تولیدات دامی
دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵
صفحه‌های ۲۹۷-۲۸۷

اثر سطح استفاده از مولتی آنزیم‌های مختلف تجاری بر انرژی قابل سوخت و ساز و قابلیت هضم مواد مغذی گندم

فرشته جمیلی[۱]، ابوالقاسم گلیان[۲*]، حسن کرمانشاهی[۲]، احمد حسن‌آبادی[۲] و حیدر زرقی[۳]

۱. دانشجوی دکتری گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، پردیس بین‌الملل، دانشگاه فردوسی مشهد
۲. استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳. استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ وصول مقاله: ۹۴/۰۴/۰۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۸/۱۳

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر چهار نوع مولتی‌آنزیم تجاری و سطوح مختلف آن‌ها بر انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری تصحیح شده برای نیتروژن (AME_n) و قابلیت هضم چربی خام، پروتئین خام، ماده خشک و ماده آلی گندم با روش جمع‌آوری کل فضولات در جوجه‌های گوشتی انجام گرفت. تعداد ۱۳۵ قطعه جوجه خروس گوشتی سویه راس ۳۰۸ به ۴۵ قفس متابولیکی شامل نه تیمار، پنج تکرار و سه قطعه جوجه در هر تکرار اختصاص یافتند. جیره‌های آزمایشی به نحوی تنظیم شدند که گندم تنها منبع تأمین‌کننده انرژی باشد. با افزودن یک و دو برابر مقدار توصیه شده هر یک از چهار مولتی‌آنزیم تجاری به جیره پایه، هشت جیره آزمایشی دیگر تهیه شد. جوجه‌ها به دان و آب دسترسی آزاد داشتند و از ۲۳-۱۷ روزگی با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. افزودن یک یا دو برابر مقادیر توصیه شده مولتی‌آنزیم‌های تجاری، باعث افزایش معنی‌دار AME_n و قابلیت هضم ظاهری چربی خام، پروتئین خام، ماده خشک و ماده آلی گندم شد ($P<0/05$)، اما تفاوت معنی‌داری بین اثر نوع مولتی‌آنزیم‌ها و سطوح آنها بر شاخص‌های فوق مشاهده نشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که افزودن مولتی‌آنزیم‌های تجاری باعث بهبود انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری گندم فلات به میزان ۷۰ تا ۱۲۰ کیلوکالری در کیلوگرم می‌شود.

کلیدواژه‌ها: انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری، جوجه گوشتی، قابلیت هضم، گندم، مولتی‌آنزیم تجاری

* نویسنده مسئول Email: golian-a@um.ac.ir

مقدمه

در بسیاری از کشورها، گندم به عنوان منبع عمده تأمین انرژی در جیره جوجه‌های گوشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نسبت به ذرت حاوی پروتئین بیشتر، ولی انرژی کمتری است. میزان زیاد پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای موجود در این غله به شکل پنتوزان و آرابینوزایلان‌ها، یکی از محدودیت‌های اصلی استفاده از گندم در جیره طیور است [۱۰].

مقدار بالای پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای در جیره باعث افزایش گرانروی محتویات روده می‌شود که این می‌تواند منجر به کاهش واکنش آنزیم‌ها با سوبسترا و افزایش ضخامت لایه آب ساکن در مجاورت پرزهای مخاط و درنتیجه کاهش قابلیت هضم و جذب مواد مغذی و انرژی قابل سوخت وساز ظاهری خوراک در جوجه‌های گوشتی شود. باتوجه به عدم توانایی جوجه‌های گوشتی در تولید آنزیم‌های مؤثر بر هضم فیبر در دستگاه گوارش، در سال‌های اخیر مولتی‌آنزیم‌های تجاری توسط شرکت‌های مختلف، تولید و به جیره طیور اضافه می‌شود، به‌طوری‌که برآورد شده است حدود ۶۵ درصد جیره‌های مورد استفاده در تغذیه طیور حاوی آنزیم‌های تجاری می‌باشد [۲۸].

نتایج دیگر تحقیقات بهبود انرژی قابل سوخت وساز غلات در جوجه‌های جوان در صورت استفاده از آنزیم را نشان می‌دهد [۲۲]. افزودن آنزیم مناسب به جیره‌های بر پایه گندم موجب شکستن اتصال زایلان زنجیره آرابینوزایلان، بهبود ارزش غذایی جیره و بازدهی تولید جوجه‌های گوشتی می‌شود [۷]. افزودن مولتی‌آنزیم به جیره‌های بر پایه گندم، سبب کاهش اثرات ضدتغذیه‌ای پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای به‌ویژه آرابینوزایلان‌ها [۸]، کاهش ویسکوزیته محتویات هضمی [۱۹]، افزایش سرعت عبور مواد هضمی [۱۴]، افزایش فعالیت آنزیم‌های درون‌زادی نظیر کیموترپیسین و لیپاز [۱۳]، بهبود قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین [۷] و بهبود قابلیت هضم چربی [۲۳]، بهبود میزان انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری [۱۲] و در مجموع بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی می‌گردد. افزایش انرژی قابل سوخت وساز گندم بر اثر افزودن مولتی‌آنزیم‌های تجاری ممکن است به دلیل تأثیر آنزیم بر تجزیه دیواره سلولی و کمک به هضم مواد مغذی موجود در سلول باشد [۱۰ و ۱۱]. برخلاف این نتایج در برخی پژوهش‌ها، نتایج حاصل از افزودن مولتی‌آنزیم اثر سودمندی نداشته است. افزودن مولتی‌آنزیم‌های مختلف تجاری اثر معنی‌داری بر بهبود انرژی قابل سوخت‌وساز و قابلیت هضم مواد مغذی ندارد [۱۸].

افزودن سطوح مختلف مولتی‌آنزیم‌های تجاری اثرات متفاوتی دارد زیرا اثر آنها به عواملی نظیر ترکیب جیره، فرآوری جیره، استفاده از آنزیم مناسب و سن پرنده بستگی دارد [۶ و ۷]. افزودن سطوح مختلف آنزیم اندوفید (۳۰۰ و ۶۰۰ گرم در تن) به جیره، اثر معنی‌داری بر میزان انرژی قابل سوخت وساز ظاهری و قابلیت هضم پروتئین خام، چربی خام، ماده آلی و نشاسته نداشت. افزودن سطوح مختلف آنزیم اندوزایلاناز (۲۰۰، ۵۰۰ و ۲۰۰۰ واحد آنزیم در کیلوگرم جیره) اثر معنی‌داری بر میزان افزایش وزن روزانه و میزان خوراک مصرفی تا سن ۲۴ روزگی نداشت، اما درصد ابقای ازت و میزان انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری جیره به طور معنی‌داری بهبود یافت [۴]. با افزایش سطح مولتی آنزیم‌ها (۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) قابلیت هضم پروتئین در جوجه‌های گوشتی در سن ۲۱ روزگی به‌طور خطی افزایش یافته است، اما افزایش قابل توجهی در انرژی قابل سوخت‌وساز

ظاهری نشان نداد [۲۹]. افزودن چهار سطح مختلف آنزیم به جیره حاوی ۸۰ درصد گندم در جوجه‌های گوشتی، انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری، قابلیت هضم پروتئین و چربی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت [۲۷]. عکس‌العمل به افزودن مولتی‌آنزیم‌ها در جیره‌های حاوی گندم ممکن است، تابع زمان برداشت و رقم گندم باشد [۲۲].

از آنجا که تنوع گسترده مولتی‌آنزیم‌های تجاری در بازار، کار متخصصین تغذیه را در خصوص انتخاب نوع و میزان اثربخشی آنها دچار تردید کرده است. هدف از انجام پژوهش حاضر، برای مقایسه اثرات سطوح مختلف چهار نوع مولتی‌آنزیم تجاری عمده موجود در کشور بر انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری و قابلیت هضم مواد مغذی گندم به روش جمع‌آوری کل فضولات در جوجه‌های گوشتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از ۲۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه نر سویه راس ۳۰۸ اجرا شد. جوجه‌ها تا سن ۱۶ روزگی تحت شرایط کنترل شده محیطی نگهداری شدند. دمای سالن پرورش در زمان ورود جوجه‌ها ۳۲ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد و پس از ۷۲ ساعت هر روز ۰/۵ درجه سانتی‌گراد دمای سالن کاهش یافت. همچنین در سه روز نخست ۲۴ ساعت روشنایی و سپس برنامه ۲۳ ساعت نور و یک ساعت تاریکی تا پایان آزمایش اعمال شد. سپس ۱۳۵ قطعه جوجه در سن ۱۶ روزگی به‌طور تصادفی بین ۴۵ گروه سه قطعه‌ای تقسیم و به ۴۵ قفس متابولیکی مخصوص پرورش جوجه با قابلیت جمع‌آوری فضولات منتقل شدند. جوجه‌های هر قفس به‌طور گروهی توزین و تعداد سه قطعه جوجه در هر قفس به نحوی تثبیت شد که میانگین وزن تمام واحدهای آزمایشی مساوی باشد. هر قفس دارای ۲۵۰۰ سانتی‌مترمربع مساحت کف و مجهز به یک دان خوری و آبخوری دستی و سینی کشویی جمع‌آوری فضولات بود.

جوجه‌ها از یک تا ۱۶ روزگی با جیره آغازین تجاری حاوی ۲۱ درصد پروتئین خام و ۲۹۰۰ کیلوکالری انرژی قابل سوخت‌وساز تغذیه شدند. جیره‌های آزمایشی به نحوی تنظیم شدند که گندم (واریته فلات) تنها منبع تأمین‌کننده انرژی جیره باشد (جدول ۱). جیره‌های مختلف آزمایشی شامل جیره شاهد (بدون افزودن مولتی‌آنزیم) و افزودن دو سطح از هر یک از چهار نوع مولتی‌آنزیم به جیره شاهد (توصیه شده یا دو برابر سطح توصیه شده توسط شرکت سازنده) تهیه شد (جدول ۲).

جوجه‌ها از سن ۱۷ تا ۲۳ روزگی با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند که سه روز اول (۱۹-۱۷ روزگی) به منظور دوره عادت‌پذیری و چهار روز بعد (۲۳-۲۰) به عنوان دوره رکوردبرداری (ثبت میزان خوراک مصرفی و فضولات دفعی حاصل از خوراک مصرفی) درنظر گرفته شد [۱ و ۲]. در دوره جمع‌آوری فضولات، پس از ۱۲ ساعت محرومیت از غذا سینی‌های مخصوص جمع‌آوری فضولات در زیر قفس‌ها قرار گرفتند و در پایان سینی‌های جمع-آوری فضولات برداشته شدند. فضولات دفعی به مدت ۴۸ ساعت در جریان هوای ملایم اتاق قرار گرفته و سپس داخل آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. فضولات خشک شده دو ساعت در شرایط آزمایشگاهی قرار داده شد تا با شرایط محیط به تعادل برسد، پس از جداسازی فلس‌ها و پرها وزن کل فضولات دفع شده هر قفس تعیین شد [۱].

جدول ۱. ترکیب جیره آزمایشی مورد استفاده*

مواد خوراکی	مقدار (گرم در کیلوگرم)
دانه گندم	۹۶/۳
کربنات کلسیم	۱/۱
دی‌کلسیم فسفات	۱/۹
نمک	۰/۲
مکمل ویتامینه + معدنی**	۰/۵
ترکیب شیمیایی محاسبه شده (براساس ماده خشک)	
انرژی قابل سوخت‌وساز (کیلوکالری در کیلوگرم)	۳۰۳۰
پروتئین خام (درصد)	۱۴/۵۶
چربی خام (درصد)	۱/۳۸
ماده خشک (درصد)	۹۳/۲
خاکستر (درصد)	۳/۷۲

* – به جیره فوق سطوح مختلف مولتی‌آنزیم‌های تجاری مورد آزمایش (سطح مولتی‌آنزیم تجاری توصیه شده توسط شرکت سازنده و دو برابر سطح مولتی‌آنزیم‌های تجاری توصیه شده توسط شرکت سازنده) اضافه شد تا هشت جیره دیگر آزمایش تهیه شدند.

** – هر کیلوگرم جیره حاوی ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۸۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۳۶ میلی‌گرم ویتامین E، ۵ میلی‌گرم ویتامین K_3، ۱/۵۳ میلی‌گرم تیامین، ۷/۵ میلی‌گرم ریبوفلاوین، ۱۲/۲۴ میلی‌گرم اسید پنتوتنیک، ۳۰/۴ میلی‌گرم نیاسین، ۱/۵۳ میلی‌گرم پیریدوکسین، ۱/۶ میلی‌گرم کوبالامین، ۱۱۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید، ۱۶۰ میلی‌گرم منگنز، ۸۴/۵ میلی‌گرم روی، ۲۵۰ میلی‌گرم آهن، ۲۰ میلی‌گرم مس، ۱/۶ میلی‌گرم ید، ۰/۴۷۵ میلی‌گرم کبالت و ۰/۲ میلی‌گرم سلنیوم می‌باشد.

جدول ۲. مقدار توصیه شده، ترکیب و فعالیت آنزیم‌ها در چهار نوع مولتی‌آنزیم تجاری (گزارش شده توسط شرکت‌ها)

مولتی‌آنزیم‌های تجاری	توصیه شده	ترکیب و فعالیت آنزیمی*	
	میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک	واحد فعالیت آنزیمی در گرم مولتی‌آنزیم	واحد فعالیت آنزیمی در کیلوگرم خوراک مصرفی
A	۲۵۰	۱۲۰۰ زایلاناز و ۴۴۰ بتاگلوکاناز	۳۰۰ زایلاناز و ۱۱۰ بتاگلوکاناز
B	۱۰۰	۵۶۰۰ زایلاناز و ۲۵۰۰ بتاگلوکاناز	۵۶۰ زایلاناز و ۲۵۰ بتاگلوکاناز
C	۲۵۰	۲۰۰۰ زایلاناز، ۲۳۵۰ بتاگلوکاناز، ۱۰۰ آلفاآمیلاز، ۴۰۰۰ سلولاز و ۴۵۰ پروتئاز	۵۰۰ زایلاناز، ۵۸۷/۵ بتاگلوکاناز، ۲۵ آلفاآمیلاز، ۱۰۰۰ سلولاز و ۱۱۲/۵ پروتئاز
D	۱۰۰	۱۵۰۰ زایلاناز، ۱۱۰۰ بتاگلوکاناز، ۳۵ گالاکتوزیداز و ۱۱۰ گالاکتوماناز	۱۵۰ زایلاناز، ۱۱۰ بتاگلوکاناز، ۳/۵ گالاکتوزیداز و ۱۱ گالاکتوماناز

* – یک واحد مقدار آنزیمی است که یک میکرومول قند را در هر دقیقه در pH = ۴ و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به طور کامل تجزیه کند.

ماده خشک، چربی، ماده آلی و مقدار نیتروژن فضولات و جیره آزمایشی با روش استاندارد اندازه‌گیری شد [۵]. برای تعیین انرژی خام نمونه‌های خوراک و فضولات از دستگاه بمب کالری‌متری (Gallenkamp Auto bomb, U.K.) استفاده شد. قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی گندم با روش جمع‌آوری کل فضولات با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد [۱۷]:

$$\text{قابلیت هضم ماده مغذی} = \frac{\left(\text{مقدار ماده مغذی در فضولات}\right) - \left(\text{مقدار مصرف ماده مغذی}\right)}{\left(\text{مقدار مصرف ماده مغذی}\right)} \times 100$$

رابطه (۱)

مقادیر انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری و انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری تصحیح شده برای نیتروژن گندم با روش جمع‌آوری کل فضولات با استفاده از روابط ۲، ۳ و ۴ محاسبه شد (۲۲):

$$AME = \frac{GEf - GEe}{Fi}$$

رابطه (۲)

رابطه (۳)

$$AMEndiet = AME - \frac{۸/۷۳ \times NR}{FI},$$

$$NR = Ni - Ne$$

رابطه (۴)

$$AMEnwheat = \frac{AMEndiet}{۰/۹۶۳}$$

در این رابطه‌ها، AME انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری (کیلوکالری در گرم)، $AMEn_{diet}$ انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری تصحیح شده برای نیتروژن جیره‌های آزمایشی (کیلوکالری در گرم)، $AMEn_{wheat}$ انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری تصحیح شده برای نیتروژن گندم، GE_f میزان انرژی خام مصرفی (کیلوکالری)، GE_e میزان انرژی خام دفعی (کیلوکالری)، F_i مقدار خوراک مصرفی (گرم)، N_i میزان نیتروژن مصرفی (گرم) و N_e میزان نیتروژن دفعی (گرم) می‌باشند.

نتایج به‌دست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۲۰۰۳) و رویه مدل عمومی خطی GLM مورد تجزیه آماری قرار گرفتند [۲۶]. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ($P<۰/۰۵$) انجام شد.

مدل ریاضی طرح آماری به شرح رابطه ۵ بود:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_{i} + \varepsilon_{ij}$$

رابطه (۵)

در این رابطه، Y_{ij} مقدار هر مشاهده، μ میانگین جامعه آماری، α_i اثر تیمار و ε_{ij} اثر خطای آزمایش می‌باشد.

نتایج و بحث

افزودن مولتی‌آنزیم‌های تجاری به جیره، قابلیت هضم ماده خشک، چربی خام، پروتئین خام و ماده آلی گندم را نسبت به گروه شاهد ($P<۰/۰۵$) افزایش دادند، ولی تفاوتی بین سطوح و نوع مولتی‌آنزیم‌ها مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۳. اثر سطوح مختلف چهار نوع مولتی‌آنزیم‌های تجاری بر قابلیت هضم مواد مغذی گندم (براساس ماده خشک) در جوجه‌های گوشتی

مولتی‌آنزیم‌های تجاری	سطح افزودن مولتی‌آنزیم‌های تجاری	قابلیت هضم مواد مغذی (٪)			
		ماده خشک	چربی	پروتئین	ماده آلی
A	۱*	۷۴/۶۱^{a}	۷۴/۱۱^{a}	۷۵/۰۸^{a}	۷۳/۶۶^{a}
	۲**	۷۵/۰۱^{a}	۷۶/۴۰^{a}	۷۵/۶۹^{a}	۷۴/۰۷^{a}
B	۱	۷۴/۴۲^{a}	۷۲/۴۰^{a}	۷۲/۴۳^{a}	۷۳/۸۴^{a}
	۲	۷۴/۵۲^{a}	۷۲/۶۰^{a}	۷۲/۸۰^{a}	۷۳/۸۱^{a}
C	۱	۷۴/۲۱^{a}	۷۱/۷۰^{a}	۷۲/۳۴^{a}	۷۳/۳۰^{a}
	۲	۷۴/۱۷^{a}	۷۱/۸۰^{a}	۷۲/۳۰^{a}	۷۳/۳۰^{a}
D	۱	۷۴/۱۵^{a}	۷۲/۹۰^{a}	۷۳/۴۸^{a}	۷۳/۵۸^{a}
	۲	۷۴/۱۳^{a}	۷۳/۶۶^{a}	۷۴/۰۶^{a}	۷۳/۴۵^{a}
بدون افزودن مولتی‌آنزیم‌های تجاری		۷۱/۳۳^{b}	۶۶/۹۰^{b}	۶۷/۶۳^{b}	۷۰/۴۱^{b}
خطای استاندارد میانگین‌ها		۲/۷۹	۲/۹۴	۲/۷۸	۱/۸۰
سطح احتمال معنی‌داری		۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳

* – سطح مولتی‌آنزیم تجاری توصیه شده توسط شرکت سازنده، ** – دو برابر سطح مولتی‌آنزیم تجاری توصیه شده توسط شرکت سازنده
a-b– تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حرف غیرمشابه معنی‌دار است (P< ۰/۰۵).

بهبود قابلیت هضم ماده خشک در اثر افزودن مولتی‌آنزیم‌های تجاری در این آزمایش با نتایج گزارش شده توسط سایر محققین مطابقت دارد. با افزودن آنزیم زایلاناز به جیره بر پایه گندم قابلیت هضم ماده خشک جیره ۲/۷ درصد [۱۹] و افزودن مولتی‌آنزیم به جیره بر پایه گندم سبب افزایش قابلیت هضم ماده خشک ۱۱/۰۶ درصد بهبود می‌یابد [۱۴].

با افزودن مولتی‌آنزیم‌های مختلف در یک یا دو برابر مقادیر توصیه شده قابلیت هضم چربی گندم افزایش یافته است (جدول ۳). افزایش پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای جیره باعث افزایش ویسکوزیته محتویات دستگاه گوارش و نفوذ عوامل باکتریایی به بخش‌های فوقانی روده می‌شود. میکروب‌ها با دکنژوگه کردن نمک‌های صفراوی باعث کاهش هضم و جذب می‌شوند. لذا پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای می‌توانند به آنزیم‌های گوارشی متصل و موجب ناکارایی و یا کاهش فعالیت آنها شوند [۱۳ و ۲۱]. افزودن مولتی‌آنزیم‌های تجاری باعث هیدرولیز پلی‌ساکاریدهای محلول شده و ویسکوزیته شیرابه هضمی کاهش می‌یابد، این امر می‌تواند مکانیسم اصلی افزایش قابلیت هضم چربی در جیره‌های بر پایه گندم در اثر افزودن مولتی‌آنزیم‌ها باشد [۲۳].

با افزودن مولتی‌آنزیم‌های مختلف در یک یا دو برابر مقادیر توصیه شده قابلیت هضم پروتئین گندم افزایش یافته است (جدول ۳). نتایج به‌دست آمده در این تحقیق با نتایج دیگران مطابقت دارد، با افزودن مولتی‌آنزیم (اندوفید) به جیره‌ی بر پایه تریتیکاله قابلیت هضم پروتئین بهبود می‌یابد [۲۱]. افزودن مولتی‌آنزیم (آمیلاز و زایلاناز) به جیره ذرت–سویا باعث بهبود قابلیت هضم پروتئین و

اسیدهای آمینه در جوجه‌های گوشتی شده است [۲۵]. همچنین، افزودن مولتی‌آنزیم (آمیلاز و زایلاناز و پروتئاز) به جیره ذرت-سویا در جوجه‌های گوشتی (در سن ۲۱روزگی) سبب بهبود در قابلیت هضم پروتئین و اسیدهای آمینه شده است [۲۴]. پروتئاز با هیدرولیز مستقیم پروتئین باعث افزایش قابلیت هضم پروتئین می‌شود. قابلیت هضم پروتئین و اسید آمینه در اثر افزودن مولتی‌آنزیم (آمیلاز و زایلاناز و پروتئاز) به جیره ذرت-سویا در مقایسه با افزودن آنزیم‌های آمیلاز و زایلاناز به تنهایی به جیره در جوجه‌های گوشتی بالاتر است [۲۳]. بهبود هضم و ابقاء پروتئین با افزودن کربوهیدرازها به جیره بر پایه گندم، ممکن است درنتیجه کاهش اتلاف اسید آمینه، درنتیجه حذف اثرات نامطلوب پنتوزان‌های گندم باشد. آرابینوزایلان و بتاگلوکان توسط زایلاناز و بتاگلوکاناز هیدرولیز می‌شود. پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای دیواره سلولی پروتئین را کپسوله می‌کنند، افزودن آنزیم‌های شکننده دیواره سلولی باعث آزادسازی پروتئین می‌شود این عمل عمدتاً به دلیل شکستن ترکیبات اندوسپرم دیواره سلولی است که منجر به هضم بیشتر پروتئین در روده می‌شود [۴].

با افزودن مولتی‌آنزیم‌های مختلف در یک یا دو برابر مقادیر توصیه شده قابلیت هضم ماده آلی گندم از ۷۰/۴۱ درصد (بدون افزودن مولتی‌آنزیم) به ۷۲/۳ تا ۷۴/۰۷ درصد افزایش یافته است (جدول ۳). بالا بودن قابلیت هضم ماده آلی در پرنده نشان‌دهنده بالا بودن قابلیت هضم مواد مغذی موجود در جیره می‌باشد. جوجه‌ها قادر نیستند آنزیم تجزیه‌کننده پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای را ترشح کنند و به‌طور موثر از مواد مغذی محصور توسط آنها استفاده کنند، درحالی‌که با افزودن مولتی‌آنزیم‌های تجاری به جیره‌های بر پایه گندم تا حدودی ملکول‌های بزرگ پلی‌ساکارید به ملکول‌های کوچکتر حتی به الیگوساکاریدها تجزیه می‌شوند و توسط پرنده مورد استفاده قرار می‌گیرند [۸]. تغذیه زایلاناز به تنهایی یا در ترکیب با دیگر آنزیم‌های اگزوژنوس نظیر پروتئاز سبب افزایش قابلیت دسترسی به مواد مغذی و کاهش دفع مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی می‌گردد [۳].

افزایش سطح مولتی آنزیم‌های مختلف از مقدار توصیه شده توسط شرکت سازنده به دو برابر آن افزایش معنی‌داری در قابلیت هضم مواد مغذی نداشت. افزودن سطوح مختلف آنزیم اندوفید (۳۰۰ و ۶۰۰ گرم در تن) به جیره، اثر معنی‌داری بر قابلیت هضم پروتئین خام، چربی خام، ماده آلی و نشاسته نداشت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد، اما افزودن سطح آنزیم اندوزایلاناز (۲۰۰، ۵۰۰ و ۲۰۰۰ واحد آنزیم در کیلوگرم جیره) درصد ابقای ازت را به‌طور معنی‌داری بهبود داد [۴]. همچنین، با افزایش سطح مولتی‌آنزیم (۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) قابلیت هضم پروتئین در جوجه‌های گوشتی در سن ۲۱ روزگی به‌طور خطی افزایش یافته است [۲۹]. با افزودن چهار سطح مختلف آنزیم به جیره حاوی ۸۰ درصد گندم در جوجه‌های گوشتی قابلیت هضم پروتئین و چربی به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است [۲۷]. ممکن است عکس‌العمل به افزودن آنزیم در جیره‌های حاوی گندم تابع زمان برداشت گندم و رقم آن باشد [۲]. این تفاوت‌ها ممکن است دلیل تفاوت در ترکیب غله مورد آزمایش، ترکیب جیره آزمایشی، سنین متفاوت پرندگان مورد آزمایش و ترکیب مولتی‌آنزیم‌های تجاری باشد. بنابراین استفاده از مولتی‌آنزیم در جیره با توجه به مقدار اندک آن نیاز به مدیریت دقیق دارد و توجه به ترکیب جیره، نوع آنزیم‌ها، سن پرنده و میزان فعالیت آنزیم‌ها در کیلوگرم خوراک برای دستیابی به حداکثر بازدهی ضروری است.

جدول ۴. اثر سطوح مختلف چهار نوع مولتی‌آنزیم تجاری بر انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری گندم (براساس ماده خشک) در جوجه‌های گوشتی

مولتی‌آنزیم‌های تجاری	سطح افزودن مولتی آنزیم‌های تجاری	AME	AMEn	تغییر AME_n نسبت به جیره پایه
			..... Kcal/kg	.....
A	*۱	۳۲۹۲[a]	۳۲۷۹[a]	+۱۱۹
	**۲	۳۲۹۸[a]	۳۲۸۵[a]	+۱۲۵
B	۱	۳۲۴۷[a]	۳۲۳۵[a]	+۷۵
	۲	۳۲۴۹[a]	۳۲۳۷[a]	+۷۷
C	۱	۳۲۴۲[a]	۳۲۳۰[a]	+۷۰
	۲	۳۲۴۶[a]	۳۲۳۰[a]	+۷۱
D	۱	۳۲۴۹[a]	۳۲۳۶[a]	+۷۶
	۲	۳۲۵۴[a]	۳۲۴۱[a]	+۸۱
بدون افزودن مولتی‌آنزیم‌های تجاری		۳۱۶۵[b]	۳۱۶۰[b]	-
خطای استاندارد		۴۱/۷۴	۴۱/۲۶	–
سطح احتمال معنی‌داری		۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	–

* – سطح مولتی‌آنزیم تجاری توصیه شده توسط شرکت سازنده

** – دو برابر سطح مولتی‌آنزیم تجاری توصیه شده توسط شرکت سازنده

a-b– تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حرف غیرمشابه معنی‌دار است (P< ۰/۰۵).

باتوجه به نتایج به‌دست آمده احتمالاً برای بهبود قابلیت هضم مواد مغذی گندم سطح توصیه شده آنزیم A با میزان فعالیت ۳۰۰ زایلاناز و ۱۱۰ بتاگلوکاناز در کیلوگرم خوراک برای ایجاد یک روزنه کوچک برای ورود آنزیم‌های هضمی به داخل سلول‌های گندم، تجزیه سوبسترا، خروج محتویات هضمی و بهبود قابلیت هضم گندم کافی باشد. زایلاناز خالص به تنهایی برابر یا بهتر از مخلوط کمپلکس آنزیمی تجزیه کننده دیواره سلولی برای افزایش عملکرد جوجه‌های گوشتی است [۱۵].

اثر افزودن چهار نوع مولتی‌آنزیم تجاری در یک یا دو برابر مقادیر توصیه شده بر انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری تصحیح شده برای نیتروژن (AMEn) گندم در جوجه‌های گوشتی در جدول ۴ گزارش شده است. مولتی‌آنزیم‌های تجاری مختلف، AME_n گندم را به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) افزایش دادند، ولی تفاوت معنی‌داری بین اثر یک یا دو برابر توصیه شده مولتی‌آنزیم‌ها و یا چهار نوع مولتی‌آنزیم مشاهده نشد. بنابراین بدون درنظر گرفتن نوع و میزان فعالیت آنزیم‌ها، مولتی‌آنزیم‌های تجاری سبب بهبود بهره‌وری، معادل ۷۰ الی ۱۲۰ کیلوکالری به ازای هر کیلوگرم گندم در جوجه‌های گوشتی می‌شود.

نتایج حاصل از آزمایش‌های زیادی نشان‌دهنده بهبود انرژی قابل سوخت وساز غلات در جوجه‌های جوان در صورت استفاده از آنزیم می‌باشد [۱ و ۲]. افزودن آنزیم زایلاناز به جیره‌های بر پایه گندم بر اثرات نامطلوب پلی-ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای غلبه کرده و انرژی قابل متابولیسم ظاهری را در جوجه‌های گوشتی بهبود می‌بخشد [۱۲]. تفاوت قابل توجه‌ای میان مولتی‌آنزیم‌های مختلف تجاری مورد آزمایش در بهبود انرژی قابل سوخت وساز ظاهری و قابلیت هضم مواد مغذی گندم وجود نداشت که با نتایج دیگر تحقیقات مطابقت دارد [۱۸]. دیواره سلولی به صورت سد فیزیکی در برابر آنزیم‌های داخلی عمل کرده و بهره‌وری از نشاسته و پروتئین و سایر مواد مغذی محصور شده داخل خود را کاهش می‌دهند [۱۶]. پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای اثرات زیان‌آوری بر انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری در جوجه‌های گوشتی دارند. این پیامدهای کاهنده ممکن است به دلیل تغییر فیزیولوژی دستگاه گوارش، تغییر اکوسیستم روده و تغییر زمان عبور مواد مغذی از روده باشد [۲۰]. هرچند در اکثر منابع نقش ویسکوزیته مواد هضمی در دستگاه گوارش به عنوان مهمترین عامل مؤثر بر انرژی قابل سوخت وساز ظاهری در جیره بر پایه غلات گزارش شده است. زمانی که پرندگان با مواد خوراکی حاوی پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول بالا تغذیه می‌شوند، در محیط دستگاه گوارش به‌خصوص روده کوچک یک شرایط فیزیکی چسبنده ایجاد می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش واکنش آنزیم‌ها با سوبسترا و افزایش ضخامت لایه آب ساکن در مجاورت پرزهای مخاط و درنتیجه کاهش قابلیت هضم و جذب مواد مغذی و انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری در جوجه‌های گوشتی شود [۹، ۱۰ و ۱۱]. افزودن آنزیم به جیره بر پایه گندم باعث افزایش انرژی قابل متابولیسم می‌شود که ممکن است به دلیل تأثیر آنزیم بر تجزیه دیواره سلولی و کمک به هضم مواد مغذی موجود در سلول باشد.

افزایش مقدار مولتی‌آنزیم‌های مختلف تا دو برابر سطح توصیه شده توسط شرکت سازنده آنزیم، افزایش قابل توجهی در انرژی قابل سوخت وساز ظاهری نشان نداد که با نتایج دیگر تحقیقات مطابقت دارد [۲۹]. افزودن سطوح مختلف آنزیم اندوفید (۳۰۰ و ۶۰۰ گرم در تن) به جیره، اثر معنی‌داری بر مقدار انرژی قابل سوخت وساز ظاهری نداشت، اما با افزایش سطوح آنزیم اندوزایلاناز (۲۰۰، ۵۰۰ و ۲۰۰۰ واحد آنزیم در کیلوگرم جیره) میزان انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری جیره به طور معنی‌داری بهبود یافت [۲]. با افزودن چهار سطح مختلف آنزیم به جیره حاوی ۸۰ درصد گندم در جوجه‌های گوشتی، انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری به طور معنی‌داری افزایش یافت [۲۷]. دلیل این تفاوت‌ها به عواملی نظیر ترکیب جیره، فرآوری جیره، استفاده از آنزیم مناسب و سن پرنده بستگی دارد [۷].

به طورکلی، مولتی‌آنزیم‌های مختلف تجاری احتمالاً اثرات نسبتاً یکسانی در بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل متابولیسم ظاهری دارند. از طرف دیگر، انواع آنزیم‌های موجود و فعالیت آنها در هر یک از مولتی-آنزیم‌های تجاری مورد استفاده در این آزمایش کاملاً متفاوت و حتی فعالیت آنها در بعضی از مولتی آنزیم‌ها چندین برابر دیگری گزارش شده است. بنابراین به نظر می‌رسد که احتمالاً نمی‌توان باتوجه به گزارش‌های نوع و فعالیت آنزیم‌ها توسط شرکت‌های تولیدکننده مولتی آنزیم تصمیم علمی و قاطعی برای اثربخشی آنها درنظر گرفت. این موضوع شاید مربوط به روش‌های متفاوت تعیین فعالیت آنزیم‌ها توسط شرکت‌های تولیدکننده باشد. لذا عامل انتخاب هر کدام از آنها بستگی به قیمت، سهولت دسترسی، نوع جیره و سایر شرایط موجود دارد.

منابع

۱. زرقی ح، گلیان ا، کرمانشاهی ح و عاقل ح (۱۳۸۹) اثر مکمل آنزیمی بر انرژی قابل متابولیسم ذرت، گندم و تریتیکاله با استفاده از روش‌های جمع‌آوری کل فضولات و نشانگر در جوجه‌های گوشتی. پژوهش‌های علوم دامی. ۳: ۱۱۲-۱۰۵.

۲. کریمی ا، اسکات ت، کامیاب ع، نیکخواه ع و مرادی م (۱۳۸۱) اثر عمل‌آوری، سطح آنزیم و افزودن آنتی‌بیوتیک به جیره گندم‌دار بر روی مقدار انرژی قابل متابولیسم ظاهری، عملکرد و توسعه دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی نر. علوم کشاورزی ایران. ۳۳: ۴۳۱-۴۲۱.

3. Adeola O and Cowieson AJ (2011) Board-invited review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve non-ruminant animal production. Journal of Animal Science. 89: 3189-3218.

4. Angkanaporn K, Choct M, Bryden WL, Annison EF and Annison G (1994) Effects of wheat pentosanase on endogenous amino-acid losses in chickens. Journal of the Science of Food and Agriculture. 66: 399-404.

5. AOAC (1990) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. USA.

6. Bedford MR and Apajalahti J (2001) Microbial interactions in the response to exogenous enzyme utilization. Enzymes in Farm Animal Nutrition. Pp. 299-315 (CAB International North America).

7. Bedford MR and Classen HL (1992) Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosan concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks. Journal of Nutrition. 122: 560-569.

8. Bedford MR (1995) Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. Animal Feed Science and Technology. 53: 145-155.

9. Choct M and Annison G (1992) The inhibition of nutrient digestion by wheat pentosans. British Journal of Nutrition. 67: 123-132.

10. Choct M, Huges RJ, Trimble RP, Angkanaporn K and Annison G (1995) Non-starch polysaccharide-degrading enzymes increase the performance of broiler chickens fed wheat and low apparent metabolisable energy. Journal of Nutrition. 125: 485-492.

11. Choct M and Annison G (1992) Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: Roles of viscosity and gut microflora. British Poultry Science. 33: 821-834.

12. Crouch AN, Grimes JL, Ferket PR and Thomas LN (1997) Enzyme supplementation to enhance wheat utilization in starter diets for broilers and turkeys. Journal Applied Poultry Research. 6: 147-154.

13. Engberg RM, Hedemann MS, Steenfeldt S and Jensen BB (2004) Influence of whole wheat and xylanase on broiler performance and microbial composition and activity in the digestive tract. Poultry Science. 83: 925-938.

14. Esmaeilipour O, Moravej H, Shivazad M, Rezaian M, Aminzadeh S and Van Krimpen M (2012) Effects of diet acidification and xylanase supplementation on performance, nutrient digestibility, duodenal histology and gut microflora of broilers fed wheat based diet. British Poultry Science. 53: 235-244.

15. Fowan WD, Jorgensen OB, Rasmussen PB and Wagner P (1993) Role of single activity xylanase enzyme omponents in improving feed performance in wheat based poultry diets. Agro-Food Industry Hi-Tech. Pp. 11-14.

16. Hesselman K and Aman P (1986) The effect of β-glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chickens fed on barley of low or high viscosity. Animal Feed Science and Technology. 15: 83-93.

17. Hughes RJ (2008) Relationship between digesta transit time and apparent metabolisable energy value of wheat in chickens. British Poultry Science. 49(6): 716-720.

18. Kalmendal R and Tauson R (2012) Effects of a xylanase and protease, individually or in combination, and an ionophorecoccidiostat on performance, nutrient utilization, and intestinal morphology in broiler chickens fed a wheat-soybean meal-based diet. Poultry Science. 91: 1387-1393.

19. Kiarie E, Romero LF and Ravindran V (2014) Growth performance, nutrient utilization, and digesta characteristics in broiler chickens fed corn or wheat diets without or with supplemental xylanase. Poultry Science. 93: 1186-1196.

20. McNab JM and Boorman KN (2002) Poultry feedstuffs: supply, composition, and nutritive value. CAB International Publisher.

21. Pourreza J, Samie AH and Rowghani E (2007) Effect of supplementation enzyme on nutrient digestibility and performance of broiler chicks fed diets containing triticale. International Journal of Poultry Science. 6 (2): 115-117.

22. Ravindran V, Tilman ZV, Morel PCH, Ravindran G and Coles GD (2007) Influence of β-glucanase supplementation on the metabolisable energy and ileal nutrient digestibility of normal starch and waxy barleys for broiler chickens. Animal Feed Science and Technology. 134: 45-55.

23. Rodriguez ML, Rebole A, Velasco S, Ortiz LT, Trevino J and Alzueta C (2012) Wheat- and barley-based diets with or without additives influence broiler chicken performance, nutrient digestibility and intestinal microflora. Journal of the Science of Food and Agriculture. 92: 184-190.

24. Romero LF, Sands JS, Indrakumar SE, Plumstead PW, Dalsgaard S and Ravindran V (2014) Contribution of protein, starch, and fat to the apparent ileal digestible energy of corn- and wheat-based broiler diets in response to exogenous xylanase and amylase without or with protease. Poultry Science. 93: 2501-2513.

25. Rutherfurd SM, Chung TK and Moughan PJ (2007) The effect of a commercial enzyme preparation on apparent metabolizable energy, the true ileal amino acid digestibility, and endogenous ileal lysine losses in broiler chickens. Poultry Science. 86: 665-672.

26. SAS Institute (2003) SAS User's Guide: Statistics. Version 9.1 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

27. Steenfeldet S, Mullertz A and Jensen JF (1998) Enzyme supplementation of wheat based diets for broilers. Animal Feed Science and Technology. 75: 27-43.

28. Van Beilen JB and Li Z (2002) Enzyme technology: an overview. Current Opinion in Biotechnology. 13: 338-344.

29. Wang ZR, Qiao SY, Lu WQ and Li DF (2005) Effects of enzyme supplementation on performance, nutrient digestibility, gastrointestinal morphology and volatile fatty acid profiles in the hindgut of broilers fed wheat-based diets. Poultry Science. 84: 875-881.