

اثر استفاده از مولتی آنزیم بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی، جمعیت میکروبی روده و وضعیت دستگاه گوارش مرغ‌های مادر گوشتی در سنین ۶۰-۴۵ هفتگی

- پیام پناهی مقدم، یحیی ابراهیم‌نژاد، ناصر ماهری‌سیس (نویسنده مسئول)، حبیب اقدم‌شهریار، ابوالفضل آقاخانزاده گلشنی، ابوالفضل قربانی - گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و دامپزشکی، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: مهر ۱۴۰۳

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۴۱۴۲۴۲۷۴۵۵

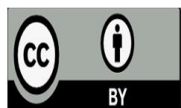
Email: nama1349@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ASJ.2025.368224.2452

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی استفاده از مولتی آنزیم بر عملکرد، قابلیت هضم، جمعیت میکروبی روده، ویسکوزیته و pH دستگاه گوارش مرغ‌های مادر گوشتی ۶۰-۴۵ هفتگی می‌باشد. برای این منظور، تعداد ۲۶۰ قطعه مرغ مادر گوشتی سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۵ تکرار (۱۳ مرغ و یک خروس در هر تکرار) مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) گروه شاهد مثبت (جیره پایه با انرژی و فسفر استاندارد و بدون مولتی آنزیم)، (۲) گروه شاهد منفی (جیره پایه که از نظر انرژی ۵ درصد و فسفر ۵۰ درصد کمتر از استاندارد بود)، (۳) گروه شاهد منفی حاوی یک گرم در کیلوگرم مولتی-آنزیم و (۴) گروه شاهد مثبت حاوی یک گرم در کیلوگرم مولتی آنزیم بودند. نتایج نشان داد که گروه شاهد منفی باعث کاهش معنی‌داری درصد تخم‌گذاری و وزن تخم‌مرغ نسبت به گروه شاهد مثبت شد. استفاده از مولتی آنزیم در جیره شاهد منفی، پارامترهای یادشده را بهبود بخشید به طوری که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد مثبت نداشت. جیره شاهد مثبت حاوی مولتی-آنزیم باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک، کلسیم و فسفر نسبت به سایر تیمارها شد ($P < 0.05$). جیره شاهد منفی حاوی مولتی-آنزیم ویسکوزیته محتویات روده را نسبت به تیمار شاهد منفی کاهش داد ($P < 0.05$). به طور کلی تغذیه مرغ‌های مادر گوشتی با جیره ۵ درصد انرژی و ۵۰ درصد فسفر کمتر از استاندارد باعث کاهش عملکرد، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و فسفر و افزایش ویسکوزیته محتویات روده شد که با افزودن مولتی آنزیم پارامترهای یادشده بهبود یافت.

واژه‌های کلیدی: پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای، قابلیت هضم، مرغ مادر گوشتی، مولتی آنزیم، ویسکوزیته.



Research Journal of Livestock Science No 147 pp: 161-172

The effect of using multi-enzyme on performance, digestibility of nutrients, intestinal microbial population and digestive system condition of broiler breeders at the age of 45-60 weeks

By: Panahi-Moghaddam, Payam; Ebrahimnezhad, Yahya; Maheri-Sis, Naser*; Aghdam-Shahryar; Habib, Aghajanzadeh-Golshani; Abolfazl, Ghorbani, Abolfazl

- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.

*Corresponding Author email: nama1349@gmail.com

Received: June 2024

Accepted: October 2024

The purpose of this study is to investigate the effects of using multi-enzyme on performance, digestibility, intestinal microbial population and viscosity and pH of the digestive system of broiler breeders aged 45-60 weeks. For this purpose, 260 broiler breeders of Ross 308 strain were used in a completely randomized design with four treatments and five replications (13 hens and one rooster per replication). Experimental treatments include: 1) positive control (diet with standard energy and phosphorus and without multi-enzyme), 2) negative control (diet with 5% energy and 50% less phosphorus than standard and without multi-enzyme), 3) negative control diet with 1 g/kg multi-enzyme and 4) positive control diet with 1 g/kg multi-enzyme. The results showed that the negative control diet caused a significant decrease in egg laying percentage, egg weight and mass, and increased feed conversion ratio. Using 1 g/kg of multienzyme in the negative control diet made the above parameters similar to the positive control treatment. The positive control diet containing multi-enzyme increased the digestibility of dry matter, calcium and phosphorus compared to other treatments ($P < 0.05$). The negative control diet containing multi-enzyme reduced the viscosity of jejunum contents compared to the negative control treatment ($P < 0.05$). In general, feeding old broiler breeders with a diet of 5% energy and 50% phosphorus less than the standard caused a decrease in performance, digestibility of dry matter, crude protein and phosphorus, and an increase in intestinal viscosity, which were improved by adding multi-enzyme to the aforementioned parameters.

Key words: Multi-enzyme, Non-starch polysaccharides, Digestibility, Viscosity, Broiler breeders

مقدمه

(Classen, ۲۰۱۳). تکمیل جیره‌های برپایه ذرت و کنجاله سویا با ترکیبی از آنزیم‌های برونزا ممکن است امکان فرمولاسیون مجدد جیره‌ها را برای کاهش هزینه تامین انرژی فراهم کند (Hussein و همکاران، ۲۰۲۰).

از آنجایی که طیور نمی‌توانند از فسفر موجود در فیتات ترکیبات گیاهی به خوبی استفاده کنند، فسفر برای تأمین نیازهای طیور به جیره اضافه می‌شود. در نتیجه، آلودگی فسفر حاصل از تولید طیور یک نگرانی عمده زیست محیطی است. علاوه بر این، استفاده از سطوح بالای فسفر، هزینه خوراک را افزایش می‌دهد. چندین مطالعه نشان داده‌اند که فیتاز برونزا استفاده از مواد معدنی، انرژی

طیور به طور طبیعی می‌توانند چندین مورد از آنزیم‌های گوارشی را تولید کنند. با این حال، فرآیند هضم با آنزیم‌های درونزا تا ۲۵ درصد از خوراک را هضم نشده باقی می‌گذارد که دلیل آن وجود عوامل ضد تغذیه‌ای در خوراک است (Bedford و همکاران، ۲۰۲۲). افزودن آنزیم‌ها در جیره غذایی طیور می‌تواند زیست‌فراهمی مواد مغذی را که قبلاً در دسترس پرنده نبود، بهبود دهد. این بدان معناست که سطح مواد مغذی از جمله انرژی، فسفر، کلسیم و پروتئین را می‌توان در جیره کاهش داد، بدون این‌که عملکرد رشد دچار اختلال گردد. انرژی جیره یکی از گرانترین مواد مغذی در کنار اسیدهای آمینه در جیره طیور است

تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار (۱۳ مرغ و یک خروس در هر تکرار) به مدت ۹۰ روز اجرا شد. دستورالعمل‌های پرورش مرغ-های مادر گوشتی شامل کنترل دما، تهویه، آب آشامیدنی، واکسیناسیون و غیره برای تمامی تیمارها به یک شکل و بر اساس شرایط استاندارد سویه اجرا شد (Aviagen، ۲۰۱۸). تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱) گروه شاهد مثبت (جیره پایه با انرژی و سفر استاندارد و بدون مولتی آنزیم)، ۲) گروه شاهد منفی (جیره پایه که از نظر انرژی ۵ درصد و سفر ۵۰ درصد کمتر از استاندارد بود)، ۳) گروه شاهد منفی همراه با یک گرم در کیلوگرم مولتی-آنزیم و ۴) گروه شاهد مثبت همراه با یک گرم در کیلوگرم مولتی آنزیم. مولتی آنزیم مورد استفاده در این آزمایش روایو پلاس ساخت شرکت ADISSEO فرانسه با فرمولاسیون VU/g ۱۲۵۰۰ زایلاناز، ۸۶۰۰ VU/g گلوکاناز و ۱۰۰۰۰ FTU/g فیتاز بود که به میزان ۱ کیلوگرم در تن در جیره‌های آزمایشی (با لحاظ ماتریکس آنزیم بر مبنای توصیه کارخانه سازنده) استفاده شد. جیره‌ها از نظر ترکیب مواد مغذی (به جز انرژی و سفر) یکسان بودند (جدول ۱). مصرف خوراک در گروه‌های آزمایشی طبق استانداردهای شرکت (Aviagen، ۲۰۱۸) محاسبه و در اختیار پرندگان قرار گرفت (۱۶۲ گرم به ازای هر قطعه مرغ و ۱۴۵ گرم به ازای هر قطعه خروس از هفته ۴۵ تا ۶۰).

در طول دوره آزمایش، تعداد تخم‌مرغ، وزن تخم‌مرغ و مرگ و میر به صورت روزانه اندازه‌گیری و ثبت شد. توده تخم‌مرغ (گرم) به ازای هر مرغ در روز) و ضریب تبدیل خوراک به صورت هفتگی محاسبه شدند. درصد تولید تخم‌مرغ با تقسیم تعداد کل تخم‌مرغ تولید شده در هر تکرار بر روز مرغ محاسبه شد. توده تخم‌مرغ با ضرب میانگین وزن تخم‌مرغ هر تکرار در درصد تولید تخم‌مرغ محاسبه شد. علاوه بر این، مصرف خوراک هفتگی بر توده تخم‌مرغ برای محاسبه ضریب تبدیل خوراک تقسیم شد.

و قابلیت هضم مواد مغذی را در جیره‌های بر پایه گندم افزایش می‌دهد (Zyla و همکاران، ۲۰۰۱). علاوه بر این، مشخص شده است که تکمیل جیره با فیتاز منجر به افزایش استحکام استخوان و مقدار خاکستر استخوان درشت‌نی پرندگان در حال رشد می‌شود (Perney و همکاران، ۱۹۹۳). اثرات هم‌افزایی فیتاز و زایلاناز بر عملکرد رشد به دنبال گنجاندن هم‌زمان در جیره‌های بر پایه گندم نیز در مطالعات نشان داده شده است (Peng و همکاران، ۲۰۰۳؛ Selle و همکاران، ۲۰۰۳). به‌عنوان مثال، زایلاناز برای افزایش دسترسی فیتاز به مواد مغذی و تسهیل جذب مواد مغذی با کاهش ویسکوزیته روده و آزادسازی مواد مغذی محصور شده باعث بهبود کارایی فیتاز شده است (Selle و همکاران، ۲۰۰۳).

مکمل روایو پلاس (Rovabio[®] Max) یک ترکیب مولتی-آنزیم تثبیت شده است که به‌طور طبیعی توسط قارچ غیر اصلاح شده ژنتیکی *Penicillium funicullosum* تولید می‌شود و حاوی زایلانازها، بتاگلوکانازها و فیتاز است. ادعا می‌شود که این مولتی آنزیم NSPها را تجزیه کرده و ویسکوزیته محتویات روده را کاهش می‌دهد و استفاده از مواد مغذی را بهبود می‌بخشد (Khan و همکاران، ۲۰۰۶). استفاده از مولتی آنزیم‌ها در جیره-های کم انرژی و سفر مرغ‌های مادر گوشتی تا به امروز بررسی نشده است. بنابراین، با این فرض که مولتی آنزیم روایو پلاس (حاوی آنزیم‌های کربوهیدراتاز و فیتاز) احتمالاً بتواند با تأثیر بر وضعیت دستگاه گوارش و قابلیت هضم خوراک، عملکرد مرغ-های مادر گوشتی را بهبود بخشد، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات استفاده از مولتی آنزیم در جیره‌های رقیق شده بر عملکرد، قابلیت هضم، جمعیت میکروبی روده و ویسکوزیته و pH دستگاه گوارش مرغ‌های مادر گوشتی ۶۰-۴۵ هفته انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از ۲۶۰ قطعه مرغ مادر گوشتی سویه راس ۳۰۸ با وزن مشابه (۳۸۳±۱۵ گرم) در قالب طرح پایه کاملاً

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی پایه (بر اساس ماده خشک)

شاهد منفی	شاهد مثبت	مواد تشکیل دهنده (گرم بر کیلوگرم)
۵۲۲/۰	۶۲۵/۰	دانه ذرت
۱۳۵/۰	۱۶۵/۰	کنجاله سویا
۴۰/۰	۴۰/۰	دانه گندم
۳۰/۰	-	دانه جو
۱۵۵/۰	۴۰/۰	سیوس گندم
۴/۰	۱۲/۰	روغن سویا
۵/۴	۱۶/۴	دی کلسیم فسفات
۷/۷۵	۷/۱	بتونیت
۸۲/۰	۷۷/۲	کربنات کلسیم
۲/۵	۲/۵	مکمل ویتامینه ^۱
۲/۵	۲/۵	مکمل مواد معدنی ^۲
۲/۲	۲/۲	نمک
۲/۲	۲/۲	سدیم بیکربنات
۱/۵	۱/۵	بی کربنات پتاسیم
۲/۰	۱/۸	DL-متیونین
۱/۱	۰/۶	ال-لیزین
۱/۶۵	۰/۸	ال ترئونین
۱/۰	۱/۰	کولین کلرید
۰/۲	۰/۲	آنتی اکسیدان ها
۱/۰	۱/۰	توکسین باندر
۱/۰	۱/۰	آنتی آمونیوم اکسترا
۱۰۰۰/۰	۱۰۰۰/۰	جمع
		ترکیب محاسبه شده
۲۶۶۰	۲۸۰۰	انرژی قابل متابولیسم (کیلو کالری/کیلوگرم)
۱۳/۵۳	۱۳/۵۲	پروتئین خام (%)
۳/۹۶	۲/۹۹	فیبر خام (%)
۳/۲۰	۳/۲۰	کلسیم (%)
۰/۱۷	۰/۳۴	فسفر قابل دسترس (%)
۰/۴۹	۰/۶۰	فسفر کل (%)
۰/۶۰	۰/۶۰	لیزین قابل هضم (%)
۰/۳۸	۰/۳۸	متیونین قابل هضم (%)
۰/۶۰	۰/۶۱	متیونین + سیستئین قابل هضم (%)
۰/۵۵	۰/۵۵	ترئونین (%)
۲۱۰/۰۰	۲۰۳/۰۰	تعادل الکترولیتی (mEq/kg)

^۱ مکمل ویتامینه ارائه شده به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی: ۱۵۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A؛ ۵۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃؛ ۱۳۰ واحد بین المللی ویتامین E؛ ۹ میلی گرم ویتامین K₃؛ ۶ میلی گرم ویتامین B₁؛ ۲۰ میلی گرم ویتامین B₂؛ ۸ میلی گرم ویتامین B₆؛ ۵ میلی گرم ویتامین B₉؛ ۰/۰۷ میلی گرم ویتامین B₁₂؛ ۰/۶ میلی گرم بیوتین؛ ۷۰ میلی گرم نیاسین؛ ۲۵ میلی-گرم اسید پانتوتیک.

^۲ مکمل مواد معدنی ارائه شده به ازای هر کیلوگرم جیره: ۵۰ میلی گرم آهن، ۱۶ میلی گرم مس، ۱۲۰ میلی گرم منگنز، ۱۲۰ میلی گرم روی، ۳ میلی گرم ید، ۰/۳ میلی گرم سلنیوم.

برای شمارش تعداد باکتری‌ها از روش رقت، کشت میکروبی و شمارش کلنی استفاده شد. تقریباً یک گرم از محتویات سکوم در ۹ میلی‌لیتر محلول نمکی ۰/۹ درصد در هر تکرار رقیق و همگن شد. از نوترینت آگار، MRS آگار و ائوزین متیلن بلو آگار به ترتیب برای کشت باکتری‌های هوازی، لاکتوباسیل و کلی‌فرم استفاده شد. پس از کشت، محیط کشت ائوزین متیلن بلو آگار به مدت ۴۸ ساعت در شرایط هوازی و محیط کشت MRS آگار به مدت ۷۲ ساعت در شرایط بی‌هوازی در دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد (Mingan, ۲۰۰۱). روده کوچک به سه قسمت دئودنوم، ژژونوم و ایلئوم تقسیم شد و محتویات ژژونوم و ایلئوم برداشته شد. حدود ۱/۵ گرم از محتویات ژژونوم و ایلئوم در میکروتیوب قرار داده و به مدت ۵ دقیقه در سانتریفیوژ ۱۲۷۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از مایع رویی برداشته شد و ویسکوزیته توسط ویسکومتر دیجیتال بروکفیلد (مدل I-LV DV) اندازه‌گیری شد (Smits و همکاران، ۱۹۹۷). برای بررسی pH دستگاه گوارش، ۱ گرم از محتویات چینه‌دان، سنگدان و دئودنوم جمع‌آوری و با ۹ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد. سپس pH مقاطع مختلف توسط pH متر (Metrohm 747) اندازه‌گیری شد (Pang و Applegat, ۲۰۰۷).
 نرمال بودن داده‌ها با روش UNIVARIATE و آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SAS (SAS, ۲۰۰۹)، نسخه ۹/۲ انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده از رویه GLM استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج

نتایج مربوط به اثر مولتی آنزیم بر عملکرد تولیدی مرغ‌های مادر گوستی در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که درصد تخم‌گذاری، وزن تخم‌مرغ، توده تخم‌مرغ و ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر تیمارهای آمیشتی قرار دارند. جیره شاهد منفی باعث کاهش معنی‌دار درصد تخم‌گذاری، وزن تخم‌مرغ، توده تخم‌مرغ و افزایش ضریب تبدیل خوراک نسبت به جیره شاهد مثبت شد ($P < 0/05$). استفاده از یک گرم بر کیلوگرم مولتی آنزیم در جیره شاهد منفی باعث شد که پارامترهای فوق

دو هفته قبل از پایان آزمایش به جیره‌ها ۵ گرم در کیلوگرم اکسید تیتانیوم به عنوان نشانگر غیر قابل هضم جهت تعیین قابلیت هضم مواد مغذی افزوده شد. تغذیه با جیره‌های نشان‌دار جهت تعیین قابلیت هضم به مدت پنج روز و نمونه‌گیری از فضولات به مدت چهار روز و روزانه چهار بار انجام شد. نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سلسیوس در آون به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. این نمونه‌ها پس از خشک شدن، آسیاب شده و تا زمان انجام آنالیز در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند (Hall و Scott, ۱۹۹۸).
 برای اندازه‌گیری مقدار ماده خشک، ۲۰ گرم از نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون خشک در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پروتئین خام با تبدیل نیتروژن به پروتئین خام با فاکتور ۶/۲۵ محاسبه شد که با روش کجلدال تعیین شد (AOAC, ۲۰۰۰).
 انرژی خام خوراک و نمونه‌های مدفوع با استفاده از دستگاه بمب-کالری متر (Parr 6200 bomb Calorimeter, Parr Instruments Co., Moline, IL) تعیین شد. نمونه‌های خوراک و مدفوع در کوره با دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۶ ساعت برای تجزیه و تحلیل اکسید تیتانیوم، کلسیم و فسفر خاکستر شدند (Osunbami و همکاران، ۲۰۲۴). پس از هضم خاکستر با اسید سولفوریک و پراکسید هیدروژن، غلظت اکسید تیتانیوم در خوراک و مدفوع توسط اسپکتروفتومتری (AL800, Aqualytic, Germany) در جذب ۴۱۰ نانومتر، همان‌طور که توسط Short و همکاران (۱۹۹۶) توضیح داده شد، تجزیه و تحلیل شد. باقی‌مانده خاکستر خوراک و نمونه‌های مدفوع با اسیدهای نیتریک و پرکلریک هضم شدند، پس از آن غلظت کلسیم توسط دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی (AAAS, AA- Shimadzu, Japan 670) و غلظت فسفر با اسپکتروفتومتری جذب در طول موج ۶۳۰ نانومتر (Varian SpectraAA 50B Atomic Absorption Spectrometer: Varian Ltd, USA) اندازه‌گیری شد.

در انتهای دوره آزمایش دو مرغ از هر تکرار کشتار و نمونه‌برداری از محتویات سکوم در ظروف استریل انجام شد و بلافاصله نمونه‌ها در دمای ۲۰- درجه سلسیوس منجمد و به آزمایشگاه منتقل شدند.

مشابه تیمار شاهد مثبت باشد، اما تیمار شاهد مثبت همراه با مولتی آنزیم عملکرد بالاتری نسبت به سایر تیمارها داشت ($P < 0.05$).

جدول ۲- تأثیر مولتی آنزیم روی پلاس بر عملکرد تولیدی مرغ‌های مادر گوشتی (راس ۳۰۸)

تیمار	تخم گذاری (%)	وزن تخم مرغ (گرم)	توده تخم مرغ (گرم)	ضریب تبدیل خوراک
شاهد مثبت	۶۹/۲۶ ^b	۶۵/۶۱ ^c	۴۵/۳۷ ^b	۳/۵۲ ^b
شاهد منفی	۶۴/۶۴ ^c	۶۴/۷۰ ^d	۴۱/۷۷ ^c	۳/۸۴ ^a
شاهد منفی + مولتی آنزیم	۶۹/۰۵ ^b	۶۶/۱۷ ^b	۴۵/۶۳ ^b	۳/۵۰ ^b
شاهد مثبت + مولتی آنزیم	۷۱/۵۷ ^a	۶۸/۲۵ ^a	۴۸/۷۷ ^a	۳/۲۶ ^c
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۱
سطح معنی داری	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱

^{a-d} حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ($P < 0.05$) است.

متابولیسم ظاهری و کلسیم را نسبت به تیمار شاهد مثبت و منفی افزایش داد ($P < 0.05$). قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و فسفر در جیره شاهد منفی نسبت به جیره شاهد مثبت کاهش یافت اما قابلیت هضم انرژی قابل متابولیسم ظاهری در جیره شاهد منفی بالاتر از شاهد مثبت بود ($P < 0.05$).

نتایج مربوط به تأثیر مولتی آنزیم روی پلاس بر قابلیت هضم مواد مغذی جیره مرغ‌های مادر گوشتی در جدول ۳ آورده شده است. مرغ‌هایی که با جیره شاهد مثبت حاوی مولتی آنزیم تغذیه شدند، قابلیت هضم ماده خشک، کلسیم و فسفر بالاتری نسبت به سایر تیمارها داشتند ($P < 0.05$). استفاده از یک گرم بر کیلوگرم مولتی آنزیم در جیره شاهد منفی نیز قابلیت هضم انرژی قابل

جدول ۳- تأثیر مولتی آنزیم روی پلاس بر قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی خام در مرغ‌های مادر گوشتی (راس ۳۰۸)

تیمار	ماده خشک (%)	پروتئین خام (%)	انرژی خام (%)	کلسیم (%)	فسفر (%)
شاهد مثبت	۶۷/۱۷ ^a	۷۲/۴۷ ^a	۶۱/۰۶ ^c	۵۰/۹۲ ^b	۵۰/۱۳ ^b
شاهد منفی	۶۰/۴۵ ^b	۶۵/۷۷ ^b	۶۵/۸۵ ^b	۴۶/۲۵ ^c	۴۴/۸۶ ^c
شاهد منفی + مولتی آنزیم	۶۲/۳۷ ^b	۷۲/۸۳ ^a	۷۴/۶۱ ^a	۵۱/۸۱ ^b	۵۴/۹۲ ^b
شاهد مثبت + مولتی آنزیم	۷۰/۹۸ ^a	۷۷/۲۱ ^a	۷۷/۵۴ ^a	۵۵/۵۸ ^a	۶۴/۷۹ ^a
خطای استاندارد میانگین‌ها	۱/۱۹	۱/۴۲	۲/۴۹	۱/۱۱	۱/۰۶
سطح معنی داری	< ۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱

^{a-d} حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ($P < 0.05$) است.

کیلوگرم مولتی آنزیم در جیره شاهد منفی و شاهد مثبت جمعیت کلی فرم سکوم را کاهش داد. جمعیت لاکتوباسیلوس و باکتری-های هوازی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P > 0.05$).

نتایج تأثیر مولتی آنزیم در جیره‌های آزمایشی بر جمعیت میکروبی سکوم مرغ‌های مادر گوشتی در جدول ۴ گزارش شده است. نتایج نشان داد که جمعیت کلی فرم تحت تاثیر جیره‌های آزمایشی قرار گرفت و تیمار شاهد منفی باعث کاهش جمعیت کلی فرم نسبت به تیمار شاهد مثبت شد ($P < 0.05$). هم چنین استفاده از یک گرم بر

جدول ۴- تأثیر مولتی آنزیم رویو پلاس بر جمعیت میکروبی سکوم (\log_{10} cfu/g) مرغ‌های مادر گوشتی (راس ۳۰۸)

تیما	کلی فرم	لاکتوباسیلوس	باکتری‌های هوازی
شاهد مثبت	۸/۸۵ ^a	۸/۸۷	۹/۷۳
شاهد منفی	۷/۸۷ ^b	۹/۱۲	۹/۳۷
شاهد منفی + مولتی آنزیم	۷/۳۵ ^c	۹/۲۲	۹/۷۰
شاهد مثبت + مولتی آنزیم	۷/۷۶ ^b	۹/۱۳	۹/۶۷
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۰۸	۰/۳۸	۰/۴۳
سطح معنی داری	۰/۰۱	۰/۳۶	۰/۳۷

^{a-d} حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح ($P < 0.05$) است.

استفاده از تیمار شاهد منفی باعث افزایش ویسکوزیته محتویات ایلئوم نسبت به سایر تیمارها شد ($P < 0.05$). هم‌چنین استفاده از ۱ گرم بر کیلوگرم مولتی آنزیم در جیره شاهد منفی و شاهد مثبت ویسکوزیته محتویات ایلئوم را کاهش داد. pH چینه‌دان، سنگدان و دئودنوم تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P > 0.05$).

نتایج مربوط به اثر مولتی آنزیم بر ویسکوزیته روده و pH دستگاه گوارش مرغ‌های مادر گوشتی در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایج، مشخص شد که ویسکوزیته محتویات ژرژنوم و ایلئوم تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. جیره شاهد منفی باعث افزایش معنی دار ویسکوزیته محتویات ژرژنوم نسبت به جیره شاهد منفی و مثبت حاوی مولتی آنزیم شد ($P < 0.05$).

جدول ۵- تأثیر مولتی آنزیم رویو پلاس بر ویسکوزیته روده و pH دستگاه گوارش مرغ‌های مادر گوشتی (راس ۳۰۸)

تیما	ویسکوزیته ژرژنوم (سانتی پویز)	ویسکوزیته ایلئوم (سانتی پویز)	pH چینه دان	pH سنگدان	pH دئودنوم
شاهد مثبت	۳/۷۸ ^{ab}	۶/۱۶ ^b	۴/۲۶	۳/۴۵	۴/۸۴
شاهد منفی	۴/۲۹ ^a	۶/۹۹ ^a	۴/۵۵	۳/۶۵	۴/۸۳
شاهد منفی + مولتی آنزیم	۲/۷۸ ^b	۵/۳۱ ^c	۴/۳۵	۳/۶۸	۵/۰۶
شاهد مثبت + مولتی آنزیم	۲/۹۹ ^b	۵/۱۳ ^c	۴/۸۳	۳/۲۷	۵/۱۶
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۳۵	۰/۲۱	۰/۵۳	۰/۴۲	۰/۳۹
سطح معنی داری	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۲۷

^{a-d} حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح ($P < 0.05$) است.

بحث

و حتی در جیره شاهد مثبت حاوی مولتی آنزیم عملکرد بالاتری نسبت به تیمار شاهد مثبت داشت. اثرات مثبت مولتی آنزیم در جیره‌ها قابل پیش‌بینی بود زیرا میزان NSP در این جیره‌ها به دلیل استفاده از گندم و جو بالا بود. یافته‌های این آزمایش و چندین مطالعه دیگر (Mirzaie و همکاران، ۲۰۱۲؛ Gonzalez-Ortiz

در تحقیق حاضر، نتایج تولید تخم‌مرغ نشان داد که جیره شاهد منفی (۵ درصد انرژی و ۵۰ درصد فسفر کمتر از استاندارد) بر درصد تولید اثر منفی داشت. هم‌چنین افزودن یک گرم بر کیلوگرم مولتی آنزیم به جیره شاهد منفی توانست عملکرد تخم-گذاری را تا سطح تیمار شاهد مثبت (جیره استاندارد) افزایش دهد

مکمل فیتاز می‌تواند وضعیت کمبود فسفر را جبران کند. اثربخشی مکمل فیتاز در جیره‌های با کمبود فسفر واضح‌تر نمایان می‌شود. فیتاز کلسیم و فسفر بیشتری را از جیره آزاد می‌کند تا وارد خون شده و به استخوان‌ها سیگنال دهد تا باز جذب کلسیم و فسفر از استخوان را به تاخیر بیندازد (Bougouin و همکاران، ۲۰۰۷). نشان داده شده که مکمل فیتاز (۳۰۰ FTU فیتاز میکروبی) در جیره‌های کم فسفر، اثرات مثبتی بر تولید تخم‌مرغ، توده و وزن تخم‌مرغ دارد که ممکن است به دلیل افزایش دسترسی به برخی مواد مغذی از جمله انرژی و اسیدهای آمینه باشد (Ebrahimnezhad و همکاران، ۲۰۰۸).

مکمل مولتی‌آنزیم رویوپلاس در مطالعه حاضر، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، کلسیم، فسفر و انرژی خام را افزایش داد. این ممکن است به تخریب NSP‌ها نسبت داده شود که به آنزیم‌های گوارشی درون‌زا اجازه می‌دهد به مواد مغذی دسترسی بهتری پیدا کنند (Wickramasuriya و همکاران، ۲۰۱۹). نتایج مشابهی توسط Jasek و همکاران (۲۰۱۸) در رابطه با افزایش قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و انرژی در جوجه‌های گوشتی به دلیل استفاده از مکمل‌های آنزیمی مانند زیلاناز، گلوکاناز، ماناناز، آلفا-گالاکتوزیداز و یا پکتیناز گزارش شده است. Yaqoob و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند مکمل مولتی آنزیم در جیره کم انرژی به‌طور قابل توجهی فعالیت لپاز و پروتاز را نسبت به گروه شاهد بهبود بخشید. به‌طور مشابه، Engberg و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که مکمل زیلاناز به‌طور قابل توجهی فعالیت کیموتریپسین و لپاز را در جوجه‌های گوشتی افزایش می‌دهد. از سوی دیگر Yu و همکاران (۲۰۰۷)، تأثیر قابل توجهی از مولتی‌آنزیم بر قابلیت هضم مواد مغذی گزارش نکردند. این تناقض در نتایج را می‌توان به تفاوت در ترکیبات جیره غذایی (محتوای مختلف NSP)، ترکیب مولتی-آنزیم و دوز آن نسبت داد.

جمعیت میکروبی روده را می‌توان با کاهش مقدار مواد مغذی موجود برای تخمیر باکتریایی (Silva و Smithard، ۲۰۰۲) جهت بهبود عملکرد طیور اصلاح کرد (کنترل رشد باکتری‌های

و همکاران، ۲۰۰۷) اثر مثبت آنزیم‌های تخریب‌کننده NSP‌ها را بر عملکرد تخم‌گذاری نشان دادند. گزارش‌های اخیر نشان می‌دهد که بخش محلول در آب NSP‌ها در جیره ممکن است فرآیند هضم و جذب در دستگاه گوارش را با افزایش ویسکوزیته محتویات روده و کاهش قابلیت هضم مواد مغذی مختل کند (Olukosi و همکاران، ۲۰۲۰؛ He و همکاران، ۲۰۲۰). افزودن آنزیم‌های تجزیه‌کننده NSP (به ویژه زیلاناز) در جیره بر ساختارهای فیبری جیره تأثیر می‌گذارد و ویسکوزیته محتویات روده را کاهش می‌دهد. این فعل و انفعالات در نهایت قابلیت هضم مواد مغذی را بهبود می‌بخشد (Moss و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این، استفاده از آنزیم‌های تجزیه‌کننده NSP می‌تواند با آزاد کردن محتویات سلولی دانه‌های غلات و افزایش سطح تماس با آنزیم‌های گوارشی درون‌زا، به کاهش اثرات ضد تغذیه‌ای NSP‌ها در جیره کمک کنند (Smeets و همکاران، ۲۰۱۸). در مطالعه حاج خدادادی و عباسی (۱۳۹۷) افزودن ۰/۵۰ گرم در کیلوگرم مولتی‌آنزیم کمزایم به جیره‌های رقیق‌شده عملکرد تولیدی پرنده را تا سطح تیمار کنترل مثبت افزایش داده و حتی در سطوح حاوی سطوح ۰/۷۵ و ۱ گرم در کیلوگرم، عملکرد بالاتری نسبت به تیمارهای کنترل مثبت و منفی داشت. ارزیابی اثرات آنزیم‌ها نشان داده است که آنزیم می‌تواند ارزش انرژی جیره را افزایش دهد (Kim و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین، می‌توان حدس زد که بهبود استفاده از انرژی توسط مکمل مولتی-آنزیم ممکن است تا حدی عملکرد تولیدی را بهبود بخشد. با این حال، نمی‌تواند اثرات مفید نشان داده شده در مطالعه حاضر را به‌طور کامل توضیح دهد. نشان داده شده است که استفاده از آنزیم‌ها در جیره قابلیت هضم مواد مغذی مانند فیبر خام، اسیدهای آمینه و فسفر را نیز بهبود می‌بخشد (Mussini و همکاران، ۲۰۱۱). هم‌چنین، بهبود عملکرد تخم‌گذاری با مولتی‌آنزیم را می‌توان به کاهش عوامل بیماری‌زا، کوکسی‌های گرم مثبت و انتروکوک‌ها در میکروبیوتای روده، بهبود ظرفیت جذب روده و کاهش ویسکوزیته گوارشی نسبت داد (Tabook و همکاران، ۲۰۰۶). فسفر ناکافی در جیره غذایی تولید تخم‌مرغ را کاهش می‌دهد و

می‌یابد (Grimes و Barasch، ۲۰۲۱). همچنین گزارش شده است که افزایش ویسکوزیته محتویات گوارشی توانایی محتویات روده را برای مخلوط شدن (فرآیندی که برای تشکیل میسل و جذب چربی و مواد مغذی محلول در چربی حیاتی است) کاهش می‌دهد (Santos و همکاران، ۲۰۲۱).

نتیجه‌گیری کلی

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزودن مولتی آنزیم (حاوی زایلاناز، گلوکاناز و فیتاز) به جیره‌های غذایی کم انرژی و کم فسفر می‌تواند با بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و کاهش ویسکوزیته اثرات منفی کاهش انرژی بر فراسنجه‌های عملکرد تولیدی را جبران کند. به طوری که عملکرد تولیدی در جیره استاندارد بدون مولتی آنزیم با جیره کم انرژی و کم فسفر حاوی مولتی آنزیم مشابه بود. بنابراین، مولتی آنزیم ارزیابی شده با دوز یک گرم در کیلوگرم می‌تواند در شیوه‌های فرمولاسیون خوراک مورد استفاده قرار گیرد و کمبود ۱۴۰ کیلوکالری انرژی قابل متابولیسم و ۰/۱۷ درصد فسفر را در جیره مادرهای گوشتی مسن جبران کند.

منابع

حاج خدادادی، ا. و عباسی، س. (۱۳۹۷). اثر مولتی آنزیم کمزایم بر صفات عملکردی، کیفیت تخم‌مرغ و قابلیت هضم مواد مغذی در جیره‌های رقیق‌شده مرغ‌های تخمگذار هایلین W36 در اواخر دوره تولید. *پژوهش‌های علوم دامی (دانش کشاورزی)* ۲۸(۱)، ۳۱-۱۳.

AOAC, B. A. M. (2000). *International. Official methods of analysis of AOAC International*. 17th ed. Washington DC: AOAC International.

Apajalahti, J., Kettunen, A. and Graham, H. (2004). Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken. *World's Poultry Science Journal*, 60(2), 223-232.

Aviagen. (2018). Ross 308 parent stock: nutrition specifications. Accessed Apr. http://eu.aviagen.com/assets/Tech-Center/Ross_PS/Ross308-PS-NS-2016-EN.pdf.

بیماری‌زا و/یا افزایش رشد باکتری‌های مفید). کاهش انرژی و فسفر جیره در مطالعه حاضر، منجر به کاهش قابل توجهی در جمعیت باکتری کلی‌فرم شد. این ممکن است به کاهش مقدار مواد مغذی موجود برای تخمیر باکتریایی که از مواد پرانرژی خوراک حاصل می‌شود نسبت داده شود (Apajalahti و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین مکمل مولتی آنزیم نیز منجر به کاهش در تعداد کلی‌فرم‌ها شد. این نتیجه با نتایج Jozefiak و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد که کاهش قابل توجه تعداد کلی‌فرم در روده جوجه‌های گوشتی به دلیل تکمیل جیره با زایلاناز و بتاگلوکاناز را مشاهده کردند. در مطالعه‌ای دیگر Sharmila و همکاران (۲۰۱۵)، کاهش قابل توجهی در باکتری‌های بیماری‌زای روده (انتروباکتری‌ها، ایشیاکلای و سالمونلا) به دلیل مکمل‌سازی جیره توسط آنزیم‌های زایلاناز و سلولاز گزارش کردند. Yaghobfar و Kalantar (۲۰۱۷) نیز گزارش کردند که باکتری‌های مفید از جمله باکتری‌های اسید لاکتیک و بیفیدوباکتری‌ها در جیره‌های حاوی آنزیم‌های تجزیه‌کننده NSP بیشتر بود. بنابراین، مکمل‌های مولتی آنزیم ممکن است با کاهش باکتری‌های بیماری‌زا و افزایش باکتری‌های مفید، تأثیر مثبتی بر میکروفلور روده داشته باشند و منجر به بهبود سلامت روده پرندگان شوند.

ویسکوزیته محتویات روده عامل محدودکننده عملکرد طیور است. افزایش ویسکوزیته در روده کوچک باعث کاهش سرعت عبور خوراک و افزایش جمعیت میکروب‌های بیماری‌زا (قسمت انتهایی ایلئوم و سکوم) و کاهش جذب مواد مغذی می‌شود (Apajalahti و همکاران، ۲۰۰۴). در مطالعه حاضر، استفاده از جیره شاهد منفی (۵ درصد انرژی و ۵۰ درصد فسفر کمتر از استاندارد) باعث افزایش ویسکوزیته ایلئوم نسبت به تیمار شاهد مثبت شد که احتمالاً مربوط وجود دانه جو در این جیره باشد. افزایش ویسکوزیته مواد گوارشی به دنبال مصرف جو در طیور گزارش شده است (Grimes و Barasch، ۲۰۲۱). هنگامی که پلی‌ساکاریدها در آب حل می‌شوند، محلول‌های چسبناک ایجاد می‌کنند. این خاصیت ویسکوزیته NSP‌ها اولین مکانیسمی است که توسط آن دسترسی آنزیم‌های گوارشی به مواد مغذی کاهش

- Barasch, I. B. and Grimes, J. L. (2021). The effect of a heat-stable xylanase on digesta viscosity, apparent metabolizable energy and growth performance of broiler chicks fed a wheat-based diet. *Poultry Science*, 100(9), 275-287.
- Bougouin, A., Appuhamy, J. A. D. R. N., Kebreab, E., Dijkstra, J., Kwakkel, R. P. and France, J. (2014). Effects of phytase supplementation on phosphorus retention in broilers and layers: A meta-analysis. *Poultry Science*, 93(8), 1981-1992.
- Classen, H.L. (2013). Response of broiler chickens to dietary energy and its relationship to amino acid nutrition. *Australia*, 17 February, 107-114.
- Ebrahimnezhad, Y., Shivazad, M., Taherkhani, R. and Nazeradl, K. (2008). Effect of EDTA Supplementation on Phytate Phosphorus Utilization and Efficiency of Microbial Phytase in Laying Hens. *Editorial Board*, 25, 76-82.
- Engberg, R. M., Hedemann, M. S., Steinfeldt, S. and Jensen, B. B. (2004). Influence of whole wheat and xylanase on broiler performance and microbial composition and activity in the digestive tract. *Poultry Science*, 83(6), 925-938.
- Gonzalez-Ortiz, G., Sola-Oriol, D., Martinez-Mora, M., Perez, J. F. and Bedford, M. R. (2017). Response of broiler chickens fed wheat-based diets to xylanase supplementation. *Poultry Science*, 96(8), 2776-2785.
- Haugh, R. (1937). The haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg and Poultry Magazine*, 43:522-555.
- He, X., Yu, B., He, J., Huang, Z., Mao, X., Zheng, P. and Chen, D. (2020). Effects of xylanase on growth performance, nutrients digestibility and intestinal health in weaned piglets. *Livestock Science*, 233(5), 940-956.
- Hussein, E. O. S., Suliman, G. M., Alowaimer, A. N., Ahmed, S. H., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E. and Swelum, A. A. (2020). Growth, carcass characteristics, and meat quality of broilers fed a low-energy diet supplemented with a multienzyme preparation. *Poultry Science*, 99(4), 1988-1994.
- Jasek, A., Latham, R. E., Mañón, A., Llamas-Moya, S., Adhikari, R., Poureslami, R. and Lee, J. T. (2018). Impact of a multicarbohydrase containing α -galactosidase and xylanase on ileal digestible energy, crude protein digestibility, and ileal amino acid digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 97(9), 3149-3155.
- Jozefiak, D., Rutkowski, A., Kaczmarek, S., Jensen, B. B., Engberg, R. M. and Højberg, O. (2010). Effect of β -glucanase and xylanase supplementation of barley-and rye-based diets on caecal microbiota of broiler chickens. *British Poultry Science*, 51(4), 546-557.
- Khan, S. H., Sardar, R. and Siddique, B. (2006). Influence of enzymes on performance of broilers fed sunflower-corn based diets. *Pakistan Veterinary Journal*, 26(3):109-114.
- Kim, M. C., Kim, J. H., Pitargue, F. M., Choi, H. S. and Kil, D. Y. (2017). Effect of dietary β -mannanase on productive performance, egg quality, and utilization of dietary energy and nutrients in aged laying hens raised under hot climatic conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(10), 1450-1463.
- Mingan, C. (2001). Alternatives to in-feed antibiotics in monogastric animal industry. *ASA Technical Bulletin. AN30*, 1-6.
- Mirzaie, S., Zaghari, M., Aminzadeh, S., Shivazad, M. and Mateos, G. G. (2012). Effects of wheat inclusion and xylanase supplementation of the diet on productive performance, nutrient retention, and endogenous intestinal enzyme activity of laying hens. *Poultry Science*, 91(2), 413-425.
- Moss, A. F., Khoddami, A., Chrystal, P. V., Sorbara, J. O. B., Cowieson, A. J., Selle, P. H. and Liu, S. Y. (2020). Starch digestibility and energy utilisation of maize-and wheat-based diets is superior to sorghum-based diets in

- broiler chickens offered diets supplemented with phytase and xylanase. *Animal Feed Science and Technology*, 264(7), 475-489.
- Mussini, F. J., Coto, C. A., Goodgame, S. D., Lu, C., Karimi, A. J., Lee, J. H. and Waldroup, P. W. (2011). Effect of a β -Mannanase on nutrient digestibility in corn-soybean meal diets for broiler chicks. *International Journal of Poultry Science*, 10(10), 774-777.
- Olukosi, O. A., González-Ortiz, G., Whitfield, H. 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(3), 1528-1539.
- Osunbami, O. T., Walk, C. L. and Adeola, O. (2024). Digestible calcium equivalency of phytase and nutrient utilization of broiler chickens fed graded levels of limestone or phytase during the starter phase. *Poultry Science*, 103(2), 360-374.
- Pang, Y. and Applegate, T. J. (2007). Effects of dietary copper supplementation and copper source on digesta pH, calcium, zinc, and copper complex size in the gastrointestinal tract of the broiler chicken. *Poultry Science*, 86(3), 531-537.
- Peng, Y. L., Guo, Y. M. and Yuan, J. M. (2003). Effects of microbial phytase replacing partial inorganic phosphorus supplementation and xylanase on the growth performance and nutrient digestibility in broilers fed wheat-based diets. *Asian-australasian Journal of Animal Sciences*, 16(2), 239-247.
- Perney, K. M., Cantor, A. H., Straw, M. L. and Herkelman, K. L. (1993). The effect of dietary phytase on growth performance and phosphorus utilization of broiler chicks. *Poultry Science*, 72(11), 2106-2114.
- Santos Jr, A. A., Ferket, P. R., Grimes, J. L. and Edens, F. W. (2004). Dietary supplementation of endoxylanases and phospholipase for turkeys fed wheat-based rations. *International Journal of Poultry Science*, 3(1), 20-32.
- SAS. (2009). STAT User's Guide, Version 9.2. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Scott, T. A. and Hall, J. W. (1998). Using acid insoluble ash marker ratios (diet: digesta) to predict digestibility of wheat and barley metabolizable energy and nitrogen retention in broiler chicks. *Poultry Science*, 77(5), 674-679.
- Selle, P. H., Ravindran, V., Ravindran, G., Pittolo, P. H. and Bryden, W. L. (2003). Influence of phytase and xylanase supplementation on growth performance and nutrient utilisation of broilers offered wheat-based diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 16(3), 394-402.
- Sharmila, A., Kasim, A., Noor, H. M., Jahromi, M. F. and Samsudin, A. A. (2015). Quantitative real-time PCR analysis of the caecal bacteria population of broiler chickens fed with corn-soy diet containing 20% of palm kernel meal with or without enzyme supplementation. *Journal of Animal and Poultry Production*, 4(8), 1-9.
- Short, F. J., Gorton, P., Wiseman, J. and Boorman, K. N. (1996). Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies. *Animal Feed Science and Technology*, 59(4), 215-221.
- Silva, S. S. P., & Smithard, R. R. (2002). Effect of enzyme supplementation of a rye-based diet on xylanase activity in the small intestine of broilers, on intestinal crypt cell proliferation and on nutrient digestibility and growth performance of the birds. *British Poultry Science*, 43(2), 274-282.
- Smeets, N., Nuyens, F., Van Campenhout, L., Delezie, E. and Niewold, T. A. (2018). Interactions between the concentration of non-starch polysaccharides in wheat and the addition of an enzyme mixture in a broiler digestibility and performance trial. *Poultry Science*, 97(6), 2064-2070.
- Smits, C. H., Veldman, A., Versteegen, M. W. and Beynen, A. C. (1997). Dietary

- carboxymethylcellulose with high instead of low viscosity reduces macronutrient digestion in broiler chickens. *The Journal of Nutrition*, 127(3), 483-487.
- Tabook, N. M., Kadim, I. T., Mahgoub, O. and Al-Marzooqi, W. (2006). The effect of date fibre supplemented with an exogenous enzyme on the performance and meat quality of broiler chickens. *British Poultry Science*, 47(1), 73-82.
- Wickramasuriya, S., Kim, E., Shin, T. K., Cho, H. M., Kim, B., Patterson, R. and Heo, J. M. (2019). Multi-carbohydrase addition into a corn-soybean meal diet containing wheat and wheat by products to improve growth performance and nutrient digestibility of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(2), 399-409.
- Yaghobfar, A. and Kalantar, M. (2017). Effect of non-starch polysaccharide (NSP) of wheat and barley supplemented with exogenous enzyme blend on growth performance, gut microbial, pancreatic enzyme activities, expression of glucose transporter (SGLT1) and mucin producer (MUC2) genes of broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 19, 629-638.
- Yaqoob, M. U., Yousaf, M., Iftikhar, M., Hassan, S., Wang, G., Imran, S. and Wang, M. (2022). Effect of multi-enzymes supplementation on growth performance, meat quality, ileal digestibility, digestive enzyme activity and caecal microbiota in broilers fed low-metabolizable energy diet. *Animal Bioscience*, 35(7), 1059-1074.
- Yu, B., Wu, S. T., Liu, C. C., Gauthier, R. and Chiou, P. W. (2007). Effects of enzyme inclusion in a maize-soybean diet on broiler performance. *Animal Feed Science and Technology*, 134(3-4), 283-294.
- Żyła, K., Koreleski, J., Świątkiewicz, S., Ledoux, D. R. and Piironen, J. (2001). Influence of supplemental enzymes on the performance and phosphorus excretion of broilers fed wheat-based diets to 6 weeks of age. *Animal Feed Science and Technology*, 89(1-2), 113-118.