نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۳۹، تابستان ۱۴۰۲
ص‌ص: ۸۹~۱۰۴

تاثیر کاهش سطح فسفرجیره بر صفات عملکردی و قابلیت هضم پروتئین بلدرچین‌های ژاپنی تغذیه شده با جیره‌ی بر پایه گندم حاوی فیتاز و زایلاناز

• **ملیحه نکوفرد[۱]، قاسم جلیلوند*[۲]، نظر افضلی[۳]، فرزاد باقرزاده کاسملنی[۴]، ریحانه هوشیار[۵]**

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۳- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۴- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۵- دانشیار،گروه بیوشیمی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند

تاریخ دریافت : خرداد ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش : مهر ۱۴۰۱
شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۵۲۲۸۲۴۸
Email: gjalilvand@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ ASJ.2022.342294.2045

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر کاهش سطح فسفرجیره بر صفات عملکردی، شاخص کارایی تولید و قابلیت هضم پروتئین بلدرچین‌های ژاپنی که از جیره‌های بر پایه گندم مکمل شده با فیتاز و زایلاناز تغذیه شدند، اجرا شد. بدین منظور، ۷۰۴ قطعه جوجه بلدرچین ژاپنی ماده ۱۴ روزه به طور تصادفی به هشت تیمار دارای چهار تکرار و هر تکرار شامل ۲۲ جوجه تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی با اعمال جیره‌های حاوی دو سطح فسفر(۰/۳۰ و ۰/۱۴ درصد)، دو سطح آنزیم فیتاز(صفر و ۰/۰۱درصد) و دو سطح آنزیم زایلاناز(صفر و ۰/۰۵ درصد) در قالب طرح کاملا تصادفی با آزمایش فاکتوریل(۲×۲×۲) انجام شد. نتایج نشان داد در کل دوره پرورش، مصرف خوراک و افزایش وزن پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۳۰ درصد فسفر، ۰/۰۱ درصد فیتاز و ۰/۰۵ درصد زایلاناز بیشتر بود(P≤۰/۰۵). ضریب تبدیل خوراک،شاخص تولید و درصد تلفات تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرارنگرفت.پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۳۰ درصد فسفر همراه زایلاناز در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با آنزیم فیتاز قابلیت هضم پروتئین بیشتری داشتند (P≤۰/۰۵). در پایان می‌توان نتیجه گرفت استفاده همزمان از آنزیم‌های فیتاز و زایلاناز در جیره‌های بر پایه گندم حاوی فسفردر سطح احتیاجات (۰/۳ درصد) می‌تواند اثرات مطلوبی را بر عملکرد بلدرچین‌های ژاپنی از جمله مصرف خوراک ، افزایش وزن و قابلیت هضم پروتئین داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بلدرچین، گندم، فسفر، زایلاناز، فیتاز.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 139 pp: 89-104

The effect of reducing dietary phosphorus level on functional traits and protein digestibility of Japanese quails fed with wheat-based diet containing phytase and xylanase

By Maliheh Nekoofard[1], Ghasem Jalilvand[*1], Nazar Afzali[2], Farzad Bagherzadeh Kasmani[1], Reyhaneh Houshyar[3]
1: Department of animal science, Faculty of agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
2: Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran
3: Biochemistry-Faculty of Medicine-Birjand University of Medical Sciences-Birjand-Iran

Received: June 2022 **Accepted: October 2022**

This experiment was carried out in order to investigate the effect of reducing dietary phosphorus level on functional traits, production efficiency index and protein digestibility of Japanese quails that were fed wheat-based diets supplemented with phytase and xylanase. For this purpose, 704 fourteen-day-old female Japanese quail chicks were randomly divided into eight treatments with four replicates and each replicate included 22 chicks. Experimental treatments were performed by applying diets containing two levels of phosphorus (0.30 and 0.14%), two levels of phytase enzyme (zero and 0.01%) and two levels of xylanase enzyme (0 and 0.05%) in a completely randomized design with a factorial experiment (2x2x2). The results showed that in the whole breeding period, the feed consumption and weight gain of birds fed with a ration containing 0.30% phosphorus, 0.01% phytase and 0.05% xylanase was higher ($P\geq0.05$). Feed conversion ratio, production index and the percentage of casualties were not affected by experimental treatments. Birds fed with ration containing 0.30% phosphorus with xylanase had higher protein digestibility compared to birds fed with phytase enzyme ($P\geq0.05$). In the end, it can be concluded that the simultaneous use of phytase and xylanase enzymes in wheat-based diets containing phosphorus at the required level (0.3%) can have favorable effects on the performance of Japanese quails, including feed consumption, weight gain and protein digestibility.

Key words: Quail, wheat, phosphorus, xylanase, phytase

مقدمه

مهمترین مسائل پرورش طیور، مسئله خوراک و هزینه‌های مربوط به آن می‌باشد که حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد از هزینه‌های پرورش را به خود اختصاص می‌دهد (گلیان و سالارمعینی، ۱۳۷۸). غلات بخش عمده‌ای از جیره طیور را تشکیل داده و به عنوان منابع نشاسته‌ای و تأمین کننده انرژی مورد نیاز آن‌ها به کار می‌روند. اگرچه ذرت در بین غلات، به دلیل ارزش غذایی بالایی که دارد از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است، اما با توجه به محدودیت کشت آن در ایران، جزء نهاده‌های وارداتی محسوب می‌شود که هزینه بالایی را به صنعت پرورش بلدرچین تحمیل می‌کند. با توجه به افزایش قیمت جهانی ذرت و سهم این غله در خوراک طیور، به‌نظر می‌رسد استفاده از منابع جایگزین ذرت، جهت کاهش هزینه‌های تولید در صنعت پرورش بلدرچین بسیار حیاتی است. با توجه به شرایط آب و هوایی ایران، گندم یکی از غلاتی است که به‌وفور کشت شده و به مصرف تغذیه انسان، دام و طیور می‌رسد. در کشورهای مختلف، گندم به عنوان یک منبع تامین کننده انرژی در جیره طیور استفاده می‌شود. ارزش تغذیه‌ای گندم بسته به منطقه کشت، شرایط و زمان برداشت و نوع واریته متغیر می‌باشد(Thomas و همکاران، ۲۰۰۵). پروتئین گندم نسبت به

ذرت، بیشتر و انرژی آن کمتر است. زیاد بودن پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای در این غله (پنتوزان و آرابینوزایلان)، از دلایل اصلی محدودیت استفاده از گندم در جیره طیور و به‌خصوص بلدرچین می‌باشد. پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای، با جذب مقدار زیادی آب در روده، موجب افزایش غلظت و بالا رفتن ویسکوزیته محتویات گوارشی می‌شوندکه این موضوع خود سبب کاهش سرعت عبور مواد در دستگاه گوارش و در ادامه افت مصرف خوراک توسط پرنده می‌شود. از سوی دیگر، اکثر پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای در ساختمان دیواره سلولی گیاه یافت می‌شوند و مواد غذایی پرانرژی و قابل استفاده نظیر پروتئین، چربی و نشاسته نیز در داخل سلول قرارگرفته‌اند. بنابراین در صورت عدم هضم پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای غیرمحلول در دیواره سلولی، مواد مغذی داخل سلول هم از دسترس پرنده خارج می‌شوند (Lee و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین اسید فیتیک و یا فیتات نیز در دانه‌های غلات وجود دارد که یک ماده ضدمغذی غیرقابل هضم بوده و باعث می شود که قابلیت دسترسی فسفر و عناصر معدنی ضروری از قبیل روی، آهن، کلسیم و پتاسیم موجود در مواد گیاهی برای حیوانات تک معده‌ای به علت نبود آنزیم فیتاز کاهش یابد (گلیان و سالارمعینی، ۱۳۷۸).

در این شرایط، استفاده از مکمل‌های آنزیمی راهگشا بوده و موجب افزایش قابلیت هضم مواد مغذی، کاهش قیمت جیره، بهبود شرایط بستر، افزایش راندمان خوراک و همچنین کاهش اتلاف مواد آلی و معدنی می‌شود (یوسف پور، ۱۳۸۲). با دقت در انتخاب آنزیم مناسب می‌توان عملکرد طیور را تا حدود زیادی بهبود بخشید و گمان می‌رود که افزایش استفاده از آنزیم در خوراک، تنها به دلیل منافع اقتصادی نبوده، بلکه ویژگی‌های زیست محیطی و بهبودگوارش ذرات غذا توسط آنزیم را نیز در بر می‌گیرد . اگرچه سودمندی استفاده از آنزیم در جیره جوجه-های گوشتی کاملا به اثبات رسیده است (Roofchaei و همکاران، ۲۰۱۹)، اما این موضوع در جیره های غذایی بلدرچین که ذرت در خوراک آن‌ها با گندم جایگزین شده به بررسی و مطالعات بیشتری نیاز دارد. علاوه براین، استفاده همزمان فیتاز و زایلاناز می تواند اثرات هم افزایی نسبتا مناسبی را در این زمینه بهمراه داشته باشد (Zeller و همکاران، ۲۰۱۵). از این رو در این پژوهش، تاثیر استفاده جداگانه و توام آنزیم‌های فیتاز و زایلاناز با دو سطح فسفر بر روی قابلیت هضم پروتئین، صفات عملکردی و شاخص عملکرد در جیره بلدرچین‌های ژاپنی که از جیره‌های بر پایه گندم تغذیه کرده بودند مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر از ۷۰۴ قطعه جوجه بلدرچین ژاپنی ماده که تا سن ۱۰روزگی تحت شرایط تجاری پرورش یافته بودند، و از ۱۰ تا ۱۴ روزگی با جیره‌ی بر پایه گندم در سطح احتیاجات تغذیه شدند، استفاده شد. سپس جهت بررسی تأثیر سطح فسفر، فیتاز و زایلاناز در جیره‌های برپایه گندم، پرندگان به طور تصادفی به هشت تیمار دارای چهار تکرار و هر تکرار شامل ۲۲ جوجه تقسیم و به واحدهای قفس ۸۰ × ۸۰ سانتیمتر و ارتفاع ۱ متر منتقل شدند. میانگین وزنی جوجه‌ها در شروع آزمایش(۱۴ روزگی) ۹± ۴۱/۰۴ گرم بود. در طول دوره آزمایش از۱۴ تا ۴۲ روزگی پرندگان به آب و خوراک دسترسی مداوم داشته و برنامه نوردهی ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت خاموشی بود.درجه حرارت در طول دوره آزمایش از ۳۰ درجه سانتیگراد در هفته سوم به ۲۴ درجه سانتیگراد در هفته ۷ به تدریج کاهش داده شد و رطوبت نسبی سالن بین ۵۵ تا ۶۰ درصد فراهم شده بود. تیمارهای آزمایشی با اعمال جیره‌های حاوی دو سطح فسفر(سطح ۰/۳۰ مطابق با احتیاجات بلدرچین (NRC, 1994) و ۰/۱۴ درصد)، دو سطح آنزیم فیتاز[1] (صفر و ۰/۰۱ درصد) و دو سطح آنزیم زایلاناز[2] (صفر و ۰/۰۵ درصد) در قالب طرح کاملا تصادفی با آزمایش فاکتوریل(۲×۲×۲) اعمال شد. ترکیب مواد مغذی جیره‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

برای تعیین میزان خوراک مصرفی، قبل از وزن کشی خوراک از دانخوری ها جمع آوری و وزن شد و با کم کردن این مقدار از کل خوراک داده شده، خوراک مصرفی در هفته محاسبه شد.

۱: فیتاز ۵۰۰۰ ناتافوس دارای ۵۰۰۰ واحد FTU از آنزیم فیتاز مقاوم به حرارت

۲: زیمپکس۰۰۶ حاوی ۱۰۰۰۰ XIA U/g

برای اندازه‌گیری افزایش وزن، میانگین وزن جوجه‌ها درپایان هر هفته اندازه گیری شد. شاخص تولید که در برگیرنده معیارهای درصد ماندگاری گله، سن کشتار، ضریب تبدیل غذایی و وزن نهایی می‌باشد، از رابطه ۱ بدست آمد (Marcu و همکاران، ۲۰۱۳).

(رابطه۱)

$$\frac{\text{(درصدماندگاری} \times \text{میانگین‌وزن‌کشتار)}}{\text{(ضریب‌تبدیل‌غذایی} \times \text{سن‌کشتار)}} \times 100$$

با بدست آورن میزان افزایش وزن و افزایش وزن هفتگی، ضریب تبدیل خوراک (مصرف خوراک /افزایش وزن) نیز محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری قابلیت هضم پروتئین در پایان دوره پرورش از هر واحد آزمایشی دو قطعه پرنده با میانگین نزدیک به میانگین تکرار انتخاب و کشتار شد. برای تعیین قابلیت هضم پروتئین از روش غیرمستقیم با استفاده از اکسید کروم به عنوان مارکر خارجی استفاده شد، به طوری که مقدار ۰/۳ درصد اکسید کروم به جیره-ها اضافه و جیره‌های حاوی مارکر بین روزهای۴۰ تا ۴۲ پرورش در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. از هر تکرار دو قطعه پرنده کشتار شد و محتویات ایلئوم هر نمونه جمع‌آوری شد و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. محتویات ایلئوم جمع آوری شده در آون ۶۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس آسیاب شدند. میزان نیتروژن نمونه‌های محتویات ایلئوم و خوراک با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد. میزان اکسید کروم در نمونه‌های خوراک و ایلئوم با دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی مدل ۴۰۰ شرکت ورین آمریکا تعیین شد. پس از اندازه-گیری غلظت اکسید کروم توسط دستگاه اسپکتروفتومتر با استفاده از رابطه ۲ قابلیت هضم پروتئین محاسبه شد (Liener، ۱۹۹۴).

$$100 \times \left(1 - \left(\frac{\text{مقدار کروم در ایلئوم}}{\text{مقدار کروم درخوراک}} \times \frac{\text{مقدار پروتئین در خوراک}}{\text{مقدار پروتئین در ایلئوم}}\right)\right)$$

در پایان، داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۴) و مدل آماری زیر تجزیه و تحلیل شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن(سطح احتمال ۰/۰۵) استفاده گردید.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + e_{ijk}$$

که در این مدل،Y_{ijk} مقدار مشاهده شده ، μ میانگین جامعه، A_i، B_j و C_K به ترتیب اثرات اصلی سطوح فسفر، آنزیم فیتاز و آنزیم زایلاناز و AB_{ij}، AC_{ik}، BC_{jk} و ABC_{ijk} اثرات متقابل و e_{ijk} خطای آزمایش می‌باشد.

نتایج و بحث

مصرف خوراک

تاثیر سطوح مختلف فسفر، فیتاز و زایلاناز بر مصرف خوراک بلدرچین ژاپنی در دوره‌های مختلف پرورش درجدول شماره ۲ نشان داده شده است. بجز هفته سوم در بقیه هفته ها و در کل دوره اثرات متقابل سه جانبه معنی‌دار بود (P≤۰/۰۵). در هفته های ۵ و ۶ و در کل دوره پرورش، پرندگانی که با جیره های ۰/۳ درصد فسفر، فاقد فیتاز و سطح ۰/۰۵ درصد زایلاناز و ۰/۱۴ درصد فسفر فاقد آنزیم تغذیه شده بودند در مقایسه با پرندگانی که با جیره‌های ۰/۳ درصد فسفر، ۰/۰۱درصد فیتاز و ۰/۰۵ درصد زایلاناز تغذیه شده بودند و در هفته ۴ پرورش، در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۱۴ درصد فسفر به همراه آنزیم زایلاناز و فیتاز مصرف خوراک کمتری داشتند (P≤۰/۰۵). در اثرات متقابل دو جانبه ،پرندگان تغذیه شده با جیره۰/۳۰ درصد فسفر و بدون آنزیم مصرف خوراک کمتری را در مقایسه با پرندگان دریافت کننده جیره ۰/۱۴ درصد فسفر به همراه فیتاز در هفته ۵ و جیره ۰/۳۰ درصد فسفر به همراه فیتاز در کل دوره پرورش داشتند(P≤۰/۰۵). اثرات متقابل فسفر در زایلاناز در هفته ۴ نشان دهنده مصرف خوراک بیشتر در پرندگان تغذیه شده با جیره ۰/۱۴ درصد فسفر به همراه آنزیم زایلاناز در مقایسه با سایر تیمارها بود(P≤۰/۰۵). و اثرات متقابل فیتاز در زایلاناز در هفته ۵ نیز نشان دهنده مصرف خوراک بیشتر در پرندگان تغذیه شده با دو آنزیم فیتاز و زایلاناز در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با آنزیم زایلاناز بود(P≤۰/۰۵).

بررسی نتایج نشان می‌دهد پاسخ متفاوت پرندگان به مکمل فیتاز در این بررسی و همچنین دیگر آزمایش‌های انجام شده با جوجه-های گوشتی ناشی ازموضوعات متنوعی می‌باشد که یکی از مهمترین آن‌ها، تفاوت جیره‌های غذایی مورد آزمایش و به ویژه میزان فسفر آن‌ها می‌باشد (Cowieson وهمکاران،۲۰۰۶). با توجه به اینکه گزارش‌های پیرامون تغذیه بلدرچین در این زمینه محدود می باشد در عین‌حال در بررسی‌های دیگر، آنزیم فیتاز افزوده شده به جیره‌هایی با فسفر قابل دسترس پایین باعث بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی،خوراک مصرفی و وزن‌گیری شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد(Woyengo و همکاران،۲۰۱۰). مکمل سازی دزهای بالای این آنزیم در جیره جوجه های گوشتی اثرات مفید خود را از طریق فراهم سازی اینوزیتول و تخریب کمپلکس فیتات نشان داده که منجر به بهبود قابلیت هضم کلسیم و فسفر و متعاقبا بهبود عملکرد پرندگان شده است (Walk و همکاران، ۲۰۱۴).

زاغری و همکاران (۱۳۸۹) گزارش نمودند مصرف فیتاز در جیره می‌تواند با افزایش زیست فراهمی مواد معدنی و آمینواسیدها سبب بهبود مصرف خوراک شده و بدین ترتیب جایگزین بخشی از مواد مغذی جیره شود. افزایش خوراک مصرفی در اثر استفاده از مکمل‌های آنزیمی می‌تواند به دلایلی همچون کاهش ویسکوزیتهٔ مواد گوارشی و افزایش سرعت حرکت آن‌ها، افزایش هضم و جذب ناشی از تأثیر آنزیم‌ها و شیرابه‌های گوارشی، باشد (Bedford و Schulze، ۱۹۹۸). همچنین بالا بودن میزان خوراک مصرفی روزانه در گروه آزمایشی حاوی آنزیم‌های زایلاناز و فیتاز را می‌توان به استفادهٔ همزمان مکمل-های آنزیمی نسبت داد، که احتمالاً با بازده بالایی محدودیت‌های ایجاد شده از پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای را کاهش می‌دهند. شاید بتوان اینگونه نتیجه گرفت که آنزیم فیتاز با غلبه بر بازدارنده‌هایی از قبیل فسفر فیتاتی، موجب افزایش اثر آنزیم زایلاناز شده و این موضوع باعث افزایش بیشتر مصرف خوراک شده است. از طرف دیگر، در هفته ۴ در تیمار حاوی ۰/۱۴ درصد فسفر به همراه زایلاناز، میانگین مصرف خوراک تحت تاثیرآنزیم زایلاناز افزایش یافت که این موضوع با نتایج گزارش شده توسط سایر محققین مطابقت دارد (Karimi و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین تفاوت نتایج بدست آمده در این بررسی‌ها می‌تواند بدلیل اختلاف درروش‌های آماری، سطوح مختلف دانه گندم، کیفیت دانه، نوع جیره پایه، نوع و سن پرنده مورد آزمایش، اثرات متقابل آنزیم‌ها، شرایط محیطی مختلف و تفاوت در واریته دانه گندم باشد (Yuben و همکاران، ۲۰۰۴).

افزایش وزن

تاثیر سطوح مختلف فسفر، فیتاز و زایلاناز بر افزایش وزن بلدرچین ژاپنی در دوره‌های مختلف پرورش در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. افزایش وزن پرندگانی که با جیره حاوی ۰/۳۰ درصد فسفر و مکمل شده با هر دو آنزیم فیتاز و زایلاناز تغذیه شدند در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره ۰/۱۴ درصد فسفر به همراه فیتاز در هفته ۶ و جیره‌های حاوی ۰/۳۰ درصد فسفر به همراه آنزیم زایلاناز و ۰/۱۴ درصد فسفر بدون آنزیم ویا فقط به همراه آنزیم فیتاز در کل دوره پرورش بیشتر بود($P\leq ۰/۰۵$). با بررسی روابط دوجانبه بین فسفر و فیتاز مشخص شد بیشترین افزایش وزن در انتهای دوره مربوط به پرندگانی بوده که با جیره حاوی۰/۳۰ درصد فسفر مکمل شده با ۰/۰۱ درصد فیتاز تغذیه شده بودند و بقیه تیمارها اختلافی در افزایش وزن حاصله نداشتند($P\leq ۰/۰۵$). در بررسی روابط بین فسفر و زایلاناز هم در پایان دوره آزمایش مشخص شد بلدرچین هایی که از جیره حاوی ۰/۳ درصد فسفر و فاقد آنزیم زایلاناز استفاده کرده بودند به شکلی معنی‌دار دارای افزایش وزن بیشتری نسبت به پرندگان دریافت‌کننده ۰/۱۴ درصد فسفر بدون آنزیم زایلاناز بودند($P\leq ۰/۰۵$). روابط متقابل بین دو آنزیم نیز این مسئله را نشان می داد که پرندگانی که با یک سطح مکمل شده آنزیم و سطح صفر آنزیم دیگر تغذیه شده بودند به شکلی معنی‌دار دارای افزایش وزن کمتری درمقایسه با پرندگان دریافت کننده دو سطح آنزیم بودند($P\leq ۰/۰۵$).

گزارش‌های متناقضی در زمینه تاثیر آنزیم فیتاز بر عملکرد جوجه-های گوشتی وجود دارد. برخی پژوهشگران بیان کرده‌اند پرندگانی که با سطوح مختلف فیتاز در جیره‌های دارای سطوح

مختلف فسفر قابل دسترس تغذیه شده بودند نسبت به پرندگان شاهد دارای عملکرد بهتری بودند (Zaefarian و همکاران، ۲۰۱۳). اما برخی دیگر از پژوهشگران با اضافه کردن آنزیم فیتاز هیچ‌گونه تاثیر مثبتی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی مشاهده نکردند. میزان فیتاز مورد نیاز برای بهبود این شاخص‌ها، تا حدود زیادی به منبع و میزان فیتاز مورد استفاده بستگی دارد (Manobhavan و همکاران، ۲۰۱۶).

Sebastian و همکاران (۱۹۹۶) گزارش نمودند بهبود عملکرد پرندگانی که با جیره حاوی آنزیم فیتاز تغذیه می‌شوند می‌تواند توسط چهار عامل اصلی توضیح داده شود: رهاسازی مواد معدنی موجود در کمپلکس فیتات- مواد معدنی، استفاده و بکارگیری اینوزیتول (محصول اصلی جداشدن فسفر از اسید فایتیک) توسط حیوان، بهبود قابلیت هضم نشاسته و همچنین افزایش در قابلیت دسترسی پروتئین. ممکن است مکمل‌سازی آنزیم فیتاز به صورت غیرمستقیم بر روی انرژی قابل دسترس برای طیور تاثیرگذار باشد. این تاثیر از طریق بهبود در قابلیت هضم مواد مغذی، جلوگیری از پدیده صابونی شدن بین لیپیدها و مواد معدنی موجود در کمپلکس فیتات- مواد معدنی انجام می‌گیرد. در سالیان اخیر نیز پژوهش-هایی در این زمینه انجام گرفته است که موید تاثیر مثبت فیتاز بر افزایش وزن جوجه‌ها می باشد (Gautier و همکاران، ۲۰۱۸).

در مورد آنزیم زایلاناز هم نتایج حاکی این مطلب هستند که در دوره‌های مختلف رشد بجز۶ هفتگی، میانگین افزایش وزن روزانه بلدرچین‌ها تحت تاثیر این آنزیم قرار نگرفت، که این یافته‌ها با نتایج گزارش شده Karimi و همکاران(۲۰۱۳) در جوجه‌های گوشتی مطابقت دارد. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که میزان پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای موجود در گندم تا حدی نبوده که یک ویسکوزیته نسبتاً شدید در بلدرچین‌ها ایجاد کند، بطوری‌که مانع ازحرکت مواد هضمی در دستگاه گوارش و به طبع آن کاهش خوراک مصرفی و افت وزن شود. اما بررسی اثرات اصلی آنزیم فیتاز و فسفر بر روی تیمارها، افزایش محسوس وزن تیمار ۰/۳۰ درصد فسفر و ۰/۱ درصد آنزیم فیتاز را نشان می دهد که علت این امر را می‌توان به باز شدن کمپلکس فیتات و افزایش فراهمی انرژی و قابل دسترس شدن عناصری همچون فسفر و تاثیرات مثبت آن در سوخت و ساز تیمارهای دریافت کننده آنزیم نسبت داد (Selle و Ravindran، ۲۰۰۷). از طرف دیگر، بررسی اثرات متقابل بین فسفر و دو آنزیم بکار رفته در آزمایش هم افزایش وزنی تیمار فسفر۰/۳۰درصد به همراه آنزیم فیتاز را نسبت به تیمارهای هم گروه خود و افت وزنی تیمار ۰/۱۴ درصدی فسفرو فاقد آنزیم زایلاناز را نسبت به تیمارهای هم گروه آن به شکلی واضح نشان می دهد. این احتمال وجود دارد که ترکیب کردن آنزیم‌ها با هم در جیره باعث افزایش بهبود فرآیندهای هضم مواد مغذی، بیشتر از حالت مستقل آن‌ها شده باشد. مواد ضد مغذی موجود در غلات باعث پوشش دادن چربی، نشاسته و پروتئین شده و دسترسی آنزیم های گوارشی به این بخش‌ها را مختل می‌کند. Selle و Ravindran (۲۰۰۷) نیز رشد قابل توجهی را در جوجه‌هایی که از جیره‌های بر پایه گندم مکمل شده با فیتاز و زایلاناز استفاده کرده بودند در مقایسه با جوجه‌های تغذیه شده با جیره دارای فقط آنزیم فیتاز مشاهده کردند.

در توجیه ناهمگونی نتایج گزارش شده نیز می‌توان اینگونه تحلیل نمود که در پرندگان، فعالیت آنزیمی متأثر از عوامل مختلفی است که مهم‌ترین آن‌ها شامل تفاوت ژنتیکی بین سویه‌ها، سن، نوع جیره و تراکم کربوهیدرات‌های موجود در جیره است. این احتمال وجود دارد که فعالیت آنزیمی تحت تأثیر تنظیم جیره، شرایط تغذیه‌ای و حتی وضعیت فیزیولوژیک و سلامت حیوان قرار گیرد. همان طور که تأثیر مفید آنزیم‌ها بر ترکیبات ضدمغذی مانند بتاگلوکان، پنتوزان‌ها و اسید فایتیک به خوبی نشان داده شده است. مکمل‌سازی جیره‌های دارای غلات با آنزیم‌های با منشأ خارجی بر عملکرد و کارایی هضمی جیره و همچنین میزان ترشح آنزیم‌های با منشأ داخلی از جمله آنزیم‌های مترشحه از روده و لوزالمعده تاثیر دارد (Nourmohammadi و Afzali، ۲۰۱۳).

ضریب تبدیل خوراک

با توجه به جدول شماره ۴، در کل دوره پرورشی، ضریب تبدیل خوراک بلدرچین‌ها تحت تاثیر اثرات متقابل میزان فسفر، آنزیم‌های زایلاناز و فیتاز قرار نگرفت. ضریب تبدیل خوراک پرندگانی که از هر دو آنزیم فیتاز و زایلاناز در جیره استفاده کرده بود در مقایسه با پرندگان دریافت کننده زایلاناز در هفته سوم و پرندگان دریافت کننده فیتاز در هفته ششم بهتر بود($P\leq$۰/۰۵). اثر متقابل بین فسفر با هر کدام از آنزیم‌ها بر ضریب تبدیل خوراک بلدرچین‌ها معنی دار نبود.

متاسفانه مطالعات کمی در زمینه تأثیر افزودن آنزیم به جیره های حاوی گندم در تغذیه بلدرچین انجام گرفته است. در ارتباط با تأثیر افزودن آنزیم به جیره‌های حاوی سطوح مختلف گندم در جوجه‌های گوشتی نیز گزارش‌های متفاوتی ارائه شده است که ممکن است مربوط به تفاوت در مقدار آرابینوزایلان‌های گندم و رابطه معکوس بین پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای گندم و مقدار انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری آن باشد. برای مثال Gautier و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که مصرف مکمل فیتاز اثری بر ضریب تبدیل خوراک نداشت. این پژوهشگران دلیل این پدیده را افزایش همزمان وزن بدن و میزان مصرف خوراک دانستند. در سوی مقابل، Annison (۱۹۹۹) بیان کردکه ضریب تبدیل غذایی به وسیله‌ی آنزیم به طور معنی‌داری بهبود می‌یابد که این بهبود به دلیل افزایش هضم و جذب نشاسته، پروتئین و چربی با افزودن آنزیم به جیره است. این محقق بر این عقیده بود که افزودن آنزیم به جیره موجب کاهش اثرات ضد تغذیه‌ای گندم و افزایش قابلیت استفاده از آن و بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک می‌شود که در آزمایش حاضر نیز این تاثیر مشاهده شد.

درصد تلفات شاخص تولید و قابلیت هضم پروتئین

تاثیر سطوح مختلف فسفر، فیتاز و زایلاناز بر درصد تلفات و شاخص تولید و قابلیت هضم پروتئین بلدرچین ژاپنی درجدول شماره ۵ مشاهده می‌شود. درصد تلفات و شاخص تولید بلدرچین‌های ژاپنی تحت تاثیر اثرات متقابل فسفر، فیتاز و زایلاناز قرار نگرفت. شاخص تولید در کشورهای اروپایی بیشتر از ۳۰۰ است اما در ایران در بیشتر موارد بین ۲۲۰ تا ۲۵۰ گزارش شده است (سوخته‌زاری،۱۳۹۷). اثرات متقابل دو طرفه با هر کدام از آنزیم‌ها در مورد شاخص تولید نشان داد بلدرچین هایی که از جیره حاوی مکمل آنزیمی فیتاز و زایلاناز در مقایسه با مکمل فیتاز به تنهایی و جیره حاوی دو سطح فسفربه همراه زایلاناز نسبت به حالت عدم دریافت مکمل آنزیمی تغذیه می‌شدند تمایل به شاخص تولید بیشتری داشتند($P=$۰/۰۷).در تطبیق با یافته‌های آزمایش حاضر Olukosi و همکاران (۲۰۲۰) درآزمایشی که اثرات عملکردی افزودن آنزیم های زایلاناز و فیتاز را در جیره‌های جوجه گوشتی و بوقلمون مقایسه کرده و نشان دادند شاخص تولید در تیمار دارای هر دو آنزیم بهبود یافت.

پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۰/۳۰ درصد فسفر و به همراه زایلاناز در مقایسه با سایر جیره‌ها و پرندگان دریافت کننده ۰/۰۵ درصد زایلاناز در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با آنزیم فیتاز قابلیت هضم پروتئین بیشتری داشتند($P\leq$۰/۰۵).

در تطابق با یافته‌های آزمایش حاضرگزارش شده افزودن آنزیم زایلاناز به جیره بر پایه گندم می‌تواند اثرات نامطلوب پلی-ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای را تا حد زیادی از بین برده و سبب کاهش ویسکوزیته محتویات روده‌ای، بهبود قابلیت هضم نشاسته، پروتئین، چربی و انرژی قابل متابولیسم ظاهری در جوجه‌های گوشتی شود (Hadorn و همکاران،۲۰۰۱). این موضوع نشان می‌دهد آنزیم زایلاناز با کاهش پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای موجود در دیواره سلولی گندم باعث آزاد شدن مقداری پروتئین، نشاسته و چربی محصور در این دیواره شده که متعاقب آن جذب شده اند و درنتیجه باعث افزایش قابلیت هضم پروتئین و نشاسته در جوجه های تغذیه شده با جیره های حاوی فیتاز و زایلاناز و فسفر در سطح احتیاجات شده اند (Selle و Ravindran، ۲۰۰۷). این موضوع در بررسی اثرات متقابل سه‌گانه هم کاملا مشخص بوده و اثرات این آنزیم‌ها را در شکستن دیواره پلی ساکاریدی و آزادسازی بیشتر پروتئین گندم توجیه می‌نماید، هرچند که بررسی اثرات اصلی این آنزیم‌ها بر روی قابلیت هضم پروتئین نشان دهنده اهمیت بیشتر آنزیم زایلاناز در آزمایش حاضر می‌باشد. در

رابطه با تاثیر فیتاز بر قابلیت هضم پروتئین و اسیدهای آمینه در جوجه گوشتی نتایج متناقضی گزارش شده است. در برخی آزمایش‌ها، آنزیم فیتاز قابلیت هضم پروتئین و اسیدهای آمینه را افزایش داده است (Sommerfeld و همکاران، ۲۰۱۸)، در حالی که در برخی بررسی‌های دیگر هیچ‌گونه تاثیری بر روی قابلیت هضم پروتئین و اسیدهای آمینه مشاهده نشده است (Rodehutscord و همکاران، ۲۰۰۴).

اگرچه عقیده کلی بر این است که تأثیر مثبت و معنی‌دار مکمل فیتاز بر قابلیت هضم اسیدهای آمینه و پروتئین، نشان دهنده اثر این آنزیم در تجزیه کمپلکس‌های فیتات-پروتئین موجود در اجزای گیاهی جیره و همچنین ممانعت از اثر بازدارندگی فیتات بر آنزیم‌های هضم‌کننده پروتئین در دستگاه گوارش می‌باشد، اما گزارش‌هایی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد سطوح بالاتر این آنزیم گاهی تاثیر منفی بر قابلیت هضم خواهد داشت. در آزمایش حاضر سطوح مکمل آنزیم فیتاز به طور معنی‌دار قابلیت هضم پروتئین را کاهش داد. از آنجایی که سطح فیتاز مورد استفاده آزمایش حاضر سطح توصیه شده شرکت سازنده برای مرغ گوشتی بوده است، ممکن است این مقدار در جیره بلدرچین بالا باشد. کاهش جذب مواد مغذی در سطوح نسبتا بالاتر مکمل آنزیمی فیتاز توسط محققین گزارش شده است. برای مثال Yi و همکاران (۱۹۹۴) گزارش نموده اند که سطوح صفر الی ۳۵۰ واحد فیتاز قابلیت هضم ماده خشک را افزایش می‌دهد ولی سطوح بالاتر فیتاز قابلیت هضم ماده خشک را کاهش می‌دهد. Ravindran و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش نموده‌اند که سطوح بالاتر از ۲۵۰ واحد فیتاز، نسبت رشد به خوراک را در جوجه‌های گوشتی کاهش می‌دهد. در تغذیه بلدرچین گزارشی مبنی بر اندازه‌گیری این سطوح بالاتر از حد نرمال مکمل آنزیم فیتاز گزارش نشده است. بطور کلی کاهش در عملکرد، انرژی قابل سوخت و ساز و ابقای فسفر به دلیل سطوح بالای آنزیم فیتاز در پرندگان گزارش شده است. همچنین پژوهشگران دلیل خاصی برای اثرات منفی کاربرد سطوح بالای آنزیم بیان نکرده و تفسیر آن را پیچیده دانسته اند(Pourreza و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول ۱- ترکیب مواد غذایی و مواد مغذی جیره‌های استفاده شده در طی دوره آزمایش (۱۴ تا ۴۲ روزگی)

ترکیبات (٪)/ جیره های آزمایشی	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
گندم	۳۵/۰۰	۳۵/۰۰	۳۵/۰۰	۳۵/۰۰	۳۵/۰۰	۳۵/۰۰	۳۵/۰۰	۳۵/۰۰
ذرت	۲۱/۷۱	۲۱/۷۱	۲۱/۷۱	۲۱/۷۱	۲۲/۵۰	۲۲/۵۰	۲۲/۵۰	۲۲/۵۰
کنجاله سویا(۴۵٪)	۳۵/۱۵	۳۵/۱۵	۳۵/۱۵	۳۵/۱۵	۳۵/۰۰	۳۵/۰۰	۳۵/۰۰	۳۵/۰۰
گلوتن ذرت	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰
روغن آفتابگردان	۱/۴۸	۱/۴۸	۱/۴۸	۱/۴۸	۱/۲۲	۱/۲۲	۱/۲۲	۱/۲۲
کربنات کلسیم	۱/۳۵	۱/۳۵	۱/۳۵	۱/۳۵	۱/۸۷	۱/۸۷	۱/۸۷	۱/۸۷
دی کلسیم فسفات	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	–	–	–	–
مکمل ویتامینه*	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی**	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
نمک	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
DL – متیونین	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱
L – لیزین	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳
L –ترونین	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷
بیکربنات سدیم	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
آنزیم زایلاناز	–	–	۰/۰۵	۰/۰۵	–	–	۰/۰۵	۰/۰۵
آنزیم فیتاز	–	۰/۰۱	–	۰/۰۱	–	۰/۰۱	–	۰/۰۱

ترکیب مواد مغذی محاسبه شده (٪)

انرژی (Kcal/Kg)	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰
پروتئین خام (٪)	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴
لیزین کل (٪)	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳
متیونین + سیستئین (٪)	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰
تریپتوفان (٪)	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹
کلسیم (٪)	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
فسفر (٪)	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴
فیبر (٪)	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰

*هر کیلوگرم حاوی ۶۴/۵ گرم منگنز، ۳۳/۸ گرم روی، ۸ گرم مس، ۶۴۰ میلی گرم ید، ۱۹۰ میلی گرم کبالت و ۸ گرم سلنیوم **هر کیلوگرم حاوی ۴۴۰۰۰۰۰ واحد ویتامین A، ۷۲۰۰۰ واحد ویتامین D، ۱۴۴۰۰ میلی گرم ویتامین E، ۲۰۰۰ میلی گرم ویتامین K، ۶۴۰ میلی گرم کوبالامین، ۶۱۲ میلی گرم ویتامین C، ۳۰۰۰ میلی گرم ریبوفلاوین، ۴۸۹۶ میلی گرم اسید پانتوتنیک، ۱۲۱۶۰ میلی گرم نیاسین، ۶۱۲ میلی گرم پیریدوکسین.

T_1: فسفر ۰/۳۰ درصد، فیتاز صفر درصد، زایلاناز صفر درصد و T_2: فسفر ۰/۳۰ درصد، فیتاز ۰/۰۱ درصد، زایلاناز صفر درصد و T_3: فسفر ۰/۳۰ درصد، فیتاز صفر درصد، زایلاناز ۰/۰۵ درصد و T_4: فسفر ۰/۳۰ درصد، فیتاز ۰/۰۱ درصد، زایلاناز ۰/۰۵ درصد و T_5: فسفر ۰/۳درصد، فیتاز صفر درصد، زایلاناز صفر درصد و T_6: فسفر ۰/۱۴ درصد، فیتاز ۰/۰۱ درصد، زایلاناز صفر درصد و T_7: فسفر ۰/۱۴ درصد، فیتاز صفر درصد، زایلاناز ۰/۰۵ درصد و T_8: فسفر ۰/۱۴ درصد، فیتاز ۰/۰۱ درصد، زایلاناز ۰/۰۵ درصد.

جدول ۲- تاثیر سطوح مختلف فسفر، فیتاز و زایلاناز بر مصرف خوراک هفتگی بلدرچین ژاپنی در دوره آزمایش (گرم به ازای هر پرنده در هفته)

	اثرات اصلی		۳ هفتگی	۴ هفتگی	۵ هفتگی	۶هفتگی	کل دوره آزمایش
اثرات اصلی	فسفر(درصد)	۰/۳۰	۱۱۶/۸۵	۱۳۲/۳۹	۱۸۱/۶۹	۱۸۶/۴۹^{a}	۶۱۷/۴۴
		۰/۱۴	۱۱۶/۰۰	۱۳۷/۹۴	۱۸۰/۳۱	۱۸۰/۹۹^{b}	۶۱۵/۲۶
		سطح معنی‌داری	۰/۵۱	۰/۱۵	۰/۳۷	۰/۰۰۳	۰/۶۵
	فیتاز(درصد)	۰	۱۱۶/۸۳	۱۳۲/۴۰	۱۷۹/۱۱^{b}	۱۸۱/۷۸^{b}	۶۱۰/۱۴^{b}
		۰/۰۱	۱۱۶/۰۲	۱۳۷/۹۳	۱۸۲/۹۰^{a}	۱۸۵/۶۹^{a}	۶۲۲/۵۶^{a}
		سطح معنی‌داری	۰/۲۷	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱
	زایلاناز(درصد)	۰	۱۱۶/۳۳	۱۳۴/۰	۱۸۰/۸۱	۱۸۳/۴۵	۶۱۵/۱۰
		۰/۰۵	۱۱۶/۵۲	۱۳۵/۸۴	۱۸۱/۲۰	۱۸۴/۰۲	۶۱۷/۵۹
		سطح معنی‌داری	۰/۸	۰/۷۲	۰/۸۱	۰/۷۳	۰/۶۱
	خطای استاندارد (اثرات اصلی)		۰/۵۱	۲/۶۷	۱/۰۷	۱/۱۷	۳/۴۲
اثرات متقابل دوطرفه	فسفر(درصد)×فیتاز(درصد)						
	۰/۳۰	۰	۱۱۶/۵۸	۱۲۹/۸۶	۱۷۸/۰۷^{b}	۱۸۳/۳۳	۶۰۷/۸۶^{b}
	۰/۳۰	۰/۰۱	۱۱۷/۱۳	۱۳۴/۹۳	۱۸۵/۳۱^{ab}	۱۸۹/۶۴	۶۲۷/۰۲^{a}
	۰/۱۴	۰	۱۱۷/۰۹	۱۳۴/۹۴	۱۸۰/۱۴^{ab}	۱۸۰/۲۴	۶۱۲/۴۲^{ab}
	۰/۱۴	۰/۰۱	۱۱۴/۹۱	۱۴۰/۹۴	۱۸۰/۴۹^{a}	۱۸۱/۷۴	۶۱۸/۰۹^{ab}
	سطح معنی‌داری		۰/۰۷	۰/۹	۰/۰۳	۰/۱۶	۰/۰۳
	فسفر(درصد)× زایلاناز(درصد)						
	۰/۳۰	۰	۱۱۶/۵۶	۱۳۵/۹۶^{b}	۱۸۱/۶۲	۱۸۷/۴۳	۶۲۱/۵۸
	۰/۳۰	۰/۰۵	۱۱۷/۱۵	۱۲۸/۸۳^{d}	۱۸۱/۷۶	۱۸۵/۵۴	۶۱۳/۳۰
	۰/۱۴	۰	۱۱۶/۱۱	۱۳۳/۰۳^{c}	۱۸۰/۰۰	۱۷۹/۴۸	۶۰۸/۶۳
	۰/۱۴	۰/۰۵	۱۱۵/۸۸	۱۴۲/۸۵^{a}	۱۸۰/۶۳	۱۸۲/۵۰	۶۲۱/۸۸
	سطح معنی‌داری		۰/۵۸	۰/۰۳	۰/۸۷	۰/۱۵	۰/۱۷
	فیتاز(درصد)×زایلاناز(درصد)						
	۰	۰	۱۱۷/۱۴	۱۳۳/۱۳	۱۸۱/۰۲^{ab}	۱۸۲/۰۵	۶۱۳/۳۵
	۰	۰/۰۵	۱۱۶/۵۲	۱۳۱/۶۸	۱۷۷/۱۹^{b}	۱۸۱/۵۲	۶۰۶/۹۳
	۰/۰۱	۰	۱۱۵/۵۲	۱۳۵/۸۶	۱۸۰/۵۹^{ab}	۱۸۴/۸۶	۶۱۶/۸۶
	۰/۰۱	۰/۰۵	۱۱۶/۵۱	۱۴۰/۰۰	۱۸۵/۲۰^{a}	۱۸۶/۵۲	۶۲۸/۲۵
	سطح معنی‌داری		۰/۲۸	۰/۴۶	۰/۰۱	۰/۵۱	۰/۰۷
	خطای استاندارد (اثرات متقابل دوطرفه)		۰/۷۲	۳/۷۷	۱/۵۲	۱/۶۶	۴/۸۴
اثرات متقابل سه‌طرفه (تیمارهای آزمایش)	فسفر(درصد) × فیتاز (درصد)×زایلاناز(درصد)						
	۰/۳۰	۰	۰	۱۱۶/۸۶	۱۴۱/۳۳^{abc}	۱۸۲/۵۸^{ab}	۱۸۸/۴۷^{ac}	۶۲۹/۲۵^{ac}
	۰/۳۰	۰/۰۱	۰	۱۱۶/۲۶	۱۳۰/۵۹^{ab}	۱۸۰/۶۶^{ab}	۱۸۶/۳۹^{abc}	۶۱۳/۹۱^{abc}
	۰/۳۰	۰	۰/۰۵	۱۱۶/۳۰	۱۱۸/۴۰^{bc}	۱۷۳/۵۶^{b}	۱۷۸/۱۹^{bc}	۵۸۶/۴۷^{bc}
	۰/۳۰	۰/۰۱	۰/۰۵	۱۱۸/۰۰	۱۳۹/۲۶^{abc}	۱۸۹/۹۶^{a}	۱۹۲/۹۰^{a}	۶۴۰/۱۲^{a}
	۰/۱۴	۰	۰	۱۱۷/۴۳	۱۲۴/۹۳^{c}	^{b}۱۷۹/۴۷	۱۷۵/۶۲^{b}	۵۹۷/۴۶^{bc}
	۰/۱۴	۰/۰۱	۰	۱۱۴/۷۹	۱۴۱/۱۴^{abc}	۱۸۰/۵۲^{ab}	۱۸۳/۳۴^{abc}	۶۱۹/۸۰^{ac}
	۰/۱۴	۰	۰/۰۵	۱۱۶/۷۵	۱۴۴/۹۵^{ab}	۱۸۰/۸۱^{ab}	۱۸۴/۸۶^{abc}	۶۲۷/۳۸^{ac}
	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۰۵	۱۱۵/۰۲	۱۴۰/۷۵^{a}	۱۸۰/۴۵^{ab}	۱۸۰/۱۵^{abc}	۶۱۶/۳۹^{abc}
	سطح معنی‌داری		۰/۳۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱
	خطای استاندارد (اثرات متقابل سه‌طرفه)		۰/۶۴	۵/۳۴	۲/۱۵	۲/۳۵	۶/۸۵

^{a,b,c} در هر ستون اعداد دارای حروف متفاوت از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار دارند ($p\leq$۰/۰۵).

جدول ۳- تاثیر سطوح مختلف فسفر، فیتاز و زایلاناز بر افزایش وزن هفتگی بلدرچین ژاپنی در دوره آزمایش (گرم به ازای هر پرنده در هفته)

	اثرات اصلی		۳ هفتگی	۴ هفتگی	۵ هفتگی	۶هفتگی	کل دوره آزمایش
اثرات اصلی	فسفر(درصد)	۰/۳۰	۵۴/۴۴^{a}	۵۰/۷۰	۶۳/۵۱^{a}	۵۳/۲۰	۲۲۱/۸۷^{a}
		۰/۱۴	۴۹/۹۶^{b}	۵۲/۲۸	۶۱/۳۵^{b}	۵۳/۱۲	۲۱۶/۷۲^{b}
		سطح معنی‌داری	۰/۰۰۲	۰/۲۰	۰/۰۰۲	۰/۹۶	۰/۰۳
	فیتاز(درصد)	۰	۵۱/۰۷	۴۶/۶۱^{b}	۶۲/۳۵	۵۳/۲۹	۲۱۶/۳۴^{b}
		۰/۰۱	۵۳/۳۳	۵۳/۳۷^{a}	۶۲/۵۲	۵۳/۰۲	۲۲۲/۲۵^{a}
		سطح معنی‌داری	۰/۱۰	۰/۰۰۰۴	۰/۷۹	۰/۸۷	۰/۰۱۴
	زایلاناز(درصد)	۰	۵۳/۲۷	۵۰/۷۵	۶۲/۸۲	۵۱/۳۲^{b}	۲۱۸/۱۷
		۰/۰۵	۵۱/۱۳	۵۲/۲۳	۶۲/۰۵	۵۴/۹۹^{a}	۲۲۰/۴۲
		سطح معنی‌داری	۰/۱۲	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۰۴	۰/۳۴
		خطای استاندارد (اثرات اصلی)	۰/۹۳	۰/۸۵	۰/۴۳	۱/۲۳	۱/۶۴
اثرات متقابل دوطرفه	فسفر(درصد)×فیتاز(درصد)						
	۰/۳۰	۰	۵۲/۵۰	۴۸/۹۲	۶۳/۲۴	۵۱/۲۶^{b}	۲۱۵/۹۳^{b}
	۰/۳۰	۰/۰۱	۵۶/۳۸	۵۲/۴۹	۶۳/۷۹	۵۵/۱۴^{a}	۲۲۷/۸۱^{a}
	۰/۱۴	۰	۴۹/۶۴	۵۰/۳۱	۶۱/۴۷	۵۵/۳۲^{a}	۲۱۶/۷۵^{b}
	۰/۱۴	۰/۰۱	۵۰/۲۸	۲۵/۵۴	۶۱/۲۴	۵۰/۹۱^{b}	۲۱۶/۶۹^{b}
	سطح معنی‌داری		۰/۲۴	۰/۸۸	۰/۵۳	۰/۰۲	۰/۰۱۴
	فسفر(درصد)× زایلاناز(درصد)						
	۰/۳۰	۰	۵۴/۹۵	۵۲/۲۶^{abc}	۶۴/۱۰	۵۱/۷۵	۲۲۳/۰۶^{a}
	۰/۳۰	۰/۰۵	۵۳/۹۳	۴۹/۱۵^{bc}	۶۲/۹۳	۵۴/۶۵	۲۲۰/۶۸^{ab}
	۰/۱۴	۰	۵۱/۵۹	۴۹/۵۲^{b}	۶۱/۵۴	۵۰/۹۰	۲۱۳/۲۸^{b}
	۰/۱۴	۰/۰۵	۴۸/۳۳	۵۵/۳۱^{a}	۶۱/۱۷	۵۵/۳۴	۲۲۰/۱۵^{ab}
	سطح معنی‌داری		۰/۴۱	۰/۰۰۰۹	۰/۵۲	۰/۶۶	۰/۰۵۰
	فیتاز(درصد)×زایلاناز(درصد)						
	۰	۰	۵۳/۹۰^{a}	۴۸/۱۶	۶۳/۱۲	۵۳/۶۲^{ab}	۲۱۸/۸۱^{ab}
	۰	۰/۰۵	۴۸/۲۴^{b}	۵۱/۰۶	۶۱/۵۸	۵۲/۹۶^{ab}	۲۱۳/۸۶^{b}
	۰/۰۱	۰	۵۲/۶۳^{ab}	۵۳/۳۴	۶۲/۵۲	۴۹/۰۲^{b}	۲۱۷/۵۳^{b}
	۰/۰۱	۰/۰۵	۵۴/۰۲^{a}	۵۳/۳۹	۶۲/۵۲	۵۷/۰۲^{a}	۲۲۶/۹۷^{a}
	سطح معنی‌داری		۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۰۲	۰/۰۰۴
	خطای استاندارد (اثرات متقابل دوطرفه)		۱/۳۲	۱/۲۰	۰/۶۲	۱/۷۴	۲/۳۲
اثرات متقابل سه‌طرفه (تیمارهای آزمایش)	فسفر(درصد) × فیتاز (درصد)×زایلاناز(درصد)						
	۰/۳۰	۰	۵۵/۱۰	۵۰/۶۶	۶۴/۶۳	۵۳/۹۱^{ab}	۲۲۴/۳۱^{c}
	۰/۳۰	۰/۰۱	۵۴/۸۰	۵۳/۸۶	۶۳/۵۶	۴۹/۵۸^{ab}	۲۲۱/۸۲^{abc}
	۰/۳۰	۰/۰۵	۴۹/۹۱	۴۷/۱۸	۶۱/۸۴	۴۸/۶۱^{ab}	۲۱۷/۵۵^{b}
	۰/۳۰	۰/۰۵	۵۷/۹۵	۵۱/۱۲	۶۴/۰۲	۶۰/۶۹^{a}	۲۳۳/۸۰^{ac}
	۰/۱۴	۰	۵۲/۷۰	۴۵/۶۶	۶۱/۶۱	۵۳/۳۳^{ab}	۲۱۳/۳۲^{b}
	۰/۱۴	۰/۰۱	۵۰/۴۷	۵۲/۸۳	۶۱/۴۷	۴۸/۴۷^{b}	۲۱۳/۲۵^{b}
	۰/۱۴	۰/۰۵	۴۶/۵۷	۵۴/۹۵	۶۱/۳۳	۵۷/۶۳^{ab}	۲۲۰/۱۸^{abc}
	۰/۱۴	۰/۰۵	۵۰/۰۹	۵۵/۶۶	۶۱/۰۱	۵۳/۳۶^{ab}	۲۲۰/۱۳^{abc}
	سطح معنی‌داری		۰/۶۳	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۰۵
	خطای استاندارد (اثرات متقابل سه‌طرفه)		۱/۹۰	۱/۷۰	۰/۸۷	۲/۴۶	۳/۲۸

^{a,b,c} در هر ستون اعداد دارای حروف متفاوت از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار دارند ($p\leq ۰/۰۵$).

جدول ٤- تاثیر سطوح مختلف فسفر، فیتاز و زایلاناز بر ضریب تبدیل خوراک بلدرچین ژاپنی در دوره آزمایش

	اثرات اصلی		۳ هفتگی	۴ هفتگی	۵ هفتگی	۶هفتگی	کل دوره آزمایش
اثرات اصلی	فسفر(درصد)	۰/۱۴	۲/۱۵^{b}	۲/۶۱	۲/۸۶	۳/۵۵	۲/۸۴
		۰/۳۰	۲/۳۳^{a}	۲/۶۵	۲/۹۴	۳/۴۳	۲/۷۸
		سطح معنی‌داری	۰/۰۰۵	۰/۶۱	۰/۰۶	۰/۳۰	۰/۱۵
	فیتاز(درصد)	۰	۲/۳۰	۲/۶۷	۲/۸۷^{b}	۳/۴۴	۲/۸۲
		۰/۰۱	۲/۱۹	۲/۵۸	۲/۹۲^{a}	۳/۵۴	۲/۸۰
		سطح معنی‌داری	۰/۰۶	۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۴۴	۰/۶۵
	زایلاناز(درصد)	۰	۲/۱۹	۲/۶۵	۲/۸۸	۳/۵۹	۲/۸۱
		۰/۰۵	۲/۳۰	۲/۶۱	۲/۹۲	۳/۳۸	۲/۸۰
		سطح معنی‌داری	۰/۰۸	۰/۵۸	۰/۳۲	۰/۰۹	۰/۱۶
	خطای استاندارد (اثرات اصلی)		۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۲
اثرات متقابل دوطرفه	فسفر(درصد)×فیتاز(درصد)						
	۰/۳۰	۰	۲/۲۳	۲/۶۵	۲/۸۱	۳/۶۲	۲/۸۱
	۰/۳۰	۰/۰۱	۲/۰۸	۲/۵۷	۲/۹۰	۳/۴۹	۲/۷۵
	۰/۱۴	۰	۲/۳۸	۲/۷۰	۲/۹۳	۳/۲۷	۲/۸۲
	۰/۱۴	۰/۰۱	۲/۲۹	۲/۶۰	۲/۹۵	۳/۵۸	۲/۸۵
	سطح معنی‌داری		۰/۶۱	۰/۹۲	۰/۳۷	۰/۰۷	۰/۲۴
	فسفر(درصد)× زایلاناز(درصد)						
	۰/۳۰	۰	/۱۲	۲/۶۰	۲/۸۳	۳/۶۴	۲/۷۸
	۰/۳۰	۰/۰۵	۲/۱۸	۲/۶۳	۲/۸۸	۳/۴۷	۲/۷۸
	۰/۱۴	۰	۲/۲۶	۲/۷۱	۲/۹۲	۳/۵۵	۲/۸۵
	۰/۱۴	۰/۰۵	۲/۴۱	۲/۵۹	۲/۹۵	۳/۳۰	۲/۸۲
	سطح معنی‌داری		۰/۴۷	۰/۴۰	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۷۰
	فیتاز(درصد)×زایلاناز(درصد)						
	۰	۰	۲/۲۷^{ab}	۲/۷۶	۲/۸۷	۳/۴۱^{ab}	۲/۸۰
	۰	۰/۰۵	۲/۴۳^{a}	۲/۵۸	۲/۸۷	۳/۴۷^{ab}	۲/۸۳
	۰/۰۱	۰	۲/۲^{ab}	۲/۵۴	۲/۸۹	۳/۷۷^{a}	۲/۸۳
	۰/۰۱	۰/۰۵	۲/۱۷^{b}	۲/۶۳	۲/۹۶	۳/۳۰^{b}	۲/۷۷
	سطح معنی‌داری		۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۴۱	۰/۰۳	۰/۱۸
	خطای استاندارد (اثرات متقابل دوطرفه)		۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۳
اثرات متقابل سه‌طرفه (تیمارهای آزمایش)	فسفر(درصد) × فیتاز (درصد)×زایلاناز(درصد)						
۰/۳۰	۰	۰	۲/۱۲	۲/۷۸	۲/۸۲	۳/۵۲	۲/۸۰
۰/۳۰	۰/۰۱	۰	۲/۱۳	۲/۴۱	۲/۸۴	۳/۷۶	۲/۷۶
۰/۳۰	۰	۰/۰۵	۲/۳۳	۲/۵۱	۲/۸۰	۳/۷۲	۲/۸۲
۰/۳۰	۰/۰۱	۰/۰۵	۲/۰۴	۲/۷۳	۲/۹۶	۳/۲۱	۲/۷۴
۰/۱۴	۰	۰	۲/۲۳	۲/۷۴	۲/۹۱	۳/۳۱	۲/۸۰
۰/۱۴	۰/۰۱	۰	۲/۲۹	۲/۶۷	۲/۹۴	۳/۷۹	۲/۹۱
۰/۱۴	۰	۰/۰۵	۲/۵۲	۲/۶۵	۲/۹۴	۳/۲۳	۲/۸۵
۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۰۵	۲/۳۰	۲/۵۳	۲/۹۵	۳/۳۸	۲/۷۹
	سطح معنی‌داری		۰/۹۱	۰/۰۶	۰/۲۹	۰/۳۹	۰/۴۳
	خطای استاندارد (اثرات متقابل سه‌طرفه)		۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۰۵

^{a,b,c}در هر ستون اعداد دارای حروف متفاوت از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار دارند (p≤۰/۰۵).

جدول ۵- تاثیر سطوح مختلف فسفر، فیتاز و زایلاناز بر درصد تلفات، شاخص تولید و قابلیت هضم پروتئین در بلدرچین ژاپنی در دوره پرورش

	اثرات اصلی		درصد تلفات	شاخص تولید	قابلیت هضم پروتئین
اثرات اصلی	فسفر(درصد)	۰/۱۴	۲/۸	۱۸۹/۴	۷۹/۳۹
		۰/۳۰	۳/۰	۱۹۵/۳	۷۹/۵۷
		سطح معنی‌داری	۰/۱۲	۰/۴۰	۰/۱۰
	فیتاز(درصد)	۰	۳/۰	۱۸۹/۵	۷۹/۶۰^{a}
		۰/۰۱	۲/۸	۱۹۵/۳	۷۹/۳۶^{b}
		سطح معنی‌داری	۰/۱۲	۰/۴۱	۰/۰۳
	زایلاناز(درصد)	۰	۲/۸۱	۱۸۵/۶	۷۹/۳۴^{b}
		۰/۰۵	۳/۰۹	۱۹۹/۲	۷۹/۶۲^{a}
		سطح معنی‌داری	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۱۷۷
	خطای استاندارد (اثرات اصلی)		۰/۵۷	۴/۹۷	۰/۰۷
اثرات متقابل دوطرفه	فسفر(درصد)×فیتاز(درصد)				
	۰/۳۰	۰	۲/۸۱	۱۹۳/۸	۷۹/۴۹
	۰/۳۰	۰/۰۱	۲/۸۱	۱۹۶/۹	۷۹/۳۰
	۰/۱۴	۰	۳/۳۷	۱۸۵/۲	۷۹/۲۴
	۰/۱۴	۰/۰۱	۲/۸۱	۱۹۳/۶	۷۹/۷۲
	سطح معنی‌داری		۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۰۶
	فسفر(درصد)× زایلاناز(درصد)				
	۰/۳۰	۰	۲/۸۱	۱۸۹/۵	۷۹/۰۵^{b}
	۰/۳۰	۰/۰۵	۲/۸۱	۲۰۱/۲	۷۹/۷۴^{a}
	۰/۱۴	۰	۲/۸۱	۱۸۱/۷	۷۹/۲۰^{b}
	۰/۱۴	۰/۰۵	۳/۳۷	۱۹۷/۱	۷۹/۵۰^{b}
	سطح معنی‌داری		۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۰۰۱
	فیتاز(درصد)×زایلاناز(درصد)				
	۰	۰	۲/۲۵	۱۹۲/۴^{ab}	۷۹/۴۹^{ab}
	۰	۰/۰۵	۳/۹۳	۱۸۶/۵^{ab}	۷۹/۷۲^{a}
	۰/۰۱	۰	۳/۳۷	۱۷۸/۷^{b}	۷۹/۱۹^{b}
	۰/۰۱	۰/۰۵	۲/۲۵	۲۱۱/۸^{a}	۷۹/۵۳^{ab}
	سطح معنی‌داری		۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۰۰۱
	خطای استاندارد (اثرات متقابل دوطرفه)		۰/۸۱	۷/۰۳	۰/۱۰
اثرات متقابل سه‌طرفه (تیمارهای آزمایش)	فسفر(درصد) × فیتاز (درصد)×زایلاناز(درصد)				
	۰/۳۰	۰	۰	۲/۲۵	۲۰۳/۰	۷۹/۰۴^{b}
	۰/۳۰	۰/۰۱	۰	۳/۳۷	۱۷۵/۹	۷۹/۰۶^{b}
	۰/۳۰	۰	۰/۰۵	۳/۳۷	۱۸۴/۵	۷۹/۹۳^{a}
	۰/۳۰	۰/۰۱	۰/۰۵	۲/۲۵	۲۱۷/۹	۷۹/۹۴^{a}
	۰/۱۴	۰	۰	۲/۲۵	۱۸۱/۸	۷۹/۵۴^{ab}
	۰/۱۴	۰/۰۱	۰	۳/۳۷	۱۸۱/۵	۷۹/۳۳^{ab}
	۰/۱۴	۰	۰/۰۵	۴/۵	۱۸۴/۰	۷۹/۴۹^{ab}
	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۰۵	۲/۲۵	۲۰۵/۸	۷۹/۵۱^{ab}
	سطح معنی‌داری			۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۰۰۲
	خطای استاندارد (اثرات متقابل سه‌طرفه)			۱/۱۴	۹/۹۴	۰/۱۴۸

^{a,b,c} در هر ستون اعداد دارای حروف متفاوت از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار دارند ($p\leq ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری نهایی

استفاده همزمان از آنزیم‌های فیتاز و زایلاناز به ترتیب در سطوح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد درجیره‌هایی با سطح فسفر ۰/۳۰ درصد (سطح احتیاجات) و جایگزینی بخشی از انرژی با گندم، پارامترهای عملکرد شامل مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک و قابلیت هضم پروتئین و همچنین شاخص تولید را در بلدرچین‌های ژاپنی بهبود بخشید.

منابع

زاغری، م.، بوربور ، س.، رضائی ، م.، تیموری یانسری، الف و ریاحی، م. (۱۳۸۹) . اثر تصحیح مواد مغذی معادل آنزیم فیتاز بر عملکرد جوجه‌های گوشتی. مجله علوم دامی ایران، دوره ۴۱، شماره ۱،ص. ۱۱-۲۰.

سوخته زاری،کبری.(۱۳۹۷). تاثیر ترئونین بر عملکرد، پاسخ ایمنی و فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در شرایط پرورش متراکم.پایان‌نامه کارشناسی ارشد،دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام.

گلیان، الف و م. سالار معینی.(۱۳۸۷) . *تغذیه طیور*. واحد آموزش و پژوهش معاونت کشاورزی، سازمان اقتصادی کوثر(ترجمه).

یوسف پور، محمود.(۱۳۸۲). تاثیر مکمل سازی چند آنزیمی در جیره های حاوی گندم و جو بر عملکرد جوجه های گوشتی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی کرج.

Annison, G. (1999). Commercial enzyme supplementation of wheat-based diets raises ileal glycanase activities and improves apparent metabolisable energy, starch and pentosan digestibilities in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*; 38:105-21.

Bedford, M. R. and Schulze, H. (1998). Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutrition Research Review*, 11: 91-114 (abstract).

Cowieson, A. J., Acamovic, T. and Bedford, M.R. (2006). Supplementation of corn-soy-based diets with an *Eschericia 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.

Gautier, A. E., Walk, C. L. and Dilger, R. N. (2018). Effects of a high level of phytase on broiler performance, bone ash, phosphorus utilization, and phytate dephosphorylation to inositol. *Poultry Science*, 97:211–218.

Hadorn, R., Wiedmer, H. and Broz, J. (2001). Effect of an enzyme complex in a wheat-based diet on performance male and female broilers. *Applied Poultry Research*, 10:340–346.

Karimi, A., Coto, C., Mussini, F., Goodgame, S., Lu, C., Yuan, J. *et al.* (2013). Interactions between phytase and xylanase enzymes in male broiler chicks fed phosphorus-deficient diets from 1-18 days of age. *Poultry Science*, *92:1818-1823.*

Lee, J.T., Bailey, C.A. and Cartwright, A.L. (2003). Guar meal germ and hull fractions differently affect growth performance and intestinal viscosity of broiler chickens. *Poultry Science*, 82:1589-1595.

Liener, I. E. (1994). Implications of anti-nutritional components in soybean foods. CRC Critical reviews. *Food Science and Nutrition*, 34:31-67.

Marcu, A., Vacaru, I., Gabi, D., Liliana, P.C., Marcu, A., Marioara, N. *et al.* (2013).The influence of genetics on economic efficiency of broiler chickens growth. *Animal. Science Biotechnology*, 46:339 - 346.

Manobhavan, M., Elangovan, A.V., Sridhar, M., Shet, D., Ajith, S. and Pal, D.T. (2016). Effect of super dosing of phytase on growth performance, ileal digestibility and bone characteristics in broilers fed corn-soya-based diets. *Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(1):1-7.

Nourmohammadi, R. and Afzali, N. (2013). Effect of citric acid and microbial phytase on small intestine morphology in broiler chicken. *Italian Journal of Animal Science*, 12(1), 12:e7.

NRC. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th revised edition. National Academy Press, Washington, DC.

Olukosi, O. A., Gonzalez-Ortiz, Y. G., Whitfield, x. and Bedford, M. R. (2020). Comparative aspects of phytase and xylanase effects on performance, mineral digestibility, and ileal phytate degradation in broilers and turkeys. *Poultry Science*, 99:1528–1539.

Pourreza, J., Samie, A.H. and Rowghani, E. (2007). Effect of supplemental enzyme on nutrient digestibility and performance of broiler chicks fed on diets containing triticale. *Poultry Science*, 6:115-117.

Ravindran, V., Selle, P. H., Ravindran, G., Morel, P. C. H., Kies, A. K. and Bryden, W. L. (2001). Microbial phytase improves performance, metabolizable energy and ileal amino acid digestibility of broilers fed a lysine-deficient diet. *Poultry Science*, 80:338-344.

Rodehutscord, M., Kapocius, M., Timmler, R. and Dieckmann, A. (2004). Linear regression approach to study amino acid digestibility in broiler chickens. *British Poultry Science*, 45:85–92.

Roofchaei, A., Rezaeipour, V., Vatanpour, S. and Zaefarian, F. (2019). Influence of dietary carbohydrases, individually or in combination with phytase or an acidifier, on performance, gut morphology and microbial population in broiler chickens fed a wheat-based diet. *Animal Nutrition*, 5:63-67.

SAS Institute. (2004). SAS procedure guide for personal computers, STAT User Guide, Statistics. Version 9.1., SAS Institute INC, Cary NC.

Sebastian, S., Touchburn, S.P., Chavez, E.R. and Lague, P.C. (1996).The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, cooper and zinc in broilers chickens fed corn-soybean diets. *Poultry Science*, 75(6):729-36.

Selle, P.H. and Ravindran, V. (2007). Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 135:1-41.

Sommerfeld, V., Schollenberger, M., Kuhn, I. and Rodehutscord, M. (2018). Interactive effects of phosphorus, calcium, and phytase supplements on products of phytate degradation in the digestive tract of broiler chickens. *Poultry Science*, 4:1177–1188.

Thomas, D.V., Ravindran, V. and Thomas, D.G. (2005). Performance, digestive tract measurements and gut morphology in broiler chickens diets containing maize, wheat or sorghum. *Australian Poultry Science*, 17:1095-1097.

Walk, C. L., Santos, T. T. and Bedford, M. R. (2014). Influence of superdoses of a novel microbial phytase on growth performance, tibia ash, and gizzard phytate and inositol in young broilers.*Poultry Science*, 93:1172–1177.

Woyengo, T. A., Slominski, B. A. and Jones, R. O. (2010). Growth performance and nutrient utilization of broiler chickens fed diets supplemented with phytase alone or in combination with citric acid and multi-carbohydrase. *Poultry Science*, *89* (10): 2221-2229.

Yi, Z., Cornegay, E. T., Ravindran, V. and Denbow, D. M. (1994). Improving availability of corn and soybean meal phosphorus for broilers using Natuphos phytase and calculation of replacement values of inorganic phosphorus by phytase. *Poultry Science*, 73(Suppl.1):89 (Abstr.).

Yuben, B., Wu, Y.B., Ravindran, V., Thomas, D.G., Birtles, M.J. and Hendriks, W.H. (2004). Influence of method of whole wheat in clusion and xylanase supplementation on the performance, apparent metabolisable energy, digestive tract measurements and gut morphology of broilers. *British Poultry Science*.45:385-394.

Zaefarian, F., Romero, L. and Ravindran, V. (2013). Influence of a microbial phytase on the performance and the utilisation of energy, crude protein and fatty acids of young broilers fed on phosphorus adequate maize and wheat based diets. *British Poultry Science*, 54:653-60.

Zeller, E., Schollenberger, M., Kühn, I. and Rodehutscord, M. (2015). Effect of diets containing enzyme supplements and microwave treated or untreated wheat on inositol phosphates in the small intestine of broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 204:42-51.