ضریب تبدیل بهتری را ارائه داد (۱۲). از آنجاکه تفاوت معناداری در وزن بدن و افزایش وزن روزانه بین پرندگان مصرف‌کننده مکمل آنزیمی فیتاز و مکمل میکروبی لاکتوزایم وجود نداشته، می‌توان نتیجه گرفت که این مکمل میکروبی توانسته به‌طور کامل کمبود فسفر جیره را

کمبود حاوی لاکتوزایم با جیره‌های کمبود حاوی فیتاز نشان داد ($P < 0/05$). در محاسبه ضریب تبدیل در کل دوره جیره استاندارد + لاکتوزایم کمترین ضریب تبدیل غذایی را به‌لحاظ عددی دارا بود، اگرچه تفاوت معناداری با سایر تیمارها نداشت. در ارتباط با تأثیر آنزیم‌های فیتاز بر اجزای بیوشیمیایی خون و استحکام استخوان، همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، سطح سرمی کلسیم در تیمارهای ۳۰٪ کمبود + فیتاز، ۲۵٪ کمبود + لاکتوزایم، ۳۰٪ کمبود + لاکتوزایم نسبت به تیمار استاندارد + لاکتوزایم به‌طور معناداری افزایش داشت است. اما هیچ تفاوتی بر شاخص‌های دیگر به‌طور معنادار نداشت.

بحث

مشخص شده است که آنزیم فیتاز معیارهای مختلف عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی را بهبود می‌بخشد. مقایسه عملکرد مکمل میکروبی لاکتوزایم با آنزیم فیتاز بر وزن بدن در ۲۴ روزگی از نظر آماری متفاوت با آنزیم تجاری بود، ولی در سایر روزها بر وزن بدن و افزایش وزن روزانه تفاوتی نداشت. تفاوت بین ضرایب تبدیل در دوره رشد مربوط به تیمار ۲۵٪ کمبود + لاکتوزایم بود که احتمالاً

جدول ۴- اندازه‌گیری اجزای بیوشیمیایی خون و استحکام استخوان در دوره‌های مختلف آزمایش در جیره‌های کمبود فسفر قابل دسترس و استاندارد در مرغان گوشتی سویه راس

گلوکز (mg/dl)	کلسترول (mg/dl)	تری‌گلیسرید (mg/dl)	کلسیم (mg/dl)	فسفر (mg/dl)	فسفر/کلسیم	استحکام استخوان (N/cm ²)
۲۲۲/۶۰	۱۲۵/۵۰	۶۶/۸۰	۶/۸۰ ^b	۷/۱۸۳	۰/۹۵	۶۰۱۱/۳۳
۲۱۶/۳۳	۱۲۳/۰۰	۷۲/۷۵	۸/۵۳ ^a	۶/۰۸۳	۱/۵۰	۶۶۶۸
۲۲۹/۵۰	۱۲۴/۰۰	۶۷/۶۰	۸/۸۶ ^a	۶/۶۱۶	۱/۵۰	۴۶۴۹/۳۳
۲۲۲/۳۳	۱۱۸/۳۳	۶۵/۴۰	۷/۷۳ ^{ab}	۸/۰۳۳	۰/۹۷	۳۴۱۴
۲۲۴/۳۳	۱۳۱/۱۶	۷۱/۲۵	۷/۳۸ ^{ab}	۷/۳۸۳	۱/۰۰	۶۵۵۴
۲۱۴/۱۶	۱۲۳/۸۳	۷۸/۶۰	۸/۸۵ ^a	۷/۵۰۰	۱/۲۲	۴۲۴۵/۶۶
۸/۶۱۰	۷/۸۸۸	۹/۰۲۳	۰/۵۳۵	۰/۵۶۸	۰/۱۶۱	۸۷۴/۸۳
۰/۸۳۳	۰/۹۲۲	۰/۸۶۸	۰/۰۴۹	۰/۲۲۷	۰/۰۴۷	۰/۱۰۳
مقایسه‌های متعامد (سطح احتمال)						
۰/۹۸۳	۰/۵۲۵	۰/۹۰۳	۰/۲۲۷	۰/۲۹۸	۰/۹۴	۰/۰۵۷
۰/۶۷۳	۰/۶۱۵	۰/۵۸۴	۰/۲۸۴	۰/۰۶۴	۰/۰۲۱	۰/۷۷۲
abc حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در سطح ۰/۰۵ است.						

رشد استخوان و سلامت عمومی ضروری است، زیرا کمبودهایی را که غالباً در رژیم‌های غذایی با مقدار کم فسفر دیده می‌شود، کاهش می‌دهند. در ارتباط با این موضوع در این طرح نیز مشاهده شد با کاهش ۲۵ تا ۳۰ درصدی فسفر قابل دسترس هیچ کاهش معناداری در میزان فسفر سرم مشاهده نشد و سبب افزایش معنادار کلسیم سرم خون نسبت به تیمار استاندارد + لاکتوزایم شد، به‌طوری که این افزایش کلسیم در استحکام استخوان پرنده‌های پرورش‌یافته در تیمارهای کمبود همراه با لاکتوزایم منعکس است که بیشتر از تیمارهای متناظر آن‌ها در آنزیم تجاری بوده است. بررسی نسبت کلسیم به فسفر در سرم نشان می‌دهد که این نسبت در سرم پرندگان تیمارهای کمبود حاوی لاکتوزایم مناسب‌تر از سایر تیمارهاست. این نسبت‌ها نشان می‌دهد که جذب کلسیم در این تیمارها بیشتر است و اختلالی در متابولیسم ۱-۲۵ دی‌هیدروکسی کوله‌کلسیفرول ایجاد نمی‌کند. مشخص شده که بیشتر بودن فسفر در سرم نسبت به کلسیم باعث اختلال در متابولیسم ۱-۲۵ دی‌هیدروکسی کوله‌کلسیفرول شده و زمینه ریکتز را در پرندگان ایجاد می‌کند (۱۳). اگرچه در این آزمایش میزان ویتامین D3 در سرم اندازه‌گیری نشده، اما نتایج استحکام استخوان نشان می‌دهد که استفاده از آنزیم فیتاز در جیره

جبران کند. مطالعات نشان می‌دهد که میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی در جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی آنزیم فیتاز، در مقایسه با جوجه‌هایی که از جیره‌های بدون آنزیم تغذیه می‌کنند، بهتر است. مثلاً، در پژوهشی گزارش شد که جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده ۱۵۰۰gk/UTF فیتاز به‌طور معناداری وزن بیشتری از جوجه‌های شاهد کسب کردند. همچنین مشاهده شد این سطح از افزایش فیتاز به‌طور معناداری سبب کاهش ضریب تبدیل نسبت به سطح شاهد شد. علاوه‌براین، گنجاندن فیتاز وزن لاشه را نیز به‌طور معناداری افزایش داد (۱۰).

افزودن فیتاز می‌تواند باعث تحریک مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی شود. این اثر به‌ویژه در جیره‌هایی مشهود است که سطوح فیتات در آن‌ها بالاست، زیرا فیتات به‌دلیل خواص ضدتغذیه‌ای خود می‌تواند مصرف خوراک را کاهش دهد. بهبود قابلیت هضم مواد مغذی به‌دلیل عملکرد فیتاز به افزایش مصرف خوراک منجر می‌شود که ارتباط مثبتی با افزایش وزن بدن دارد (۱، ۵).

آنزیم فیتاز نقشی حیاتی در افزایش زیست‌فراهمی مواد معدنی مانند فسفر و کلسیم در جیره جوجه‌های گوشتی دارد. مکمل فیتاز با افزایش سطح فسفر و کلسیم سرم مرتبط است. این موضوع برای

بودجه طرح تحت شماره اعتبار پژوهش ۳/۵۹۹۶۲ تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از شرکت فراسودمند رازی به سبب حمایت مالی و تأمین مواد اولیه طرح و از آقای مهندس منصور بهداد برای تأمین مواد اولیه طرح قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

منابع

- Hernandez JR, Gulizia JP, Adkins JB, Rueda MS, Haruna SI, Pacheco WJ, et al. Effect of Phytase Level and Form on Broiler Performance, Tibia Characteristics, and Residual Fecal Phytate Phosphorus in Broilers from 1 to 21 Days of Age. *Animals*. 2022;12(15):1952.
- Selle PH, Macelline SP, Chrystal PV, Liu SY. The contribution of phytate-degrading enzymes to chicken-meat production. *Animals*. 2023;13(4):603.
- Oh B-C, Choi W-C, Park S, Kim Y-O, Oh T-K. Biochemical properties and substrate specificities of alkaline and histidine acid phytases. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2004;63:362-72.
- Dos Santos TT, Srinongkote S, Bedford M, Walk C. Effect of high phytase inclusion rates on performance of broilers fed diets not severely limited in available phosphorus. *Asian-Australasian j anim sci*. 2013;26(2):227.
- Nuamah E, Okon UM, Jeong E, Mun Y, Cheon I, Chae B, et al. Unlocking Phytate with Phytase: A Meta-Analytic View of Meat-Type Chicken Muscle Growth and Bone Mineralization Potential. *Animals*. 2024;14(14):2090.
- Walters H, Coelho M, Coufal C, Lee J. Effects of increasing phytase inclusion levels on broiler performance, nutrient digestibility, and bone mineralization in low-phosphorus diets. *J Appl Poult Res*. 2019;28(4):1210-1225.
- Broch J, Nunes RV, Eyng C, Pesti GM, de Souza C, Sangalli GG, et al. High levels of dietary phytase improves broiler performance. *Anim Feed Sci*. 2018;244:56-65.
- Mohammadi Ziarat M, Kermanshahi H, Nasiri Mogaddam H, Majidzadeh Heravi R. Performance of an *Escherichia coli* phytase expressed in *Lactococcus lactis* on nutrient retention, bone traits and intestinal morphology in broiler chickens. *J Anim Physiol Anim Nutri*. 2020;104(3):909-17.
- Murugesan GR, Romero LF, Persia ME. Effects of protease, phytase and a *Bacillus* sp. direct-fed microbial on nutrient and energy digestibility, ileal brush border digestive enzyme activity and cecal short-chain fatty acid concentration

استاندارد که میزان کافی فسفر قابل دسترس دارد باعث کاهش استحکام شده، درحالی‌که در جیره‌های کمبود استفاده از مکمل یا آنزیم استحکام بیشتری ایجاد کرده است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از آنزیم فیتاز در خوراک در صورت عدم کاهش فسفر قابل دسترس جیره موجب کاهش کلسیم در سرم شده و عدم تعادل در نسبت کلسیم به فسفر به وجود خواهد آمد. در تأیید این نتیجه بیان شد، زمانی که سطح آنزیم فیتاز در جیره از ۵۰۰ به ۱۵۰۰ FTU/Kg افزایش می‌یابد مقدار کلسیم سرم رو به کاهش رفته، درحالی‌که فسفر سرم افزایش می‌یابد، که نشان می‌دهد در حالت استفاده از آنزیم فیتاز، فسفر بیشتری نسبت به کلسیم آزاد می‌شود (۱۴-۱۶)؛ بنابراین، در استفاده از آنزیم فیتاز بهتر است ارزش ماتریسی آن بررسی و لحاظ شود.

تحقیقات نشان می‌دهد که مکمل فیتاز می‌تواند به کاهش کلسترول و تری‌گلیسیرید پلاسما در جوجه‌های گوشتی منجر شود. این اثر ممکن است به بهبود استفاده از مواد مغذی و کاهش رسوب چربی نسبت داده شود که به سلامت پرندگان و کیفیت بالقوه بهتر گوشت کمک می‌کند (۱۴)، اما در این طرح چنین نتیجه‌ای مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش عملکرد یک مکمل میکروبی (لاکتوزایم®) با قابلیت تولید فیتاز ارزیابی شد. نتایج نشان داد که این مکمل میکروبی توانسته در جیره‌هایی با کمبود فسفر قابل دسترس تا ۳۰ درصد کمتر از استاندارد، عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی مناسبی را نشان دهد ضمن اینکه هیچ‌گونه علائم کمبودی در پرندگان دیده نشد. در مقایسه با آنزیم تجاری ۱۰۰۰۰ استفاده از این مکمل میکروبی در مرغ‌های گوشتی وزن بدن و رشد کمتری در جیره‌های کمبود فسفر نشان داد، اگرچه این تفاوت به لحاظ آماری معنادار نبود. استفاده از این مکمل میکروبی نسبت متعادل‌تری از کلسیم و فسفر در خون پرندگان ایجاد کرد و استحکام استخوان بهتری را نشان داد. از این رو، استفاده از این مکمل میکروبی در جیره‌های جوجه‌های گوشتی با در نظر گرفتن ارزش ماتریسی آن توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه فردوسی مشهد برای فراهم کردن فضای تحقیقاتی و

in broiler chickens. PloS one. 2014;9(7):e101888.

10. Zou X, Jiang S, Zhang M, Hu H, Wu X, Liu J, et al. Effects of *Bacillus subtilis* on production performance, bone physiological property, and hematology indexes in laying hens. Anim. 2021;11(7):2041.

11. Kermanshahi H, Heravi RM. Study of a recombinant *Lactococcus lactis* performance to degrade of phytate phosphorus in broiler chick diets. Iranian J Anim Sci Res. 2016;8(1):122-131.

12. Tang H, Sieo C, Abdullah N, Chong C, Omar A, Mohammad R, et al. *Mitsuokella jalaludinii* supplementation improved nutrient utilization of broilers fed low-available phosphorus diet. Brazilian Journal of Poultry Science. 2021;23(01):eRBCA-2020-1332.

13. Vaiano S, Azuolas J, Parkinson G, Scott P. Serum total calcium, phosphorus, 1, 25-dihydroxycholecalciferol, and

endochondral ossification defects in commercial broiler chickens. Poult Sci. 1994;73(8):1296-305.

14. Al-Harthi MA, Attia YA, El-Shafey AS, Elgandy MF. Impact of phytase on improving the utilisation of pelleted broiler diets containing olive by-products. Italian J Anim Sci. 2020;19(1):310-8.

15. Lim CI, Choo HJ, Park JH. Effect of phytase supplementation on performance, fecal excretion, and compost characteristics in broilers fed diets deficient in phosphorus and calcium. J Anim Sci Tech. 2024;66(1):93.

16. Zanu HK, Kheravii S, Morgan N, Bedford M, Swick R. Interactive effect of dietary calcium and phytase on broilers challenged with subclinical necrotic enteritis: part 2. Gut permeability, phytate ester concentrations, jejunal gene expression, and intestinal morphology. Poult sci. 2020;99(10):4914-28.