نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، ص. ۱۱۲-۱۰۵

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 3, No. 2, Summer 2011, p. 105-112

# اثر مکمل آنزیمی بر انرژی قابل متابولیسم ذرت، گندم و تریتیکاله با استفاده از روش‌های جمع آوری کل مدفوع و نشانگر در جوجه‌های گوشتی

حیدر زرقی[1*]- ابوالقاسم گلیان[2]- حسن کرمانشاهی[3]- حسن عاقل[4]

تاریخ دریافت:۸۹/۲/۷
تاریخ پذیرش:۸۹/۱۲/۱

## چکیده

این مطالعه با استفاده از ۱۲۰ قطعه جوجه گوشتی نر در سن ۲۳-۲۰ روزگی به منظور بررسی اثر مکمل آنزیمی زایلاناز-بتاگلوکاناز بر میزان انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت ذرت، گندم و تریتیکاله در جوجه‌های گوشتی و مقایسه دو روش جمع آوری کل مدفوع و یا استفاده از نشانگر در جیره و مدفوع انجام شد. میزان انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت ذرت، گندم و تریتیکاله به ترتیب ۹۰± ۳۴۸۰، ۶۱± ۳۲۶۳ و ۵۴± ۳۲۶۰ کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک بدست آمد. افزودن مکمل آنزیمی زایلاناز-بتاگلوکاناز باعث افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۵) انرژی قابل متابولیسم گندم و تریتیکاله به ترتیب به میزان ۴/۸۲ و ۴/۷۸ درصد شد. روش جمع آوری کل مدفوع و یا استفاده از نشانگر بر میزان انرژی قابل متابولیسم اثر معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). نتایج این بررسی نشان داد که تریتیکاله دارای انرژی قابل متابولیسم ظاهری معادل گندم بوده و استفاده از مکمل‌های آنزیمی باعث بهبود بهره‌وری از انرژی گندم و تریتیکاله در جوجه‌های گوشتی می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** انرژی قابل متابولیسم ظاهری، ذرت، گندم، تریتیکاله، آنزیم، جوجه‌های گوشتی

## مقدمه

انرژی جزء مهمی از جیره طیور بوده که عمدتاً از دانه غلات حاصل می‌شود. سیبالد (۴۵)، گزارش کرد تامین انرژی جیره حدود ۴۰ درصد هزینه تولید را به صنعت پرورش طیور تحمیل می‌نماید، بنابراین تعیین انرژی مواد خوراکی به منظور تنظیم صحیح جیره بسیار مهم است. تمام انرژی موجود در منابع خوراکی برای طیور قابل دسترس نمی‌باشد، لذا مقدار انرژی قابل متابولیسم مواد خوراکی باید از طریق آزمایش‌های بیولوژیکی برآورد شود (۴۳). انرژی قابل متابولیسم نشان دهنده انرژی مصرفی در فرآیندهای متابولیکی پرنده می باشد. سنجش این انرژی بر پایه روش تعادلی استوار است که در آن میزان انرژی مصرفی در طی یک دوره زمانی و انرژی دفع شده از طریق فضولات در طی همان مدت اندازه‌گیری می‌شود (۱).

دانه غلات به ویژه ذرت و گندم منابع اصلی تامین انرژی در جیره طیور بوده و بیش‌ترین سهم را در جیره مصرفی طیور به خود اختصاص می‌دهند (۴۲)، استفاده از گندم در جیره طیور حائز اهمیت است زیرا حاوی نشاسته و پروتئین بالایی بوده و می‌تواند به تنهایی بخش غله جیره را پوشش دهد (۲۴). به طوری که، در سطح جهانی گندم بعد از ذرت دومین جایگاه را در بین دانه‌های خوراکی برای استفاده در تغذیه طیور دارد (۲۳). امّا بر روی مصرف این اقلام خوراکی بین انسان و حیوانات تک معده‌ای رقابت وجود دارد (۳۱). تریتیکاله یک غله جایگزین است که از تلاقی گندم و چاودار به منظور بهره‌گیری از خصوصیات خوراکی گندم و مقاومت به بیماری‌ها، خشکی و شرایط سخت چاودار ایجاد شده است (۱۳). مشکلات تغذیه‌ای تریتیکاله بیشتر به پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای آن مربوط است، به طوری که استفاده از تریتیکاله در تغذیه طیور به دلیل وجود پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای، به خصوص زایلان‌ها و آرابینوزایلان-ها محدود می باشد. نتایج آزمایش‌های انجام شده نشان داده است می‌توان از تریتیکاله تا حدود ۴۰ درصد جیره بدون تاثیر منفی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی استفاده نمود (۸، ۵۲ و ۵۵).

یکی از محدودیت‌های طیور در هضم مواد خوراکی عدم تولید

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادان گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: hzarghi@yahoo.com)
۴- استادیار گروه ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

آنزیم‌های موثر بر هضم فیبر در دستگاه گوارش است. بنابراین دیواره سلولی غلات از تماس آنزیم‌های هضمی با مواد مغذی موجود در سلول‌ها ممانعت کرده و باعث توقف و یا تاخیر هضم مواد مغذی در قسمت انتهایی دوازدهه می‌شود. پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای، بخش عمده کربوهیدرات‌های دیواره سلولی غلات را تشکیل داده و در دانه‌های گندم، تریتیکاله و چاودار به طور غالب شامل آرابینوزایلان‌ها می‌باشند (۱۵). آرابینوزایلان‌ها موجب افزایش ویسکوزیته محتویات دستگاه گوارش شده و قابلیت بهره‌وری از مواد مغذی را کاهش می‌دهند. آنیسون (۶)، همبستگی منفی بالایی را بین انرژی قابل متابولیسم ظاهری ارقام گندم و سطح پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول در آب آن‌ها نشان داد. با افزودن مکمل‌های آنزیمی حاوی زایلاناز به جیره مصرفی جوجه‌های گوشتی ویسکوزیته محتویات دستگاه گوارش کاهش یافته و قابلیت هضم مواد مغذی (نشاسته، پروتئین و چربی) و انرژی قابل متابولیسم افزایش می‌یابد (۶ و ۱۰). در سال‌های اخیر افزودن مکمل‌های آنزیمی به جیره حیوانات تک معده‌ای مثل طیور گسترش یافته است به طوری که برآورد می‌شود حدود ۶۵ درصد جیره‌های مورد استفاده در تغذیه طیور محتوی آنزیم هستند (۵۰).

تحقیق حاضر برای تعیین اثر مکمل آنزیمی زایلاناز-بتاگلوکاناز بر میزان انرژی قابل متابولیسم ظاهری ذرت، گندم و تریتیکاله به روش جمع آوری کل مدفوع و استفاده از نشانگر اکسید کرم در جیره و مدفوع در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

در این آزمایش مقادیر انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت ($AME_n$) ذرت، گندم و تریتیکاله با و بدون افزودن مکمل آنزیمی زایلاناز-بتاگلوکاناز با استفاده از روش جمع‌آوری کل و نشانگر در مدفوع تعیین شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۶ تیمار (۳ نمونه خوراک با آنزیم و بدون آنزیم) با ۵ تکرار بود. برای این منظور ۲۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ یک روزه از موسسه جوجه کشی تجاری تهیه شد. جوجه‌ها تا سن ۱۰ روزگی بر روی بستر تحت شرایط کنترل شده محیطی نگهداری شدند و سپس ۱۸۰ قطعه از آن‌ها به طور تصادفی به ۳۰ گروه ۶ تایی تقسیم و به ۳۰ قفس متابولیکی مخصوص پرورش جوجه با قابلیت جمع آوری مدفوع منتقل شدند. هر قفس دارای ۲۵۰۰ سانتی متر مربع مساحت کف و مجهز به یک دان‌خوری ناودانی و یک آب‌خوری کله قندی (گنبدی شکل) و سینی کشویی گالوانیزه جمع آوری کود بود. دمای سالن پرورش در زمان ورود جوجه‌ها ۳۲ درجه سانتی گراد تنظیم شد و پس از ۷۲ ساعت هر هفته ۲/۵ درجه سانتیگراد دمای سالن کاهش یافت. همچنین در ۳ روز نخست ۲۴ ساعت روشنایی و سپس برنامه ۲۳ ساعت نور و ۱ ساعت خاموشی تا پایان آزمایش اعمال شد. جوجه ها از ۱ تا ۱۶ روزگی با جیره آغازین تجاری،۲۲ درصد پروتئین خام و ۲۹۰۰ کیلو کالری انرژی متابولیسمی، بر اساس حداقل مقادیر احتیاجات توصیه شده توسط راهنمای شرکت راس ۳۰۸ سال ۲۰۰۷ تغذیه شدند. در ۱۷ روزگی جوجه‌های هر قفس به طور گروهی توزین و تعداد ۴ قطعه جوجه در هر قفس تثبیت شد به نحوی که میانگین وزن تمام واحدهای آزمایشی مساوی باشد. جیره‌های آزمایشی (جدول ۱) به نحوی تنظیم شدندکه نمونه غلات مورد آزمایش تنها منبع تامین کننده انرژی جیره باشد (۳۸). سپس به تیمارهای با آنزیم مقدار ۵۰۰ گرم در تن (حداکثر میزان توصیه شده توسط شرکت سازنده) مکمل آنزیمی، حاوی ۱۲۰۰ واحد زایلاناز و ۴۴۰ واحد بتاگلوکاناز در گرم، اضافه شد. همچنین برای تعیین انرژی قابل متابولیسم ظاهری با استفاده از نشانگر، مقدار ۰/۳ درصد اکسید کرم به هریک از جیره‌ها افزوده شد. جوجه‌ها به مدت ۷ روز از جیره‌های آزمایشی تغذیه شدندکه ۳ روز اول (۱۹-۱۷) به منظور دوره عادت پذیری و ۴ روز بعد (۲۳-۲۰) به عنوان دوره رکورد خوراک و جمع آوری کود در نظر گرفته شد. در دوره جمع آوری کود، پس از اعمال ۱۲ ساعت محرومیت از غذا سینی‌های مخصوص جمع آوری فضولات در زیر قفس‌ها قرار گرفتند. جوجه‌ها به مدت ۳ روز کامل به صورت آزاد با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند و پس از اعمال ۱۲ ساعت محرومیت از غذا سینی‌های جمع آوری کود برداشته شدند. مقدار جیره مصرفی جوجه‌های هر قفس در ۳ روز آزمایش با کسر جیره باقی مانده از جیره داده شده تعیین شد. از جیره‌های آزمایشی برای تعیین اکسید کرم، انرژی خام و میزان ازت نمونه تهیه شد. فضولات دفعی به مدت ۴۸ ساعت در جریان هوای ملایم اتاق قرار گرفته و سپس داخل آون در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. مدفوع خشک شده ۲ ساعت در شرایط آزمایشگاهی قرار داده شد تا با شرایط محیط به تعادل برسد سپس فلس، پر و سایر ضایعات احتمالی جدا و وزن کل فضولات دفع شده هر قفس تعیین و از فضولات برای تعیین اکسید کرم، انرژی خام و میزان ازت نمونه تهیه شد.

### تجزیه‌های آزمایشگاهی

ترکیب شیمیایی نمونه‌های غلات (ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام) و مقدار ازت نمونه‌های فضولات و جیره‌های آزمایشی طبق روش‌های متداول AOAC (۱۹۹۰) تعیین شد. برای تعیین انرژی خام نمونه‌های غلات، جیره‌های آزمایشی و فضولات از بمب کالریمتر (مدل PARR 1261,) استفاده شد. مقدار اکسید کرم به روش فنتون و فنتون (۱۹)، تعیین شد. تمامی داده‌ها بر اساس ماده خشک گزارش شدند.

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده جیره های مورد استفاده در آزمایش[۱]

| اجزای جیره | g/ kg | g/ kg | g/ kg |
|---|---|---|---|
| ذرت | ۹۶۰ | – | – |
| گندم | – | ۹۶۰ | – |
| تریتیکاله | – | – | ۹۶۰ |
| کربنات کلسیم | ۱۱ | ۱۱ | ۱۱ |
| دی کلسیم فسفات | ۱۹ | ۱۹ | ۱۹ |
| نمک | ۲ | ۲ | ۲ |
| اکسید کرم | ۳ | ۳ | ۳ |
| مکمل ویتامینه+ معدنی[۲] | ۵ | ۵ | ۵ |

۱- هر یک از سه جیره به دو قسمت تقسیم و به یک قسمت آن مقدار ۵۰۰ گرم در تن مکمل آنزیمی، حاوی ۱۲۰۰ واحد زایلاناز و ۴۴۰ واحد بتاگلوکاناز در گرم، و به قسمت بدون آنزیم ۵۰۰ گرم در تن سبوس گندم اضافه شد.

۲- هر کیلوگرم جیره حاوی ۱۱۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۱۸۰۰ واحد بین المللی ویتامین $D_3$، ۳۶ میلی گرم ویتامین E، ۵ میلی گرم ویتامین $K_3$، ۱/۵۳ میلی گرم تیامین، ۷/۵ میلی گرم ریبوفلاوین، ۱۲/۲۴ میلی گرم اسید پانتوتنیک، ۳۰/۴ میلی گرم نیاسین، ۱/۵۳ میلی گرم پیریدوکسین، ۱/۶ میلی گرم 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.

### محاسبات

مقادیر انرژی قابل متابولیسم ظاهری جیره‌ها و نمونه‌های غلات در روش‌های جمع آوری کل مدفوع و یا استفاده از نشانگر از طریق معادلات زیر بدست آمدند (۳۸).

$$FI/AME_{diet} = \{(FI \times GE_{diet}) - (Excreta \times GE_{excreta})\}$$

$AME_{diet}$: انرژی قابل متابولیسم ظاهری جیره (k cal/g)

$GE_{diet}$: انرژی خام جیره (kcal/ g)

$GE_{excreta}$: انرژی خام فضولات (kcal/ g)

$N_{diet}$: نیتروژن جیره (٪)

$AME_{n\ diet}$: انرژی قابل متابولیسم ظاهری با صحیح ازت جیره

Dietary cereal level: میزان غلات در جیره

$$AME_{diet} = GE_{diet} - \{GE_{excreta} \times (Marker_{diet} / Marker_{excreta})\}$$

$$ANR = (FI \times N_{diet}) - (Excreta \times N_{excreta})$$

$$AME_{n\ diet} = AME - (ANR \times 8.72 / FI)$$

$$AME_{n\ cereal} = AME_{n\ diet} / Dietary\ Cereal\ Level$$

که در این فرمول‌ها:

FI: مقدار جیره مصرفی (g)

Excreta: مقدار فضولات دفعی (g)

ANR: مقدار نیتروژن ابقاء شده ظاهری (g)

$N_{excreta}$: نیتروژن فضولات (٪)

$AME_{n\ cereal}$: انرژی قابل متابولیسم ظاهری با تصحیح ازت غلات مورد آزمایش

### آنالیز آماری

نتایج بدست آمده از آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی، با استفاده از نرم افزار آماری SAS و رویه مدل عمومی خطی GLM مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ($P<0/05$) انجام شد.

## نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی نمونه‌های ذرت، گندم و تریتیکاله در جدول ۲ گزارش شده است. با بررسی نتایج مشاهده می‌شود ذرت در مقایسه با گندم و تریتیکاله کمترین میزان پروتئین خام و فیبر خام و بالاترین میزان چربی خام، عصاره عاری از ازت و انرژی خام را دارا است. مقادیر عددی ترکیب شیمیایی گندم بین ذرت و تریتیکاله بوده و در بیشتر موارد به تریتیکاله نزدیک‌تر است. ترکیب شیمیایی نمونه‌های غلات مورد استفاده در این مطالعه در محدوده سایر گزارش‌ها است (۳۰،۲، ۳۴، ۳۵ و۵۲).

میانگین $AME_n$ بدست آمده از آزمایش برای غلات مورد آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. میزان $AME_n$ بدست آمده برای ذرت به طور معنی داری از میزان $AME_n$ بدست آمده برای گندم و تریتیکاله بیشتر است ($P< ۰/۰۵$). میانگین $AME_n$ ذرت در این آزمایش ۹۰± ۳۴۸۰ کیلو کالری در کیلوگرم بدست آمد. نتیجه بدست آمده کمتر از مقدار گزارش شده توسط هگس و چاکت (۲۸)، و مقدار عددی گزارش شده درجدول تجزیه مواد خوراکی انجمن ملی تحقیقات طیور (NRC, 1994) است. میانگین $AME_n$ گندم در این

آزمایش ۶۱± ۳۲۶۳ کیلوکالری در کیلوگرم بدست آمد، که این مقدار کمتر از مقدار گزارش شده در جدول تجزیه مواد خوراکی NRC (۳۴) است. ولی در دامنه گزارش ویسمن (۵۳)، هگس و چاکت (۲۸)، و اسکات و همکاران (۴۳)، بوده و از مقدار گزارش شده توسط پرتیلا (۳۵) بیشتر است. میانگین $AME_n$ برای تریتیکاله ۵۴± ۳۲۶۰ کیلو کالری در کیلوگرم ماده خشک بدست آمد. نتیجه بدست آمده در این آزمایش کمتر از میزان گزارش شده در جدول تجزیه مواد خوراکی NRC (۳۴) است. ولی در دامنه گزارش راندگرین (۳۹)، و هگس و چاکت (۲۸)، می‌باشد. البته نتیجه حاصل بیشتر از مقدار عددی گزارش شده توسط ویرا (۵۲)، ال اتاری و گونتر (۱۹۸۸)، و پرتیلا (۳۵)، است.

چندین عامل شیمیایی و فیزیکی روی میزان انرژی قابل متابولیسم غلات تاثیر می‌گذارند که شامل ترکیب شیمیایی، میزان پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای نامحلول (۲۸، ۳۶، ۴۸ و ۴۹)، چگالی (۳۳)، ویسکوزیته و سختی (۱۴) می‌باشد. این خصوصیات عمدتاً تحت تاثیر واریته (۳۲)، منطقه و محیط کشت محصول (۲۲)، قرار دارد.

افزودن مکمل آنزیمی زایلاناز- بتاگلوکاناز باعث افزایش معنی دار $AME_n$ نمونه‌های غلات مختلف شده ($P<0/05$) به طوری که با افزودن مکمل آنزیمی میزان انرژی قابل متابولیسم ظاهری در مجموع به میزان ۳/۴۱ درصد افزایش یافته است (جدول۳). افزودن مکمل آنزیمی زایلاناز-بتاگلوکاناز باعث افزایش معنی داری در میزان $AME_n$ گندم شد ($P<0/05$) به طوری که با افزودن مکمل آنزیمی میزان انرژی قابل متابولیسم ظاهری گندم از ۳۲۶۳ به ۳۴۲۱ کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک افزایش یافته است. نتایج حاصل از آزمایشات زیادی نشان دهنده بهبود انرژی قابل متابولیسم گندم در جوجه‌های جوان در صورت استفاده از مکمل‌های آنزیمی می‌باشد (۴، ۱۰،۶، ۲۰، ۲۷، ۴۲ و ۵۱). البته در برخی مطالعات گزارش شده است که افزودن مکمل‌های آنزیمی اثر معنی داری بر انرژی قابل متابولیسم گندم ندارد (۲۹). افزودن مکمل آنزیمی زایلاناز- بتاگلوکاناز باعث افزایش معنی داری در میزان $AME_n$ تریتیکاله شد ($P<0/05$) به طوری که با افزودن مکمل آنزیمی میزان انرژی قابل متابولیسم ظاهری تریتیکاله از ۳۲۶۰ به ۳۴۱۷ کیلوکالری در کیلو گرم افزایش یافت. نتایج حاصل مشابه گزارش‌های سایر محققین می‌باشد (۱۶، ۳۷ و ۴۴). با افزودن مکمل آنزیمی زایلاناز-بتاگلوکاناز میزان انرژی قابل متابولیسم ظاهری ذرت از ۳۴۸۰ به ۳۵۱۶ کیلوکالری در کیلوگرم افزایش یافت هر چند تغییر ایجاد شده معنی دار نبود. در دیواره سلولی اندوسپرم ذرت نیز آرابینوزایلان شاخه دار، مقادیر کمی بتاگلوکان و سلولز وجود دارد که به صورت سد فیزیکی در برابر آنزیم‌ها عمل کرده و مانع از هضم نشاسته و پروتئین محبوس می‌شود (۹).

نتایج نشان می‌دهد که میزان بهبود انرژی قابل متابولیسم تحت تاثیر استفاده از مکمل آنزیمی زایلاناز-بتاگلوکاناز در غلات مختلف متفاوت است. افزودن مکمل آنزیمی باعث بیشترین بهبود انرژی قابل متابولیسمی در گندم و تریتیکاله به ترتیب به میزان ۴/۸۷ و ۴/۸۲ درصد شده است ولی در ذرت این افزایش ۱/۰۳ درصد است. این می تواند به دلیل تنوع در ترکیب شیمیایی و مواد ضد تغذیه ای غلات مختلف باشد. نتایج حاصل توسط گزارشات سایر محققین مبنی بر این که افزودن مکمل های آنزیمی اثر مثبتی بر بهره وری از انرژی غلات حاوی پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای بالا در جوجه‌های گوشتی دارد تائید می‌شود (۴، ۱۰، ۱۷، ۲۰، ۲۱، ۲۶، ۴۳ و ۴۹).

ماده ضد تغذیه‌ای اصلی موجود در غلات شامل پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول (۴ و ۴۷) به ویژه پنتوزان‌ها است (۶). این مواد موجب افزایش ویسکوزیته محتویات دستگاه گوارش می‌شوند. تصور شده است که شرایط ایجاد شده باعث افزایش اندازه لایه ساکن سطح مخاطی دستگاه گوارش، ممانعت از نفوذ آنزیم‌های گوارشی به محوطه مجرای گوارشی، ایجاد تاخیر در مخلوط شدن اجزای خوراک با آنزیم‌های هضم کننده و نمک‌های صفراوی و ارتباط بین اجزای هضم شده و موقعیت های جذب روی لایه مخاطی روده شده، نهایتاً باعث کاهش جذب مواد مغذی از دیواره دستگاه گوارش می‌شود (۵، ۹، ۱۲ و ۴۷). افزودن آنزیم زایلاناز باعث تجزیه آرابینوزایلان‌ها به ترکیبات با وزن مولکولی کم و کاهش ویسکوزیته محتویات روده و بهبود هضم و جذب می‌شود (۱۱ و ۴۶).

میزان اختلاف بین میانگین کل $AME_n$ نمونه های مورد آزمایش هنگامی که از روش جمع آوری کل مدفوع و یا استفاده از نشانگر در جیره و مدفوع استفاده شد، ۶۵ کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک و معنی دار بود (جدول ۳). اختلاف میانگین $AME_n$ دو روش آزمایش برای تیمار گندم بدون آنزیم و تریتیکاله بدون آنزیم نزدیک صفر بود ولی در مورد سایر تیمارها در روش جمع آوری کل مدفوع به میزان ۴۵ تا ۱۰۶ کیلو کالری در کیلو گرم بیش‌تر از روش استفاده از نشانگر بود (جدول ۴). از آن جایی که نمونه‌ها و جوجه‌های مورد آزمایش در هر دو روش یکسان بودند، احتمالاً این اختلاف تا اندازه ای می‌تواند به دلیل اثر مواد ضد تغذیه‌ای موجود در غلات بر شرایط فیزیکی روده باشد که منجر به تغییر سرعت عبور محتویات دستگاه گوارش شده است. همچنین وجود خطا در اندازه گیری مصرف خوراک و یا جمع آوری کل مدفوع از سینی‌های جمع آوری باشد، زیرا از یک طرف احتمال ریخت و پاش دان از دان خوری‌ها و منظور نمودن آن به عنوان خوراک مصرفی جوجه ها و از طرف دیگر امکان عدم جمع آوری کامل فضولات دفعی موجود در سینی‌های جمع آوری ویا مخلوط شدن پر و فلس با مدفوع وجود دارد. طبق گزارش محققین برای تعیین انرژی قابل متابولیسم روش استفاده از نشانگر در خوراک و مدفوع نسبت به روش جمع آوری کل مدفوع خطای کمتری دارد (۴۵). هر چند مشکلاتی مثل تاثیر شرایط فیزیکوشیمیایی دستگاه گوارش بر سرعت جریان نشانگر و سرطان زا بودن برخی نشانگرها

منجر به این شده است که در حال حاضر روش جمع آوری مدفوع به عنوان یک روش عملی مطرح باشد (۴۰). نتایج بدست آمده با گزارش‌های سایر محققین مبنی بر این که میزان انرژی قابل متابولیسم تعیین شده تحت تاثیر روش اندازه‌گیری قرار می‌گیرد (۱۸، ۲۵ و ۵۴) مطابقت دارد.

## نتیجه گیری و پیشنهادها

۱- میانگین انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت ذرت، گندم و تریتیکاله به ترتیب ۹۰ ±۳۴۸۰، ۶۱ ± ۳۲۶۳ و ۵۴ ± ۳۲۶۰ کیلوکالری در هر کیلوگرم ماده خشک تعیین گردید.

۲- افزودن مکمل آنزیمی زایلاناز-بتاگلوکاناز به جیره باعث افزایش $AME_n$ ذرت، گندم و تریتیکاله به ترتیب به میزان ۱/۰۱ و ۴/۸۲ و ۴/۷۸ درصد شد.

۳- اختلاف معنی داری بین روش جمع آوری کل مدفوع و یا استفاده از نشانگر اکسید کرم برای تعیین انرژی قابل متابولیسم ظاهری نمونه‌های مورد آزمایش مشاهده شد. لذا با توجه به احتمال بروز خطاهای غیر قابل اجتناب در تعیین انرژی قابل متابولیسم به روش جمع آوری کل مدفوع، اعمال دقت بسیار زیاد و انجام آزمایش با تعداد تکرار بیشتر لازم است.

**جدول ۲- ترکیب شیمیایی و انرژی خام غلات مورد آزمایش (بر اساس ماده خشک)**

| | پروتئین خام | چربی خام | فیبر خام | NFE | خاکستر | انرژی خام |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ---------- % ---------- | | | | | kcal/ kg |
| ذرت | ۸/۶۹ | ۳/۸۵ | ۲/۵۰ | ۸۳/۷۷ | ۱/۱۹ | ۴۲۶۸ |
| گندم | ۱۳/۵۹ | ۱/۴۵ | ۳/۰۰ | ۸۰/۲۷ | ۱/۶۹ | ۴۱۹۸ |
| تریتیکاله | ۱۳/۸۷ | ۱/۳۴ | ۴/۵۹ | ۷۸/۳۰ | ۱/۸۹ | ۴۱۳۷ |

**جدول ۳- اثر نوع ماده خوراکی، مکمل آنزیمی و روش آزمایش بر میانگین $AME_n$ (بر اساس ماده خشک)**

| اثرات اصلی | | تعداد نمونه | $AME_n$ | مقدار تغییر |
|---|---|---|---|---|
| ماده خوراکی | | | kcal/ kg | kcal/ kg |
| ذرت | | ۲۰ | [a]۳۴۹۸ | – |
| گندم | | ۲۰ | [b]۳۳۴۲ | – |
| تریتیکاله | | ۲۰ | [b]۳۳۳۸ | – |
| خطای استاندارد | | – | ۱۵/۷۵ | – |
| مکمل آنزیمی | | | | |
| بدون آنزیم | | ۳۰ | [b]۳۳۳۴ | – |
| با آنزیم | | ۳۰ | [a]۳۴۵۲ | ۱۱۸ (۳/۴۱) |
| خطای استاندارد | | – | ۱۲/۸۶ | – |
| روش آزمایش | | | | |
| جمع آوری کل مدفوع | | ۳۰ | [a]۳۴۲۰ | – |
| استفاده از نشانگر | | ۳۰ | [b]۳۳۶۵ | – |
| خطای استاندارد | | – | ۱۲/۸۶ | – |
| اثرات متقابل معنی دار | | | | |
| ماده خوراکی | × مکمل آنزیمی | | | |
| ذرت | بدون آنزیم | ۱۰ | [a]۳۴۸۰ | – |
| | با آنزیم | ۱۰ | [a]۳۵۱۶ | ۳۶ (۱/۰۳) |
| گندم | بدون آنزیم | ۱۰ | [b]۳۲۶۳ | – |
| | با آنزیم | ۱۰ | [a]۳۴۲۱ | ۱۵۸ (۴/۸۲) |
| تریتیکاله | بدون آنزیم | ۱۰ | [b]۳۲۶۰ | – |
| | با آنزیم | ۱۰ | [a]۳۴۱۷ | ۱۵۷ (۴/۷۸) |
| خطای استاندارد | | – | ۲۲/۲۸ | – |

a...c- میانگین‌های $AME_n$ برای هر اثر (اصلی و متقابل) با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P< ۰/۰۵$)

*- اعداد داخل پرانتز میزان بهبود انرژی قابل متابولیسم در اثر افزودن مکمل آنزیمی بر حسب درصد مقدار پایه را نشان می دهد.

**جدول ٤- مقایسه میانگین‌های $AME_n$ (بر اساس ماده خشک) نمونه‌های خوراک با روش جمع‌آوری کل و یا نشانگر**

| تیمار | | | $AME_n$ (kcal /kg) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ماده خوراکی | مکمل آنزیمی | تعداد نمونه | جمع آوری کل مدفوع | استفاده از نشانگر | مقدار تغییر |
| ذرت | بدون آنزیم | ۵ | $^{a}$۳۵۳۳ | $^{ab}$۳۴۲۷ | +۱۰۶ |
| | با آنزیم | ۵ | $^{a}$۳۵۶۷ | $^{a}$۳۴۶۶ | +۱۰۱ |
| گندم | بدون آنزیم | ۵ | $^{c}$۳۲۵۹ | $^{b}$۳۲۶۷ | −۸ |
| | با آنزیم | ۵ | $^{b}$۳۴۶۴ | $^{ab}$۳۳۷۹ | +۸۵ |
| تریتیکاله | بدون آنزیم | ۵ | $^{c}$۳۲۶۰ | $^{b}$۳۲۶۰ | ۰ |
| | با آنزیم | ۵ | $^{b}$۳۴۴۰ | $^{ab}$۳۳۹۵ | +۴۵ |
| خطای استاندارد | | − | ۲۴/۴۳ | ۳۶/۴۴ | − |

a, b- میانگین‌های هر ستون $AME_n$ با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P< ۰/۰۵$)

## تشکر و قدردانی

مولفین از حوزه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد و معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی که اعتبار مورد نیاز طرح را تامن کردند قدردانی می نمایند.

## منابع

۱- شیوازاد، م. و ع. صیداوی. ۱۳۸۴. تغذیه مرغ. ترجمه.جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران ص۵۶-۵۴.

۲- گلیان، ا.، م. سالارمعینی و م. مظهری. ۱۳۸۸. تغذیه طیور. ترجمه. انتشارات. سازمان اقتصادی کوثر.

3- Al- Athari, A. K., and W. Guenter. 1988. Nutritional value of triticale (Carman) for broiler diets. Anim. Feed Sci. Technol. 22: 248-273.

4- Annison, G. 1991. Relationship between the levels of soluble non-strach polysaccharides and the apparent metabolizable energy of wheat assayed in broiler chickens. J. Agric. Food Chem. 39: 1252-1256.

5- Annison, G. 1993. The role of wheat non-starch polysaccharides in broiler nutrition. Austr. J. Agric. Res. 44: 405-422.

6- Annison, G., and M. Choct. 1991. Anti-nutritive activities of cereal non starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. World Poult. Sci. J. 47: 232-242.

7- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. USA.

8- Attia, Y. A., and S. A. Abd-El Rahman. 2001. Impact of multienzyme or yea sac supplemented on growth performance and some carcass parameters of broiler chicks fed triticale containing diets. Arch. Geflugelk. 65: 168-177.

9- Austin, S. C., J. Wiseman, and A. Chesson. 1999. Influence of Non-Starch Polysaccharides Structure on the Metabolisable Energy of U.K. Wheat Fed to Poultry. J. of Cereal Sci. 29: 77-88.

10- Bedford, M. R. 1995. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. Anim. Feed Sci. Technol. 53: 145-155.

11- Bedford, M. R., and H. L. Classen. 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. J. of Nut. 122: 560-569.

12- Bedford, M.R., and A. J. Morgan. 1996. The use of enzymes in poultry diets. World Poult. Sci. j. 52: 61-68.

13- Boros, D. 1999. Influence of R genome on the nutritional value of triticale for broiler chicks. Anim. Feed Sci. Technol. 76: 219-226.

14- Carre, B., A. Idi, S. Maisonnier, J. P. Melcion, F. X. Oury, J. Gomez, and P. Pluchard. 2002. Relationships between digestibilities of food components and characteristics of wheats (Triticum aestivum) introduced as the only cereal source in a broiler chicken diet. Br. Poult. Sci. 43: 404-415.

15- Classen, H. L. 1996. Cereal grain strach and exogenous enzymes in poultry diets. Anim. Feed Sci. Technol. 62: 21-27.

16- Classen, H. L., and M. R. Bedford. 1991. The use of enzymes to improve the nutritive value of poultry feeds. In: W. Haresign and D. J. A. Cole (Editors) recent advances in animal nutrition. Butterworth Heinemann, Surry, pp: 95-116.

17- Edney, M. J., G. L. Campbell, and H. L. Classen. 1989. The effect of β-glucanase supplementation on nutrient digestibility and growth in broilers given diets containing barley, oat groats, or wheat. The Netherlands, pp: 501-516.
18- Farrell, D. J. 1978. Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockerels. Br. Poult. Sci. 19: 303-308.
19- Fenton, T., and M. Fenton. 1979. Determination of chromic oxide in feed and feces. Can. J. Anim. Sci. 58: 631-635.
20- Friesen, O. D., W. Guenter., R. R. Marquardt, and B. Rotter. 1992. The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibility of wheat, barely, oat and rye for broiler chicks. Poult. Sci. 71: 1710-1721.
21- Fuente, J. M., P. Perez de Alaya, and M. J. Villamide. 1995. Effect of dietary enzyme on the metabolisable energy of diets with increasing levels of barley fed to broilers at different ages. Anim. Feed Sci. Technol. 56: 45–53.
22- Gohl, B., and S. Thomke. 1976. Digestibility coefficients and metabolizable energy of barley diets for layers as influenced by geographical area of production. Poult. Sci. 55: 2369-2374.
23- Gooding, M. J., and W. P. Davies. 1997. Wheat production and utilization (Systems, quality and the environment). CAB International.
24- Gutierrez del Alamo, A., M. W. A. Verstegen, L. A. Den Hartog, P. Perez de Ayala, and M. J. Villamide. 2008. Effect of wheat cultivar and enzyme addition to broiler chicken diets on nutrient digestibility, performance, and apparent metabolizable energy content. Poult. Sci. 84:759–767.
25- Hartel, H. 1986. Influence of food input and procedure of determination on metubolizable energy and digestibility of a diet measured with young and adult birds. Br. Poult. Sci. 27: 11-39.
26- Hesselman, K., and P. Aman. 1986. The effect of β- glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chickens fed on barley of low or high viscosity. Anim. Feed Sci. Technol. 15: 83-93.
27- Hew, L. I., V. Ravindran, Y. Mollah, and W. L. Bryden. 1998. Influence of exogenous xylanase supplementation on apparent metabolisable energy and amino acid digestibility in wheat for broiler chickens. Anim. Feed Sci. Technol. 75: 83-92.
28- Hughes, R. J., and M. Choct. 1999. Chemical and physical characteristics of grains related to variablity in energy and amino acid avalibility in poultry. Austr. J. of Agric. Res. 50: 689-701.
29- Hughes, R. J. 2008. Relationship between digesta transit time and apparent metabolisable energy value of wheat in chickens. Br. Poult. Sci. 49 (6): 716-720.
30- Kim, J. C., B. P. Mullan, P. H. Simmins, and J. R. Pluske. 2003. Variation in the chemical composition of wheats grown in Western Australia as influenced by variety, growing region, season and post-harvest storage. Austr. J. Agric. Res. 54: 541-550.
31- King, D., D. Ragland, and O. Adeola. 1997. Apparent and true metabolizable energy values of feedstuffs for ducks. Poult. Sci. 76: 1418-1423.
32- March, B. E., T. Smith, and S. El-Lakany. 1973. Variation in estimates of the metabolizable energy value of rapeseed meal determined with chickens of different ages. Poult. Sci. 52:614-618.
33- McCracken, K. J., and G. Quintin. 2000. Metabolisable energy content of diets and broiler performance as affected by wheat specific weight and enzyme supplementation. Br. Poult. Sci. 41: 332-342.
34- National Research Council. 1994. Nutrient requirements of domestic animals: Nutrient requirements of poultry. No. 19th Revised Edit. National Research Council, Washington. DC.
35- Perttila, S., J. Valaja, and T. Jalava. 2005. Apparent ileal digestibility of amino acid and metabolisable energy value in grains for broilers. Agric. and Food Sci. 14: 325-334.
36- Pirgozliev, V. R., C. L. Birch, S. P. Rose, P. S. Kettlewell, and M. R. Bedford. 2003. Chemical composition and the nutritive quality of different wheat cultivars for broiler chickens. Br. Poult. Sci. 44: 464-475.
37- Pourreza, J., A. H. Samie, and E. Rowghani. 2007. Effect of supplementation enzyme on nutrient digestibility and performance of broiler chicks fed diets containing triticale. Inter. J. of Poult. Sci. 6(2): 115-117.
38- Ravindran, V., Z. V. Tilman, P. C. H. Morel, G. Ravindran, and G. D. Coles. 2007. Influence of β-glucanase supplementation on the metabolisable energy and ileal nutrient digestibility of normal starch and waxy barleys for broiler chickens. Anim. Feed Sci. Technol. 134: 45-55.
39- Rundgren, M. 1988. Evaluation of triticale given to pigs. Poultry and rats. Anim. feed Sci. Technol. 19: 359-357.
40- Sales, J., and G. P. J. Janssens. 2003. Methods to determine metabolizable energy and digestibility of feed ingredients in the domestic pigeon (Columba livia domestica). Poult. Sci. 82:1457-1461.
41- SAS: User's guide: Statistics.2003. Version 9.1.Vol. 2, S.A.S Institute Cary, NC.
42- Scott, T. A., F. G. Silversides, H. L. Classen, M. L. Swift, M. R. Bedford, and J. W. Hall. 1998. A broiler chick bioassay for measuring the feeding value of wheat and barley in complete diets. Poult. Sci. 77: 449-455.
43- Scott, T. A., F. G. Silversides, H. L. Classen, M. L. Swift, and M. R. Bedford. 1998. Effect of cultivar and environments on the feeding value of Western Canadian wheat and barley with and without enzyme supplementation. Can. J. Anim. Sci. 78: 649-656.

44- Shakouri, M. D., and H. Kermanshahi. 2003. Effect of NSP degrading enzyme supplement on the nutrient digestibility of young chickens fed wheat with different viscosities and triticale. J. Agric. Sci. Technol. 5: 105-112.
45- Sibbald, I. R. 1982. Measurement of bioavailable energy in poultry feedings stuffs: A review. Can. J. Anim. Sci. 62: 983-1048.
46- Smits, C. H. M., and G. Annison. 1996. Nonstarch plant polysaccharides in broiler nutrition toward a physiologically valid approach to their determination. World Poult. Sci. J. 52: 203-221.
47- Smits, H. M., A. Veldman, M. W. A. Verstegen, and A. C. Beynen. 1997. Dietary carboxymethyl cellulose with high instead of low viscosity reduces macronutrient digestion in broiler chickens. J. of Nut. 127: 483-487.
48- Steenfeldt, S. 2001. The dietary effect of different wheat cultivars for broiler chickens. Br. Poult. Sci. 42:595-609.
49- Svihus, B., and M. Gullord. 2002. Effect of chemical content and physical characteristics on nutritional value of wheat, barley and oats for poultry. Anim. Feed Sci. Technol. 102: 71-92.
50- Van Beilen, J. B., and Z. Li. 2002. Enzyme technology: an overview. Current Opinion in Biotechnology 13: 338-344.
51- Van der Klis, J. D., G. Kwakernaak, and W. de Wit. 1995. Effects of endoxylanase addition to wheat-based diets on physico-chemical chyme conditions and mineral absorption in broiler. Anim. Feed Sci. Technol. 51: 15-27.
52- Vieira, S. L., A. M. Penz Jr, A. M. Kessler, and E. V Catellan Jr. 1995. A nutitional evaluation of triticale in broiler diets. J. Appl. Poult. Res. 4: 352-355.
53- Wiseman, J. 2000. Correlation between physical measurements and dietary energy values of wheat for poultry and pigs. Anim Feed Sci. Technol. 84: 1-11.
54- Yaghobfar, A. 2001. Effect of genetic line, sex of birds and the type of bioassay on the metabolisable energy value of maize. Br. Poult. Sci. 42: 350-353.
55- Zarghi, H., and A. Golian. 2009. Effect of triticale replacement and enzyme supplementation on performance and blood chemistry of broiler chickens. J. Anim. and Vet. Adv. 8 (7): 1316-1321.