نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۲۶۷-۲۵۷

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 257-267

تاثیر سه دمای مختلف اکستروژن دانه سویای پرچرب بر مقدار انرژی قابل متابولیسم ظاهری (AME_n)، قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد تولید جوجه‌های گوشتی

سیدعلی میرقلنج[1*]- ابوالقاسم گلیان[2]- حسن کرمانشاهی[3]- احمدرضا راجی[4]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۱۱/۲۶
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۱۰/۱۸

چکیده

در آزمایش اول، برای بررسی میزان انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت (AME_n) و قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی دانه سویای پرچرب اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵و ۱۵۵ (دمای معمول کارخانجات) و ۱۶۵ درجه سانتیگراد، سطوح صفر، ۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ درصد از هریک از دانه‌های سویای اکسترودشده در سه دمای مختلف، از روز ۱۵ الی ۲۱ جایگزین بخشی از جیره بر پایه ذرت-سویا گردید. مقادیر AME_n و قابلیت هضم مواد مغذی در مقابل سطح استفاده از نمونه در جیره پایه آنالیز رگرسیون شده و تا ۱۰۰ درصد جایگزینی، برآوردگردید. میانگین AME_n دانه‌های سویای اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ به ترتیب ۳۸۹۳، ۳۹۰۸ و ۴۰۳۷ کیلوکالری بر کیلوگرم به دست آمد که تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و چربی خام دانه سویایی‌که در دمای ۱۶۵ درجه سانتیگراد اکسترود شده بود، بطور معنی داری نسبت به دانه سویای اکسترود شده در دمای ۱۴۵درجه سانتیگراد، بالاتر بود. در آزمایش دوم، اثرات استفاده از ۱۵درصد دانه سویای اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ درجه سانتیگراد بر عملکرد، ویسکوزیته محتویات گوارشی روده کوچک و ریخت شناسی مخاط ژوژنوم جوجه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در طول کل دوره (یک الی ۴۲ روز) و ویسکوزیته محتویات گوارشی روده در ۲۱ روزگی، تحت تاثیر دمای اکستروژن دانه سویا قرار نگرفت. اگرچه با افزایش دمای اکستروژن، طول پرزهای مخاط ژوژنوم جوجه‌ها افزایش یافت که این افزایش طول پرزها باعث شد که با بکاربردن دمای ۱۶۵ درجه سانتیگراد، نسبت به دو دمای ۱۴۵ و ۱۵۵ درجه سانتیگراد، افزایش معنی داری در سطح جذبی پرزهای جوجه‌ها دیده شود.

واژه‌های کلیدی: دانه سویای پرچرب، دمای اکستروژن، قابلیت هضم مواد مغذی، عملکرد، ریخت شناسی ژوژنوم

مقدمه

دانه سویای پرچرب به دلیل داشتن چربی بالا (۲۲-۱۸ درصد) می‌تواند بدون پرداخت هزینه اضافی استخراج روغن، به عنوان یک منبع چربی و پروتئین در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده شود (۳۲). دانه سویای پرچرب خام حاوی مواد ضدتغذیه‌ای مختلف مانند مهارکننده‌های تریپسین، لکتینها، پروتئین‌های آنتی ژنیک و ساپونین‌ها می‌باشد که به دلیل اثرات منفی بر قابلیت هضم مواد مغذی در روده، عملکرد رشد، اشتهای حیوان، تخریب پرزهای روده و غیره استفاده از آن را در جیره غذایی طیور محدود کرده است (۲۲). تحقیقات نشان داده اند که پروتئین‌های آنتی ژنیک (۳۳)، لکتینها و مهارکننده‌های تریپسین (۱۱) درسویای فراوری نشده می‌توانند اثرات منفی بر ریخت شناسی مخاط روده کوچک داشته و باعث کاهش رشد آنها گردند. فرآوری حرارتی دانه سویا می‌تواند بسیاری از این مواد ضدتغذیه ای را غیر فعال نماید. یکی از روشهای موثر فراوری حرارتی، اکستروژن است که در این روش، دانه‌های روغنی تحت حرارت و فشار بالا در مدت زمان کوتاه قرار می‌گیرند (۴). اکستروژن نه تنها می‌تواند مواد ضدمغذی دانه سویای پرچرب را تا حدود زیادی کاهش دهد بلکه با استفاده از فشار بالایی که ایجاد می‌کند، می‌تواند دانه را تحت فشار قرار داده و با شکستن آنها قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل متابولیسم دانه‌ها را بهبود بخشد. برای اندازه گیری انرژی قابل سوخت وساز و قابلیت هضم مواد مغذی یک ماده خوراکی، ساده ترین روش، تغذیه ماده خوراکی مورد آزمایش به

۱- دانش‌آموخته دکتری تغذیه طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: a_mirghelenj@yahoo.com)
۲ و ۳- استادان گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- دانشیار گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد

تنهایی می‌باشد که انرژی خام خوراک مصرفی و فضولات دفعی اندازه گیری شده و با توجه به میزان خوراک مصرفی و فضولات دفعی، انرژی قابل سوخت وساز تعیین می‌شود. استفاده از این روش فقط برای مواد غذایی خوش خوراک و مواد خوراکی که بتوان به تنهایی استفاده کرد، امکان پذیر است. به دلیل محدودیتهای مواد ضد مغذی موجود در دانه سویای اکسترود شده و میزان بالای چربی و پروتئین آن، این دانه را نمی توان جایگزین کل خوراک پایه نمود، به همین دلیل، طبق روش هیل و اندرسون (۱۵) می‌توان آن را در سطوح مشخص شده جایگزین قسمتی از جیره پایه کرد. مقادیر AME_n و قابلیت هضم مواد مغذی جیره پایه و نیز جیره پایه حاوی سطوح مختلف دانه سویای اکسترود شده را در مقابل سطوح استفاده از نمونه در جیره پایه بایستی آنالیز رگرسیون نموده و در سطح ۱۰۰ درصد جایگزینی مقادیر انرژی و قابلیت هضم ظاهری مربوط به هر نمونه آزمایشی را به دست آورد. برخی محققان اثرات سطوح مختلف و برخی نیز اثرات دماهای مختلف اکستروژن دانه سویا را بر روی عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی بررسی کرده اند. وانگ و همکاران (۳۵) نشان دادند که تا سطح ۱۵ درصد، دانه سویای پرچرب اکسترود شده اثر منفی معنی داری بر عملکرد جوجه‌ها ندارد. سوبوح و همکاران (۳۴) نیز نشان دادند که استفاده از دانه سویای پرچرب اکسترود شده در جیره جوجه‌های گوشتی، تا سطح ۱۴ درصد جیره اثرمنفی بر عملکرد جوجه‌ها نداشته است. برخی محققان نیز دماهای مختلف اکستروژن دانه سویای پرچرب را بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی بررسی کردند. ژانگ و همکاران (۳۸) نشان دادند که بهترین دمای اکستروژن دانه‌های سویای پرچرب اکسترود شده، بین ۱۳۸ الی ۱۵۴ درجه سانتیگراد می‌باشد و پالیک و همکاران (۲۴) نیز بهترین دمای اکستروژن دانه سویای پرچرب را ۱۴۴ درجه سانتیگراد گزارش کردند. هدف از این آزمایشات، بررسی اثرات سه دمای مختلف اکستروژن دانه سویای پرچرب بر میزان انرژی قابل متابولیسم ظاهری (AME_n)، قابلیت هضم مواد مغذی ، ریخت شناسی مخاط ژوژنوم و عملکرد رشد تولید جوجه‌های گوشتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول

در ابتدا دانه‌های کامل سویا از یک محموله یکنواخت تهیه و در یک خط اکسترودر تک مارپیچه (محصول شرکت یماک، ترکیه) در کارخانه خوراک دام و طیور صالح کاشمر در سه دمای ۱۴۵و ۱۵۵ (دمای معمول‌کارخانجات) و ۱۶۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ ثانیه اکسترود مرطوب شدند. درآزمایش اول، جهت بررسی میزان انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت (AME_n) و قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی دانه‌های سویا، تعداد ۱۵۰ قطعه جوجه خروس گوشتی یکروزه راس ۳۰۸، پس از تحویل از جوجه کشی، تا سن ۱۰ روزگی برروی بستر و تحت شرایط کنترل شده محیطی نگهداری شده و با یک جیره استاندارد جوجه‌های گوشتی تغذیه شدند. آب و غذا در این مدت به صورت آزاد در دسترس جوجه‌ها قرار گرفت. برای عادت پذیری به قفس متابولیکی، در روز دهم جوجه‌ها به قفس‌ها انتقال یافتند و تا روز ۱۵ با جیره استاندارد تغذیه شدند. در روز پانزدهم، ۱۲۰ قطعه پرنده با وزن تقریبا مشابه انتخاب و به‌طور تصادفی به ۱۲ تیماربا ۵ تکرار و دو قطعه جوجه در هر تکرار اختصاص داده شدند. هر قفس دارای ۲۵۰۰ سانتیمتر مربع مساحت کف و مجهز به یک دانخوری و یک آبخوری کله قندی و سینی کشویی گالوانیزه جمع آوری فضولات بود. از روز ۱۵ الی ۲۱، سطوح صفر، ۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ درصد از هریک از دانه‌های سویای اکسترودشده در سه دمای مختلف، جایگزین بخشی از جیره‌های بر پایه ذرت–سویا شده و به جوجه‌های قفس داده شدند. روز ۱۵ تا ۱۸ نیز به منظور عادت کردن دستگاه گوارش جوجه‌ها به جیره‌های آزمایشی می‌باشد. در روز هجدهم، جوجه‌ها به مدت ۶ ساعت گرسنه نگهداشته شدند و سپس جیره‌های آزمایشی پس از توزین دراختیار جوجه‌ها قرار داده شد. در طول ۳ روز آخر (از روز ۱۸ الی ۲۱)، علاوه بر توزین دقیق مصرف خوراک، نمونه‌های فضولات حاصل از همان ۳ روز مصرف خوراک بطور روزانه داخل سینی قفسها جمع آوری شده و پس از توزین آنها، در مقابل آفتاب خشک شدند. نمونه‌های خشک شده در مقابل آفتاب، هنوز مقدار جزئی رطوبت دارند و به طور کامل رطوبت خود را از دست نداده اند، بنابراین تا قبل از شروع آزمایشات، برای جلوگیری از تخمیر، در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد در فریزر نگهداری شدند. قبل از شروع آزمایشات، نمونه فضولات و خوراک به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد در آون خشک شدند. پس از خشک شدن کامل، توزین شده و آسیاب شدند. تعیین ماده خشک، رطوبت، پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، خاکستر و ماده آلی نمونه‌های خوراک و فضولات مطابق روش‌های پیشنهادی AOAC (۲) در آزمایشگاه تغذیه دام دانشگاه فردوسی تعیین شد. اسیدهای آمینه در شرکت دگوسای آلمان از طریق روش اسپکتروسکوپی اشعه مادون قرمز نزدیک (NIRS) اندازه گیری شده و برای اندازه گیری انرژی خام نمونه‌های خوراک و فضولات نیز، از استفاده از دستگاه بمب کالریمتر جهاد کشاورزی مشهد (Parr 1266, Parr Instrument Company, Illinois) استفاده گردید. پس از اینکه ترکیبات شیمیایی و انرژی خام نمونه‌های فضولات و جیره‌ها اندازه گیری شد، برای تعیین انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت و قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی دانه‌های سویای اکسترود شده، از روش جمع آوری کل فضولات (Total excreta collection) استفاده شد (۱۵). دانه‌های اکسترود شده مورد آزمایش، به میزان صفر، ۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ درصد جایگزین جیره پایه

گردید. ترکیب شیمیایی جیره پایه در جدول ۱ ارائه شده است که برای هر سه نمونه آزمایشی از یک جیره پایه استفاده گردید. مقادیر AME_n و قابلیت هضم مواد مغذی (چربی خام، پروتئین خام، مواد معدنی، ماده آلی، فیبرخام و ماده خشک) جیره پایه و نیز جیره پایه حاوی ۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ درصد دانه سویای اکسترود شده تعیین گردید. سپس مقادیر AME_n و قابلیت هضم مواد مغذی بدست در مقابل سطح استفاده از نمونه در جیره پایه آنالیز رگرسیون شد و تا ۱۰۰ درصد جایگزینی، مقادیر AME_n و قابلیت هضم مواد مغذی دانه سویای پرچرب اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ درجه سانتیگراد برآورد شد. برای تصحیح ازت نیز، ضریب تصحیح به ازای هر گرم تعادل نیتروژن برابر ۸/۲۲ کیلوکالری (۲/۷۴ کیلوکالری بر گرم اسیداوریک با ۳۳/۳۳ درصد نیتروژن) در نظر گرفته شد (۱۵). محاسبات مقادیر انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم مواد مغذی از طریق معادلات ۱ تا ۳ در زیر اشاره شده است:

$$AME\ diet = \{(FI \times GE\ diet) - (Excreta \times GE\ excreta)\} / FI \quad (1)$$

AME diet: انرژی قابل متابولیسم ظاهری جیره (کیلوکالری بر گرم)

GE diet: انرژی خام جیره (کیلوکالری بر گرم)

GE excreta: انرژی خام فضولات (کیلوکالری بر گرم)

FI: مقدار مصرفی جیره (گرم)

Excreta: مقدار فضولات دفعی (گرم)

$$AME_n\ diet = AME - (ANR \times ۸/۲۲) \quad (2)$$

AME_n diet: انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت

N diet: نیتروژن جیره

N excreta : نیتروژن فضولات

$$ANR = (FI \times N\ diet) - (Excreta \times N\ excreta)$$

$$= \{(FI \times N\ FI) - (Excreta \times N\ excreta)\} / FI \quad (3)$$ قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی

N FI: درصد ماده مغذی درخوراک مصرفی

N excreta: درصد ماده مغذی درفضولات دفعی

FI: مقدار خوراک مصرفی جیره (گرم)

Excreta: مقدار فضولات دفعی (گرم)

آزمایش دوم

در آزمایش دوم، اثرات استفاده از ۱۵درصد دانه سویای اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ درجه سانتیگراد بر عملکرد تولید، ویسکوزیته محتویات گوارشی روده کوچک و ریخت شناسی مخاط ژوژنوم جوجه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، ۱۹۲ قطعه جوجه خروس گوشتی یکروزه از سویه تجاری راس ۳۰۸ از شرکت سیمرغ تهیه شد و جوجه‌ها پس از تحویل از جوجه کشی و ورود به سالن، توزین و با میانگین وزنی یکسان (۲±۴۲ گرم) به طور تصادفی در چهار تیمار با چهار تکرار توزیع شدند، به طوری که در هرواحد آزمایشی ۱۲ جوجه قرار گرفت. در پژوهش قبلی ما، تا سطح ۱۵ درصد دانه سویای اکسترود شده، عملکرد رشد جوجه‌ها تحت تاثیر قرار نگرفت (۱) بنابراین در این آزمایش، دانه‌های سویای اکسترود شده در سه دما در سطح ۱۵ درصد جیره در جیره‌های دوره‌های آغازین (یک تا ۱۴ روزگی)، رشد (۱۵ تا ۲۸ روزگی) و پایانی (۲۹ تا ۴۲ روزگی) جایگزین قسمتی از جیره شدند و در گروه شاهد نیز از دانه سویای اکسترود شده استفاده نگردید. در طول دوره پرورش، یک دانخوری آویز و یک آبخوری در هرواحد آزمایشی قرار داده شد و پرندگان در تمام طول دوره آزمایش به آب و غذا دسترسی آزاد داشتند. روشنایی سالن ۲۴ ساعته بود و دمای اولیه سالن نیز ۳۲ درجه سانتیگراد بود که بر اساس راهنمای شرکت راس دمای سالن طی روزهای بعدی کاهش یافت. میانگین مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی برای هر گروه از پرندگان برای هر دوره محاسبه شد. تلفات روزانه وزن شد و برای تصحیح ضریب تبدیل غذایی مورد استفاده قرار گرفت. در روز ۲۱ پرورش، به ازای هر تکرار یک جوجه با میانگین وزن پن انتخاب و پس از کشتار، محتویات داخل بدن تخلیه شده، روده کوچک جدا شد و جهت بررسی ویسکوزیته محتویات ایلئوم و ریخت شناسی مخاط ژوژنوم، استفاده گردید. از ناحیه اتصال مجاری صفراوی تا زائده مکل به عنوان ژژنوم و ۱۰ سانتیمتر مانده به محل اتصال ایلئوسکال به عنوان ایلئوم در نظر گرفته شد. از نقطه میانی ژوژنوم یک نمونه (با سطح مقطع ۱×۱ سانتیمتر) برش داده شده با محلول سالین ۰/۹ درصد برای حذف بقایای مواد غذایی شسته و در فرمالین ۱۰ درصد برای مطالعه بافت تثبیت شد. برای آماده سازی نمونه بافتها برای رنگ آمیزی و برای دهیدراسیون، از یک سری محلول‌های الکلی عبورداده و با زایلان پاکسازی شدند و در نهایت در پارافین قرار گرفتند. نمونه‌های بافت روده با ضخامت ۵ میکرومتر با استفاده از میکروتون خودکار (مدل RM Lica ۲۱۴۵) برروی اسلاید شیشه ای قرار گرفتند و با هماتوکسیلین–ائوزین رنگ آمیزی شدند. برای بررسی و محاسبه متغییرهای مورفولوژیک نمونه‌های روی لامهای آزمایشی نیز، از میکروسکوپ نوری المپیوس BX41 استفاده گردید. اندازه گیری‌های ریخت شناسی مخاط روده در ۹ پرز انتخاب شده از هر نمونه اندازه گیری شد. شاخص‌های ریخت شناسی شامل طول پرز (از نوک پرز تا محل اتصال کریپت)، عرض پرز (متوسط عرض پرز در ابتدا، وسط و انتهای پرز)، عمق کریپت (از پایه پرز تا لایه زیر مخاط) و سطح جذبی پرزها (با استفاده از داده‌های طول و میانگین عرض پرز) محاسبه شد.

محتویات روده کوچک در قسمت ایلئوم نیز جمع‌آوری و برای تعیین ویسکوزیته محتویات ایلئوم استفاده شد. پس ازکشتن پرنده و باز کردن لاشه، روده کوچک از محل تقاطع ژوژنوم و ایلئوم باز شده و

محتویات ایلئوم با فشردن روده به داخل لوله آزمایشی ۱۵ میلی لیتری ریخته شد و بلافاصله با دستگاه سانتریفوژ به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند و سپس محلول شفاف بالای لوله‌ها که همان شیره گوارشی می‌باشد به مقدار ۱/۵ میلی لیتر باسمپلر برداشته و به میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی لیتری ریخته شد و تا انتقال به سردخانه $-20^{\circ}C$ در داخل یخ قرار گرفت. دستگاه ویسکومتر Model DV-II, Brookfield Engineering Laboratories) برای تعیین ویسکوزیته استفاده گردید. پس از اینکه نمونه‌ها از فریزر خارج شدند، قبل از شروع به کار دستگاه، دوباره نمونه‌های داخل میکروتیوب با دور ۵۰۰۰ دور به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ شدند. ازنمونه‌های سانتریفوژ شده، مقدار ۰/۵ میلی لیتر به داخل بشقاب مخصوص دستگاه ریخته و سپس میزان ویسکوزیته از دستگاه خوانده شد.

تجزیه آماری

در آزمایش اول برای بدست آوردن معادلات رگرسیون و تخمین مقادیر AME_n و قابلیت هضم مواد مغذی دانه‌های سویای اکسترود شده از نرم افزار SAS (۲۸) استفاده شد. برای برآورد AME_n دانه سویای اکسترود شده در هر سطح جایگزینی از رگرسیون استفاده شد که در معادله شماره ۴ آورده شده است:

$$Y = a X + b \qquad (۴)$$

پس از تعیین AME_n دانه سویا در هریک از سطوح جایگزینی، مقادیر a و b تعیین خواهد شد. در این معادله Y نیز برابر است با مقدار AME_n دانه سویای اکسترود شده بر حسب کیلوکالری بر کیلوگرم و X نیز همان سطح استفاده از دانه سویای اکسترود شده در جیره (درصد) می‌باشد. مقدار Y یا میزان AME_n نمونه‌های مورد آزمایش به این صورت تخمین زده شد که اگر در معادلات رگرسیون بجای متغیر X، مقدار ۱۰۰ درصد قرار گیرد، میزان AME_n آن محصول به دست می‌آید. در آزمایش دوم نیز که ۴ تیمار با ۴ تکرار در قالب طرح کاملا تصادفی به ۱۶ واحد آزمایشی اختصاص یافتند، داده‌های عملکرد، ویسکوزیته محتویات روده کوچک و ریخت شناسی مخاط ژوژنوم توسط نرم افزار SAS (۲۸) تجزیه واریانس (ANOVA) شده و مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفتند. برای تعیین تفاوت‌های معنی دار بین میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد. مدل آماری طرح مورد استفاده با اجزای مدل نیز در معادله شماره ۵ ارائه شده است:

$$Y_{ij}=\mu+ A_i +e_{ij} \qquad (۵)$$

Y_{ij}= مقدار هر مشاهده، μ = میانگین مشاهدات، A_i= اثر تیمار، e_{ij}= اثرات باقی مانده

نتایج و بحث

آزمایش اول

آنالیز ترکیب جیره پایه در جدول ۱ و ترکیبات شیمیایی دانه سویای پرچرب اکسترود شده در جدول ۲ ارائه داده شده است.

جدول ۱- مواد متشکله و ترکیب شیمیایی و مقدار انرژی جیره پایه

اجزای جیره	درصد
ذرت	۶۲/۸۹
کنجاله سویا	۳۳/۱۳
روغن سویا	۰/۶۰
نمک	۰/۳۷
دی کلسیم فسفات	۱/۳۲
سنگ آهک	۱/۰۵
دی ال- متیونین	۰/۱۴
پیش مخلوط ویتامین+مواد معدنی[1]	۰/۵۰
مواد مغذی محاسبه شده	
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲۹۲۰
پروتئین خام	۲۰/۱۰
کلسیم	۰/۸۶
فسفرقابل دسترس	۰/۴۳
سدیم	۰/۱۶
لیزین	۱/۱۶
متیونین	۰/۴۱
متیونین+سیستین	۰/۸۸

۱- این مقادیر به ازای هر کیلوگرم جیره حاوی: ویتامین A، ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ کولسیفرول، ۲۳۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۱۲۱ واحد بین‌اللملی؛ ویتامین K_3، ۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B_{12}، ۰/۰۲ میلی‌گرم؛ تیامین، ۴ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین؛ ۴ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۱ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۰۳ میلی‌گرم؛ پیرودوکسین، ۴ میلی‌گرم؛ کولین کلراید، ۸۴۰ میلی‌گرم؛ اتوکسی کوئین، ۰/۱۲۵ میلی‌گرم؛ سولفات منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم (سلنات سدیم)، ۰/۲ میلی‌گرم؛ ید، ۱ میلی‌گرم؛ سولفات مس، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ آهن، ۵۰ میلی‌گرم می باشد.

پس از اینکه ترکیبات شیمیایی و انرژی خام نمونه‌های فضولات و جیره‌ها اندازه گیری شد، برای تعیین انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت و قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی دانه‌های سویای اکسترود شده، فضولات حاصل از خوراک مصرف شده تعیین شد که در این پژوهش، از روش جمع آوری کل مدفوع (Total Excreta Collection) استفاده شد. محققان زیادی در گذشته، نشان داده اند که برای اندازه گیری AME_n مواد خوراکی در طیور، روش استفاده از سطوح مختلف ماده خوراکی مورد آزمایش در یک جیره پایه و محاسبه آن برای ۱۰۰ درصد جایگزینی روش مناسب و قابل توصیه ای است (۲۲، ۳۱ و ۳۶).

جدول ۲- آنالیز ترکیبات شمیایی دانه سویای پرچرب اکسترود شده

نوع ترکیب	درصد
رطوبت	۷/۶۴
ماده خشک	۹۲/۳۶
چربی خام	۱۸/۰۰
پروتئین خام	۳۸/۰۲
فیبر خام	۹/۶۵
ماده آلی	۹۴/۱۲
خاکستر خام	۵/۸۸
اسیدهای آمینه ضروری (درصد)	
متیونین	۰/۴۸
سیستین	۰/۵۶
لیزین	۲/۱۹
ترئونین	۱/۳۷
تریپتوفان	۰/۴۸
آرژینین	۲/۶۰
ایزولوسین	۱/۶۱
لوسین	۲/۷۱
والین	۱/۶۷
هیستیدین	۰/۹۷

در این آزمایش نیز مقادیر AME_n و قابلیت هضم مواد مغذی (چربی خام، پروتئین خام، مواد معدنی، ماده آلی، فیبرخام و ماده خشک) جیره پایه و نیز جیره پایه حاوی ۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ درصد دانه سویای اکسترود شده تعیین گردید و سپس با استفاده از آنالیز رگرسیون، مقادیر AME_n و قابلیت هضم مواد مغذی دانه سویای پرچرب اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ درجه سانتیگراد در سطح ۱۰۰ درصد جایگزینی برآورد شد. معادلات به دست آمده از مدل خطی رگرسیون برای انرژی قابل متابولیسم دانه‌های اکسترود شده در سه دما در هرسه آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است.

در این معادلات Y برابر است با مقدار AME_n بر حسب کیلوکالری بر کیلوگرم و X نیز همان سطح استفاده از دانه سویای اکسترود شده در جیره (درصد) می‌باشد. میزان AME_n نمونه‌های مورد آزمایش به این صورت تخمین زده شد که اگر در معادلات رگرسیون بجای متغیر X، مقدار ۱۰۰ درصد قرار گیرد، میزان انرژی آن محصول به دست می‌آید که در مورد نمونه‌های این آزمایش، توسط مدل خطی رگرسیون، میزان AME_n دانه‌های سویای اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ به ترتیب ۳۸۹۳، ۳۹۰۸ و ۴۰۳۷ کیلوکالری بر کیلوگرم به دست آمد که تفاوت معنی داری نیز با یکدیگر نداشتند ($P>0/05$) در واقع دمای اکستروژن از ۱۴۵ تا ۱۶۵ درجه سانتیگراد نتوانست اختلاف معنی داری را در میزان AME_n دانه‌های سویا ایجاد کند اگرچه با افزایش دمای اکستروژن، میانگین AME_n افزایش یافت. محققان مختلف، انرژی‌های مختلفی را برای دانه سویا که با روش‌های متفاوتی مورد فرآوری حرارتی قرار گرفته بودند، گزارش کرده اند. کارو (۶)، مقدار AME_n سویای حرارت دیده را در سن ۳ هفتگی جوجه‌های گوشتی، ۳۲۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم گزارش کرد. هیل و رنر (۱۶) نیز مقدار AME_n را در مرغان تخمگذار ۳۳۰۰ تا ۳۴۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم گزارش کردند. انجمن ملی تحقیقات آمریکا (۲۳) گزارش کرد که دانه سویای پرچرب پس از فرآوری حرارتی دارای ۱۸ درصد چربی و ۳۳۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی قابل متابولیسم می‌باشد. دیل (۹) در آزمایشی، میزان انرژی قابل متابولیسم دانه سویای حرارت دیده (با ۱۸ درصد چربی) را در حدود ۳۳۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم گزارش کرد. وایزمن (۳۷) در آزمایشی، انرژی قابل متابولیسم دانه‌های سویا را که با روشهای مختلف فرآوری شده بودند را در سن ۱۸ روزگی جوجه‌های گوشتی ارزیابی کرد و گزارش کرد که میزان AME_n دانه‌های سویای اکسترود مرطوب، اکسترود خشک و برشته شده را به ترتیب ۴۲۷۸، ۴۱۵۹ و ۳۷۲۸ کیلوکالری بر کیلوگرم گزارش کرد و نتیجه گیری کرد که دانه‌های سویایی که اکسترود مرطوب شده بودند، ۲/۸ درصد انرژی بیشتری از انرژی دانه‌های سویای فرآوری شده با اکسترود خشک و ۱۴/۷ درصد نیز انرژی بیشتری از انرژی دانه‌های برشته شده داشتند. ژانگ و همکاران (۳۸) گزارش کردند که دانه‌های سویایی که با استفاده از اکستروژن فرآوری حرارتی شده و روغن آنها نیز گرفته شده بود، دارای انرژی قابل متابولیسم بیشتری نسبت به سویاهایی بود که روغن آنها با حلال گرفته شده بود و نتیجه گرفت که انرژی بالای دانه‌های سویای اکسترود شده به دلیل بالا بودن روغن موجود در آنها نیست بلکه اکسترود کردن قابلیت هضم مواد مغذی دانه را افزایش می‌دهد و باعث افزایش انرژی قابل متابولیسم می‌شود.

جدول ۳- معادلات و ضرایب R^2 برآورد انرژی قابل متابولیسم تصحیح شده برای ازت در دانه‌های سویای اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و۱۶۵ درجه سانتیگراد

دمای اکستروژن(C°)	معادله رگرسیون خطی	ضریب R^2	انرژی قابل متابولیسم(کیلوکالری بر کیلوگرم)
۱۴۵	Y = 9/307 X + 2953	۹۲	۳۸۸۳
۱۵۵	Y = 9/073 X + 3001	۸۹	۳۹۰۸
۱۶۵	Y =10/۶۷ X + 2970	۸۹	۴۰۳۷

در روش اکسترود کردن، علاوه بر فشار فیزیکی بالایی که در حرارت بالا ایجاد می‌کندو کاهش ناگهانی دما در بیرون اکسترودر، حالتی ایجاد می‌کند که بطور قابل ملاحظه ای قابلیت هضم مواد مغذی را بالا می‌برد. میزان AME_n اندازه گیری شده برای دانه‌های سویای اکسترود شده در این پژوهش ما نزدیک به مقدار گزارش شده توسط گودا و دگودا (۱۴) می‌باشد که گزارش کردند انرژی قابل متابولیسم دانه‌های سویای اکسترود در ۱۵۵ درجه سانتیگراد به میزان ۳۸۰۱ کیلوکالری برکیلوگرم می‌باشد. سنکویلو و همکارانش (۳۰) نیزمقدار ۳۴۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم را برای دانه‌های سویای اکسترود مرطوب شده در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد گزارش کردند که بطور قابل ملاحظه ای کمتر از مقدار گزارش شده در پژوهش ما بود. زونتا (۳۹) نیز میزان AME_n دانه‌های سویای اکسترود شده در دمای ۱۴۵ درجه سانتیگراد و برشته شده را در دوره رشد جوجه‌های گوشتی ارزیابی کرده و به ترتیب به مقدار ۳۶۷۴ و ۳۶۰۹ کیلوکالری بر کیلوگرم گزارش کردند. دبیر (۱۰) مقدارAME_n دانه‌های سویای اکسترود شده مرطوب در دمای ۱۶۰ درجه را در ۴۲ روزگی جوجه‌های گوشتی به میزان ۳۶۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم گزارش کرد. همانطور که بررسی شد، مشخص شد که محققان مختلف، انرژی‌های قابل متابولیسم متفاوتی را برای دانه سویای اکسترود شده، گزارش کردند که این تفاوت‌ها می‌تواند به دلیل تنوع واریته‌های مختلف سویای پرچرب و تفاوت در ترکیبات آنها (چربی و فیبر متفاوت)، نوع اکستروژن (خشک یا مرطوب) و سن جوجه‌های مورد آزمایش باشد ولی در کل بسیاری از محققان برتری فرآوری حرارتی مرطوب رابرای دانه‌های لگومینه، نسبت به فرآوری حرارتی خشک گزارش کرده‌اند (۳، ۵ و ۷). قابلیت هضم مواد مغذی دانه سویای پرچرب اکسترود شده نیز در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ درجه سانتیگراد همانند انرژی قابل متابولیسم در سطح ۱۰۰ درصد جایگزینی برآورد شد. معادلات به دست آمده از مدل خطی رگرسیون برای قابلیت هضم مواد مغذی دانه‌های سویای اکسترود شده در سه دما در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ٤- معادلات و ضرایب R^2 برآورد قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی دانه سویای اکسترود شده درسه دمای ۱٤٥، ۱٥٥ و۱٦٥ درجه سانتیگراد

دمای اکستروژن(C°)	معادله رگرسیون خطی	مقدار برآورد شده بر حسب درصد	R^2
ماده خشک			
۱۴۵	Y =۰/۰۹۱ X+۶۴/۸۵	۷۳/۹۵	۹۲/۹
۱۵۵	Y =۰/۱۰۶ X+۶۵/۰۲	۷۵/۶۲	۹۱/۹
۱۶۵	Y = ۰/۱۳۴X+۶۴/۸۳	۷۸/۲۳	۸۹/۸
چربی خام			
۱۴۵	Y =۰/ ۱۷۷X + ۷۲/۹۷	۹۰/۶۷	۹۳/۵
۱۵۵	Y =۰ /۱۸۴X + ۷۳/۱	۹۱/۴۴	۸۹/۹
۱۶۵	Y =۰ /۱۸۹X + ۷۳/۳۶	۹۲/۲۶	۸۵/۴
پروتئین خام			
۱۴۵	Y= ۰/۰۴۶X + ۵۹/۰۲	۶۳/۶	۸۸/۰
۱۵۵	Y = ۰/۰۶۷X + ۵۷/۸۹	۶۳/۴۹	۸۰/۱
۱۶۵	Y = ۰/۰۵۲X + ۵۸/۲۵	۶۳/۵۰	۹۲/۳
فیبرخام			
۱۴۵	Y =۰ /۱۰۴X +۹ /۵۷۵	۱۹/۹۷	۸۰/۰
۱۵۵	Y =۰ /۱۰۴X +۹/۹۱۹	۱۹/۹۱	۶۷/۲
۱۶۵	Y =۰ /۰۹۶X +۹/۶۵۶	۱۹/۲۵	۷۵/۹
خاکستر خام			
۱۴۵	Y =۰/۱۶۳X +۴۲ /۶۲	۵۸/۹۲	۸۲/۶
۱۵۵	Y =۰/۱۸۳X +۴۲/۲۶	۶۰/۵۶	۸۷/۲
۱۶۵	Y =۰/۱۹۸X +۴۲ /۰۸	۶۰/۷	۵۰/۸

ژانگ و همکاران (۳۸) گزارش کردند که اکسترود کردن قابلیت هضم بیشتر مواد مغذی دانه سویا را به طور معنی داری افزایش می‌دهد. لیکونیکوا و همکاران (۱۹) نشان دادند که فرآوری اکستروژن قابلیت هضم ظاهری چربی و پروتئین مواد خوراکی را بطور معنی داری در طیور افزایش می‌دهد. اکثر مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که فراوری حرارتی، اثر معنی داری بر افزایش قابلیت هضم

چربی خام دارد. در آزمایش حاضر نیز بیشترین مقدار قابلیت هضم مواد مغذی مربوط به چربی خام می‌باشد. برخی از محققان (۱۶) مشاهده کردند که قابلیت هضم ظاهری چربی خام موجود در دانه سویای حرارت دیده ۸۰ درصد است اما برای روغن آزاد سویا ۹۵ درصد می‌باشد. آنها همچنین مشاهده کردند که قابلیت هضم ظاهری چربی خام از ۷۲ درصد در سویای خام به ۸۰ درصد در سویای حرارت دیده افزایش یافت. مارتینز (۲۱) قابلیت هضم چربی خام را ۷۷/۲ درصد برای دانه سویای برشته شده و ۸۲/۸ درصد برای دانه سویای اکسترود شده گزارش کردند. رون (۲۷) گزارش کرد که قابلیت هضم پروتئین در دانه سویای برشته شده ۸۱/۹ درصد و در دانه سویای اکسترود شده در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد در حدود ۸۸/۱ درصد می‌باشد. در این تحقیق، همانطوریکه مشاهده می‌شود، ضریب R^2 برای اکثر مواد مغذی (به جز فیبر خام) بالا بوده و نشان می‌دهد که با دقت بالایی برآورد شده اند. همانطوری که انتظار می‌رفت، قابلیت هضم ظاهری تمامی مواد مغذی بجز فیبر خام با افزایش دمای اکستروژن از ۱۴۵ به ۱۶۵ درجه سانتیگراد، افزایش می‌یابد. میانگین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی دانه سویای اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و۱۶۵ درجه سانتیگراد در جدول ۵ مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و چربی خام دانه‌های سویایی که در دمای ۱۶۵ درجه سانتیگراد اکسترود شده بودند، بطور معنی داری نسبت به دمای ۱۴۵درجه سانتیگراد بهبود یافت ($P>0/05$) افزایش دمای اکستروژن از ۱۴۵ درجه به ۱۶۵ درجه سانتیگراد، توانست قابلیت هضم ظاهری چربی خام دانه سویا را به طور معنی داری از ۹۰/۶۷ به ۹۲/۲۶ درصد و قابلیت هضم ماده خشک را نیز از ۷۳/۹۵ به ۷۸/۲۳ درصد افزایش دهد ($P>0/05$).

آزمایش دوم

کنترل دما در فرآوری اکستروژن بسیار مهم می‌باشد به دلیل اینکه باید بین غیرفعال شدن مواد ضدمغذی سویا و حفظ قابلیت فراهمی بالای اسیدهای آمینه تعادل مناسبی برقرار باشد (۱۷). کلارک و وایزمن (۸) درآزمایشی، دانه‌های سویا را در دماهای ۹۰، ۱۱۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ درجه سانتیگراد اکسترود کردند وگزارش کردندکه مقدار فعالیت بازدارنده تریپسین در سویای اکسترود شده در دماهای ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ بالاتر از حد مجاز برای طیور گوشتی بود ولی در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد به ۱/۹ میلی گرم بر گرم) رسیده بود. آنها نشان دادند که با افزایش دمای اکستروژن از ۹۰ الی ۱۶۰ درجه، افزایش وزن جوجه‌ها نیز بطور خطی افزایش می‌یابد. پالیک و همکاران (۲۴) دانه‌های سویای پرچرب را در دماهای ۱۱۵، ۱۲۵، ۱۳۵، ۱۴۵ و ۱۶۵ درجه سانتیگراد اکسترود کردند و به این نتیجه رسیدند که بهترین نتیجه عملکردی برای طیور دمای اکستروژن ۱۴۴ درجه سانتیگراد می‌باشد. ژانگ و همکاران (۳۸) دانه‌های سویای پرچرب را در دماهای مختلف اکسترود کردند و نشان دادند که بهترین دمای اکستروژن دانه‌های سویای پرچرب اکسترود شده، بین ۱۳۸ الی ۱۵۴ درجه سانتیگراد می‌باشد. آنها نشان دادند که قابلیت هضم اسیدهای آمینه دانه سویای پرچرب از دمای ۱۰۴ الی ۱۵۴ درجه، افزایش می‌یابد. لیسون و آته (۱۸) نمونه هایی از دانه سویا را در دماهای ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۴۰ درجه سانتیگراد اکسترود کردند و درسطح ۳۰ درصد درجیره جوجه های‌گوشتی استفاده کردند. آنها نشان دادند که دمای اکستروژن تا ۱۴۰ درجه، نتوانست غلظت بازدارنده تریپسین را به حد قابل قبول (۴ میلی گرم برگرم) برساند در حالیکه پریلا و همکاران (۲۵)، نمونه هایی از دانه سویا را در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ ثانیه اکسترود کردند و نشان دادکه میزان فعالیت بازدارنده تریپسین در سویای اکسترود شده در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد ۰/۱ بود.

جدول ۵- مقایسه قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی دانه سویای اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و۱۶۵ درجه سانتیگراد

دمای اکستروژن(°C)	۱۴۵	۱۵۵	۱۶۵	P-value	SEM
انرژی قابل متابولیسم(کیلوکالری بر کیلوگرم)	۳۸۸۳	۳۹۰۸	۴۰۳۷	۰/۹۰۳	۴۹/۳۷
ماده خشک	۷۳/۹۵^{c}	۷۵/۶۲^{b}	۷۸/۲۳^{a}	۰/۰۰۵	۰/۳۸۱
چربی خام	۹۰/۶۷^{b}	۹۱/۴۴^{ab}	۹۲/۲۶^{a}	۰/۰۱۸	۰/۲۷۸
پروتئین خام	۶۳/۶۶	۶۳/۴۹	۶۳/۵۰	۰/۸۵۹	۰/۴۱۳
فیبرخام	۱۹/۹۷	۱۹/۹۱	۱۹/۲۵	۰/۱۶۶	۰/۳۶۰
خاکسترخام	۵۸/۹۲	۶۰/۵۶	۶۰/۷۰	۰/۰۷۱	۰/۳۶۰

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می‌باشند ($P<0/05$).

جدول ٦- مقایسه اثرات استفاده از ۱۵ درصد دانه سویای پرچرب اکسترود شده در سه دمای ۱٤٥، ۱٥٥ و ۱٦٥ درجه سانتیگراد بر عملکرد جوجه‌های گوشتی (صفر تا ٤۲ روزگی)

تیمارهای غذایی	مصرف خوراک (گرم/ پرنده/ روز)	افزایش وزن (گرم/پرنده/روز)	ضریب تبدیل غذایی (گرم/گرم)
گروه شاهد (بدون دانه سویای اکسترود شده)	۸۶/۳	۴۵/۶	۱/۸۹
۱۵ درصد دانه سویای اکسترود شده در ۱۴۵ درجه سانتیگراد	۸۴/۵	۴۳/۰	۱/۹۶
۱۵ درصد دانه سویای اکسترود شده در ۱۵۵ درجه سانتیگراد	۸۵/۲	۴۳/۳	۱/۹۶
۱۵ درصد دانه سویای اکسترود شده در ۱۶۵ درجه سانتیگراد	۸۵/۸	۴۴/۸	۱/۹۱
SEM	۱/۷۹	۱/۶۶	۰/۰۴۳
P-value	۰/۷۱	۰/۳۹	۰/۳۸۴

اثرات استفاده از ۱۵ درصد دانه سویای پرچرب اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ درجه سانتیگراد بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در طول کل دوره (صفر تا ۴۲ روزگی) در جدول ۶ نشان داده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی جوجه هایی که دانه‌های سویای اکسترود شده در سه دما را در سطح ۱۵ درصد دریافت کرده بودند، تفاوت معنی داری با گروه شاهد نشان ندادند (P>۰/۰۵). نتایج آزمایش قبلی نیز نشان داده بود که استفاده از دانه سویای اکسترود شده در دمای معمول کارخانجات (۱۵۵ درجه سانتیگراد) تا سطح ۱۵ درصد جیره، تاثیر منفی بر عملکرد رشد جوجه‌ها ندارد (۱). در این آزمایش نیز مشخص گردید که با استفاده از دمای اکستروژن ۱۰ درجه بالاتر و ۱۰ درجه پایینتر از دمای معمول، عملکرد رشد جوجه‌ها تحت تاثیر قرار نگرفته و یا اینکه عملکرد رشد جوجه‌ها تحت تاثیر دمای اکستروژن دانه سویا قرار نگرفت (P>۰/۰۵).

نتایج اثرات استفاده از ۱۵ درصد دانه سویای پرچرب اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ درجه سانتیگراد بر ویسکوزیته محتویات گوارشی ایلئوم جوجه‌های گوشتی ۲۱ روزه در جدول ۷ ارائه شده است.

پژوهشگران نشان‌داده‌اند که فرآوری موادخوراکی مانند پلت کردن واکسترودکردن می‌تواند ویسکوزیته محتویات گوارشی روده کوچک را افزایش دهد. بکار بردن فرآوریهای حرارتی با دماهای متفاوت می‌تواند نشاسته و فیبرمواد خوراکی را به صورت محلول درآورده و از این طریق ویسکوزیته محتویات گوارشی روده کوچک را افزایش دهد. برای نمونه گارسیا و همکارانش (۱۳) گزارش‌کردند که حرارت دادن دانه جو می‌تواند ویسکوزیته محتویات گوارشی روده کوچک را تا ۸۲ درصد افزایش دهد. همچنین اسکات و همکاران (۲۹) گزارش کردند که اکسپندینگ دانه جو، ویسکوزیته محتویات گوارشی روده کوچک را ۲۶ درصد افزایش داد. در این میان، دمای مختلف اکستروژن نیز می‌تواند میزان حلالیت فیبر و نشاسته را تحت تاثیر قرار دهد ولی در آزمایش حاضر به دلیل اینکه تفاوت دماهای اکستروژن در سه تیمار حرارتی مختلف پایین (۱۰ درجه سانتیگراد) بود، تفاوت معنی داری بین ویسکوزیته محتویات گوارشی جوجه‌های دریافت کننده تیمارهای مختلف و گروه شاهد مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

نتایج اثرات استفاده از ۱۵ درصد دانه سویای پرچرب اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ درجه سانتیگراد بر ریخت شناسی مخاط ژوژنوم روده‌کوچک جوجه‌های گوشتی در سن ۲۱ روزگی، در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول۷- مقایسه اثرات استفاده از ۱۵ درصد دانه سویای پرچرب اکسترود شده در سه دمای ۱٤٥، ۱٥٥ و ۱٦٥ درجه سانتیگراد برخصوصیات مخاط ژوژنوم و ویسکوزیته محتویات ایلئومی جوجه‌ها در ۲۱ روزگی

تیمارهای غذایی	طول‌پرز (µm)	ضخامت‌پرز (µm)	سطح‌جذبی‌پرز ($\times 10^3$, µm^2)	ویسکوزیته‌محتویات ایلئومی(cP)
گروه شاهد (بدون دانه سویای اکسترود شده)	۸۱۹/۹	۱۲۱/۲	۳۱۱^a	۱/۳۷
۱۵ درصد دانه سویای اکسترود شده در ۱۴۵ درجه سانتیگراد	۶۸۳/۳	۱۱۷/۸	۲۵۰^b	۱/۳۷
۱۵ درصد دانه سویای اکسترود شده در ۱۵۵ درجه سانتیگراد	۶۹۱/۰	۱۲۲/۲	۲۶۱^b	۱/۳۵
۱۵ درصد دانه سویای اکسترود شده در ۱۶۵ درجه سانتیگراد	۸۰۹/۸	۱۲۴/۶	۳۰۸^a	۱/۴۰
SEM	۶۲/۶۱۱	۱۸/۴۱۱	۲۱۹۷۷/۸	۰/۰۱۸
P-value	۰/۰۷۹	۰/۸۱۷	۰/۰۴۶	۰/۴۱۹

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

محققان گزارش کرده‌اند که پروتئین‌های آنتی‌ژنیک، لکتینها و بازدارنده‌های تریپسین در دانه‌های سویای فرآوری نشده یا فرآوری ناقص، می‌توانند اثرات منفی برریخت شناسی مخاط روده کوچک داشته باشند (۱۱ و ۳۳). پوزتای و همکاران (۲۶) گزارش کردندکه درسویایی که بخوبی فرآوری نشده است، لکتین‌ها می‌توانند به پرزهای مخاط روده کوچک حیوانات باند شده و باعث تخریب پرزها، کاهش قابلیت زنده‌مانی سلول‌های اپیتلیوم پرزها، هایپرپلازیا در کریپت‌ها و همچنین کوتاه شدن پرزهای روده کوچک شوند. آنها گزارش‌کردندکه کاهش رشد حیوانات تغذیه شده از سویای فرآوری نشده، به دلیل کاهش رشد ناشی از همین اثرات منفی بر پرزهای روده می‌باشد. لینر و کاکاد (۲۰) نیز نشان دادند که بازدارنده‌های تریپسین می‌توانند در عملکرد آنزیم‌های تریپسین وکیموتریپسین اختلال ایجادکرده وهمچنین باعث تخریب پرزهای مخاطی روده شوند. فاسینا و همکاران (۱۲) گزارش‌کردندکه اگرچه اکستروژن مرطوب می‌تواند مواد ضدتغذیه ای دانه سویای پرچرب را به مقدار پایینی برساند، ولی همچنان ممکن است باقی مانده‌های این مواد ضدتغذیه‌ای (خصوصا لکتین ها) در دانه‌های سویای اکسترود شده وجود داشته باشند که در صورت استفاده از سطوح بالای این دانه‌ها در طیور جوان، ممکن است این باقی مانده‌های ضدتغذیه ای در مخاط روده کوچک جوجه‌ها به پرزها چسبیده و باعث تخریب و کوتاه شدن پرزها شوند. در روش تولید کنجاله سویا، به دلیل تیماردانه سویا با الکل یا هگزان برای جدا کردن چربی، برخی از مواد ضدتغذیه‌ای مانند استروژن‌ها و فاکتورهای آنتی ژنیک مانند گلیسینین و بتاکنگلیسینین تاحدودی از بین می‌روند ولی لکتین‌های سویا به حرارت‌های اکسترود مقاوم بوده و می‌توانند با اتصال به مخاط روده کوچک جوجه‌ها باعث کوتاه شدن پرزها، کم عرض شدن و حتی افزایش عمق کریپت مخاط روده شوند (۲۶). نتایج جدول ۷ نشان می‌دهدکه طول پرزها در مخاط ژوژنوم جوجه‌ها اگرچه تحت تاثیر دمای اکستروژن دانه سویا قرار نگرفت ولی با افزایش دمای اکستروژن، طول پرزهای مخاط ژوژنوم جوجه‌ها افزایش یافت که این افزایش طول پرزها باعث شد که سطح جذبی پرزها نیز بطور معنی داری بین تیمارها تغییر کند بطوریکه افزایش معنی داری در سطح جذبی پرزهای ژوژنوم با افزایش دمای اکستروژن دانه سویا مشاهده شد (P>۰/۰۵). میزان سطح جذبی پرزها در دمای بالاتر (۱۶۵درجه) بخوبی تحت تاثیر قرار گرفته و نسبت به دو دمای دیگر افزایش یافت(P> ۰/۰۵). این مطلب نشان می‌دهد که در دمای معمول اکستروژن (۱۵۵ درجه سانتیگراد)، باقی مانده‌های مواد ضدتغذیه‌ای کاملا از بین نرفته اند و تاثیر منفی بر پرزهای مخاط روده داشته اند ولی با افزایش دما به ۱۶۵، اثرات این مواد ضدتغذیه ای تا حدود زیادی کاهش یافته است.

نتیجه گیری

میانگین AME_n دانه‌های سویای اکسترود شده در سه دمای ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ به ترتیب ۳۸۹۳، ۳۹۰۸ و ۴۰۳۷ کیلوکالری بر کیلوگرم به دست آمد که تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند (P>0/05). قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و چربی خام دانه‌های سویایی که در دمای ۱۶۵ درجه سانتیگراد اکسترود شده بودند، بطور معنی داری نسبت به دانه‌های اکسترودشده در دمای ۱۴۵درجه سانتیگراد افزایش یافت (P>۰/۰۵) ولی قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام، فیبر خام و خاکسترتحت تاثیر دمای اکستروژن قرار نگرفتند (P>۰/۰۵). عملکرد رشد جوجه‌ها در طول کل دوره (یک الی ۴۲ روز) و ویسکوزیته محتویات گوارشی روده در ۲۱ روزگی، تحت تاثیر دمای اکستروژن دانه سویا قرار نگرفت (P>۰/۰۵) ولی سطح جذبی پرزهای روده در جوجه هایی که دانه سویای اکسترود شده در ۱۶۵ درجه سانتیگراد دریافت کرده بودند، نسبت به دمای ۱۴۵ و ۱۵۵ درجه سانتیگراد افزایش معنی داری نشان داد (P>۰/۰۵) که این نمایانگر کاهش بیشتر موادضدمغذی سویا در دمای ۱۶۵ درجه سانتیگراد می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد که هزینه‌های اجرای این طرح (شماره ۱۳۸۹-۳/۱۵۱۰۶) را تامین نموده‌اند سپاسگزاری می‌شود. همچنین از مدیران کارخانه خوراک دام و طیور صالح کاشمر برای فراهم نمودن دانه‌های اکسترود شده و از مدیریت دفتر شرکت دگوسا برای تجزیه اسیدهای آمینه نمونه‌ها قدردانی می‌شود.

منابع

۱- میرقلنج، س. ع.، ا. گلیان و ح. کرمانشاهی. ۱۳۹۱. تعیین شاخص‌های آزمایشگاهی کیفیت دانه‌های سویای پرچرب اکسترود شده در سه دما و همبستگی آنها با عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی. نشریه پژوهشهای علوم دامی. جلد ۴. شماره ۳.

2- Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. AOAC, Arlington, VA.

3- Babar, V. S., J. K. Chava, and S. S. Kadam. 1988. Effects of heat treatments and germination on trypsin inhibitor

activity and polyphenols in jackbean (Canavaliaensiformis). Plant Food Human Nutr. 38: 319-324.
4- Bjorck, I., and N. G. Asp. 1983. The effects of extrusion cooking on nutritional value. A literature review. J. of Food Eng. 2: 281-308.
5- Bressani, R., and J. L. Sosa. 1990. Effects of processing on the nutritive value of Canavaliajackbean (Canavaliaensiformis). Plant Food Human Nutr. 40: 207-214.
6- Carew, L. B., Nesheim, M. C., and F. W. Hill. 1961. An *in vitro* method for determine the availability of soybean oil in unextracted soybean products for the chicks. Poult. Sci. 41: 188-193.
7- Carlini, C. R., and A. B. I. Udedibie. 1997. Comparative effects of processing methods on haemagglutmating and antitryptic activities of Canavaliaensiformis and Canavaliabraziliensis seeds. J. Agric. Food Chem. 45: 4372-4377.
8- Clarke, E. and J. Wiseman. 2007. Effects of extrusion conditions on trypsin inhibitor activity of full fat soybeans and subsequent effects on their nutritional value for young broilers. Br. Poult. Sci. 48: 703-712.
9- Dale, N. M. 2006. Feedstuffs ingredient analysis table. Miller publishing co.: Minnetonka, MN. Pp:7.
10- Debeer, M. 2003. The Influence of processing of soyabeans and sunflower seed on their energy and amino acid availability for poultry. Thesis of Master of Science in Agriculture at the University of Stellenbosch- March. 207 pp.
11- Dunsford, B. R., D. A. Knabe and W. E. Hacnsly. 1989. Effect of dietary soybean meal on the microscopic anatomy of the small intestine in the early-weaned pig. Anim. Sci. 67: 1855–1864.
12- Fasina, Y. O., J. D Garlich., H. L. Classen., P. R. Ferket., G. B. Havenstein., J. L. Grimes., M. A. Qureshi and V. L. Christensen. 2004. Response of turkey poults to soybean lectin levels typically encountered in commercial diets. 1. Effect on growth and nutrient digestibility. Poult. Sci. 83: 1559–1571.
13- Garcia, M. I., M. A. Latorre, M. Lazaro, G. G. Mateos. 2003. Heat processing of barley and enzyme supplementation of diets for broilers. Poult. Sci. 82: 1281–1291.
14- Gowda, R. M., and Devegowda. G. 2000. Evaluation of metabolizable energy value of extruded full fat soya by rapid bioassay. Ind. J. Poult. Sci. 35:1.
15- Hill, F. W., and D. L. Anderson. 1958. Comparison for metabolizable and productive energy determinations with growing chicks. J. Nutr. 64: 587-604.
16- Hill, F. W. and R. Renner. 1963. Effects of heat treatment on the metabolizable energy value of soybeans and extracted soybean flakes for the hen. J. Nutr. 80: 375-380.
17- Kaankuka, F. G., T. F. Balogun and T. S. B. Tegbe. 1996. Effects of duration of cooking of full fat soyabens on proximate analysis, levels of antinutritional factors and digestibiity by wealing pigs. J. Anim. Feed Sci. Technol. 62: 229-237.
18- Leeson, S. J. and J. O. Atteh. 1996. Response of broiler chicks to dietary full-fat soybeans extruded at different temperatures prior to and after grinding. Anim. Feed Sci. Technol. 57: 239-245.
19- Lichovnikova, M., L. Zeman., S. Kracmar., and D. Klecker. 2004. The effect of the extrusion process on the digestibility of feed given to laying hens. Anim. Feed Sci. Technol. 116: 313-318.
20- Liener, I. E. and M. L. Kakade. 1993. Protease inhibitors. Pages 7–71 in Toxic Constituents of Plant Foods. Acad. Press, New York.
21- Martins, I. B. 1995. Efeito do tratamento térmico sobre a qualidade nutricional do grão de soja no desempenho e na composiçao da carcaça de frangos de corte. Tesis de Máster. Universidad Federal Rio Grande Do Sul. Porto Alegre, Brazil. 170 pp.
22- Monari S. 1996. Full fat soya handbook, American Soybean Association, Brussels, Belgium. Pp:1-46.
23- National Research Council.1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
24- Palic, D., V. Jovanka, D. Levic, A. Sredanovic, and M. Olivera 2008. Quality control of full-fat soybean using urease activity: Critical assessment of the method. Acta Period. Technol. 39: 1-212.
25- Perilla, N. S., M. P. Cruz., F. debelalacazar, and G. J. Diaz. 1997. Effect of temperature of wet extrusion on the nutritional value of full fat soybeans for broiler chikens. Br. Poult. Sci. 38: 412- 416.
26- Pustzai, A., E. M. W. Clarke, T. P. King and J. C. Stewart. 1979. Nutritional evaluation of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*): chemical composition, lectin content and nutritional value of selected cultivars. J. of Sci. Food Agr. 30: 843–848.
27- Rhone, P. 1999. Rhodimet formulation guide for poultry. Rhône-Poulenc Animal Nutrition. Antony Cedex, France. 59 pp.
28- SAS Institute. 2008. SAS Stat User's Guide. Version 9.2 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
29- Scott, T. A., M. L. Swift and M. R. Bedford. 1997. The influence of feed milling, enzyme supplementation, and nutrient regimen on broiler chick performance. App. Poult. Res. 6: 391–398.
30- Senkoylu, N., H. Akyurek, H. E. Samli, and A. Agma. 2004. The metabolisable energy value prediction of full-fat soybean from broiler performance. Uludag Univ. J. Faculty Vet. Med. 23: 21-25.
31- Sibbald, S. R., and S. J. Slinger. 1963. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrated some of the problems associated with the evaluation of fat. Poult. Sci.

42:313–325.
32- Simovic, R., J. D. Summers, and W. K. Bilanski. 1972. Heat treatment of full-fat soybeans. Can J. Anim. Sci. 52:183–188.
33- Stokes, C. K., B. G. Miller., M. Bailey, A. D. Wson and F. J. Bourne. 1987. The Immune response to dietary antigens and its influence on disease susceptibility in farm animals. Vet. Immunn. 17:413
34- Subuh, A. M. H., M. A. Motl., C. A. Fritts and P. W. Waldroup. 2002. Use of various ratios of extruded full-fat soybean meal and dehulled solvent extracted soybean meal in broiler diets. Int. J. Poult. Sci, 1: 9-12.
35- Wang, S., G. Qin; G. Qian and Y. LianYu. 2000. Effect of antinutritional factors in full-fat soybean on the performance of broilers. J. Jilin Agri. Univ. 22: 81-86.
36- Wiseman, J., and M. Lessire. 1987. Interactions between fats of differing chemical content: Apparent metabolisable energy values of fats for broiler chicks. Br. Poult. Sci. 28:663–676.
37- Wiseman, J. 1994. Full fat soya, oils and fats in poultry nutrition. American Soybean Association. Brussels, Belgium.
38- Zhang, Y., C. M. Parsons, K. E. Weingartner, and W. B. Wijeratne. 1993. Effects of extrusion and expelling on the nutritional quality of conventional and kunitz trypsin inhibitor-free soybeans. Poult. Sci. 72:2299–2308.
39- Zonta, M. 2004. Metabolizable energy of proteics feedstuffs, determined by the total collection excreta and prediction equations. Ciênc.Agrotec. 28: 1400-1407.