



اثر فرآیندهای حرارتی تف دادن و اکستروژن کردن بر ترکیب شیمیایی، بخش‌های تجزیه پذیری و قابلیت هضم روده‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا به روش کیسه‌های نایلونی

حامد خراسانی¹، مسلم باشتنی^{2*}، علیرضا فروغی³، همایون فرهنگ فر⁴، فاطمه گنجی⁵

تاریخ دریافت: 1395/12/23

تاریخ پذیرش: 1397/07/28

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر فرآیندهای حرارتی تف دادن و اکستروژن کردن بر ترکیب شیمیایی، بخش‌های تجزیه پذیری و قابلیت هضم روده‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا انجام شد. ترکیب شیمیایی، بخش‌های نیتروژن دار، فعالیت اوره‌آز، پروتئین قابل متابولیسم، خصوصیات تجزیه پذیری و قابلیت هضم شکمبه‌ای - روده‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویای خام و عمل آوری شده تعیین شد. در طی فرآیند اکستروژن کردن، دانه سویا به مدت 20-30 ثانیه در دمای 150-160 درجه سانتی‌گراد عمل آوری شد. در فرآیند تف دادن، دانه سویا به مدت 15 دقیقه در دمای 145 درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و به مدت 45 دقیقه داخل مخزن نگهدارنده جهت ذخیره سازی حرارتی باقی ماند. فراسنجه‌های تجزیه پذیری نمونه‌ها پس از انکوباسیون به مدت صفر، 2، 4، 8، 16، 24 و 48 ساعت در شکمبه 2 رأس گاو براون سوئیس دارای فیستولا اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد فرآیند تف دادن و اکستروژن کردن با کاهش میزان رطوبت سبب افزایش درصد ماده خشک دانه سویا گردید اما تغییر محسوسی بر دیگر ترکیبات شیمیایی (پروتئین خام، چربی خام، خاکستر، فیبر نامحلول در شوینده خنثی، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی) دانه سویا نداشت. عمل آوری حرارتی سبب افزایش میزان پروتئین حقیقی دانه سویا شد و میزان نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی دانه سویا را نیز تحت تأثیر قرار نداد. همچنین ممانعت کننده اوره از دانه سویا غیر فعال شد که در نتیجه سبب افزایش قابلیت هضم پروتئین روده‌ای گردید و در اثر عمل آوری حرارتی نیز میزان پروتئین قابل متابولیسم دانه سویا به طور معنی داری افزایش یافت. بنابراین فرآیند تف دادن و اکستروژن کردن بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا را کاهش داد و با کاهش در میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای و افزایش قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا تجزیه پذیری دانه سویا بهبود یافت. بنابراین فرآیندهای حرارتی تف دادن و اکستروژن کردن راهبرد مناسبی در کاهش تجزیه پذیری شکمبه‌ای دانه سویا و تامین پروتئین عبوری مورد نیاز گاوهای شیری می‌باشد. عمل آوری حرارتی می‌تواند با حفاظت پروتئین دانه سویا از دسترسی میکروب‌ها در شکمبه، روش مؤثری در افزایش بازده استفاده از پروتئین با ارزش دانه سویا باشد.

کلمات کلیدی: اکستروژن کردن، پروتئین قابل متابولیسم، تف دادن، دانه سویا، فعالیت اوره‌آز

مقدمه¹

(NPN)، پروتئین حقیقی (TP) و پروتئین خام (CP)، سبب بهبود تخمین احتیاجات حقیقی مورد نیاز نشخوارکنندگان گردیده است (9). هدف اصلی از تغذیه پروتئین در گاوهای شیری، تأمین مقدار کافی پروتئین قابل تجزیه در شکمبه جهت نیاز میکروارگانیسم‌ها و همچنین مقدار کافی پروتئین عبوری برای عملکرد مطلوب دام می‌باشد. تنظیم جیره‌ای که از نظر نسبت پروتئین قابل تجزیه به پروتئین غیرقابل-تجزیه در شکمبه در تعادل باشد، سبب افزایش بازده استفاده از نیتروژن می‌گردد؛ به طوری که آمونیاک در شکمبه، تجمع نمی‌یابد و لذا دفع اوره از طریق ادرار، کاهش پیدا می‌کند. به منظور کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه، روش‌های مختلف عمل آوری شیمیایی (استفاده از اسیدهای آلی، اتانول و فرمالدئید) و فیزیکی

برای تخمین احتیاجات غذایی نشخوارکنندگان، باید مواد مغذی و ترکیب بخش‌های مختلف مواد خوراکی شناسایی گردند. مطالعات انجام شده در مورد نیتروژن، به خصوص نیتروژن غیرپروتئینی

- 1- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد گروه علوم دامی دانشگاه بیرجند
 - 2- استاد گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
 - 3- دانشیار مرکز آموزش عالی جهاد کشاورزی خراسان رضوی (شهید هاشمی نژاد)
 - 4- استاد گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
 - 5- دانش آموخته دکتری تغذیه دام دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
- * - ایمیل نویسنده مسئول: (Email: mbashtani@birjand.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v11i4.63238

می‌دانند. هدف از مطالعه‌ی حاضر تعیین و مقایسه اثرات تف دادن و اکستروژن کردن بر ترکیب شیمیایی، بخش‌های نیتروژن دار، فعالیت اوره‌آز، پروتئین قابل متابولیسم، خصوصیات تجزیه پذیری و قابلیت هضم شکمبه‌ای - روده‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویای خام و عمل‌آوری شده به روش کیسه‌های نایلونی بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش دانه سویای خام واریته ویلیامز مورد عمل‌آوری قرار گرفت. دانه سویا تف داده توسط کارخانه تهران دانه و دانه سویا اکستروژن شده توسط کارخانه صالح کاشمر آماده شد. جهت تف دادن ابتدا دانه سویا در کارخانه بوجاری شد. سپس وارد دستگاه روستر¹ شده و دمای دانه به 145 درجه سانتی‌گراد رسید. این فرآیند به مدت 15 دقیقه بطول انجامید. این دستگاه دارای نوار نقاله‌ای به طول 12 متر بود که در طی آن جریان هوای خشک به دانه سویا دمیده شد. بعد از این مرحله دانه جهت حفظ حرارت² به مدت 45 دقیقه داخل مخزن نگهدارنده باقی ماند. سپس دانه‌ها در طی عبور از نوار نقاله توسط دستگاه سردکن با جریان هوا، خشک و سرد شدند. جهت تهیه دانه اکستروژن شده دانه سویا با استفاده از یک آسیاب چکشی دارای الک با قطر 2 میلی‌متر آسیاب شد. به وسیله سیستم تغذیه ماریچی (فیدر) دانه‌ها به صورت یکنواخت وارد کاندیشنر شدند و دما و رطوبت دانه سویا به ترتیب به 70 درجه سانتی‌گراد و 15-20 درصد رسید. سپس دانه‌ها به دستگاه اکستروژن وارد شدند و با حرکت چرخشی ماریچی درون سیلندر به سمت جلو حرکت کردند. در این دستگاه دانه سویا تحت تأثیر حرارت و فشار در دمای 150-160 درجه سانتی‌گراد به مدت 20-30 ثانیه قرار گرفت و در نهایت از این دستگاه خارج شده و توسط دستگاه سرد کن با جریان هوا، خشک و سرد گردید.

تجزیه تقریبی دانه‌های خام، تف داده و اکستروژن شده سویا از جمله ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر به روش AOAC (5) و در محل آزمایشگاه تغذیه دام دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند تعیین شد. الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (AOAC, 2012) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی به روش ون سوست (28) و با کمک دستگاه آنکوم اندازه‌گیری شد. بخش‌های نیتروژن دار با توجه به مطالعه دانش مسگران و حیدریان (9) و بر اساس روش لیسترا و همکاران (16) اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت اوره‌آز دانه سویا خام و عمل‌آوری شده بر اساس روش ISO-3896 (15) تعیین شد. فعالیت اوره‌آز نیز عبارتست از مقدار نیتروژن آمونیاکی که در هر دقیقه تحت شرایط مشخص شده آزاد می‌گردد و بر حسب

(روش‌های مشتمل بر حرارت نظیر تف‌دادن، نواری کردن، جت اسپلادینگ و غیره) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (19). متداولترین روش عمل‌آوری فیزیکی استفاده از حرارت است (19). حرارت سبب واسرشتی پروتئین‌ها و بروز واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی (میلارد) بین گروه آلدئیدی قندها و گروه آمین اسید آمینه پروتئین شده و کمپلکس آمینو- قند را تشکیل می‌دهد که در مقابل تجزیه میکروبی در شکمبه مقاوم بوده ولی اسیدهای آمینه موجود در این کمپلکس در روده باریک قابل هضم و جذب می‌باشند (26). بخشی از احتیاجات پروتئینی گاوهای شیری توسط پروتئین میکروبی تولید شده در شکمبه تأمین می‌شود. از آنجائیکه پروتئین میکروبی تولید شده نمی‌تواند نیاز پروتئینی گاوهای شیری با تولید بالا را تأمین نماید، استفاده از منابع پروتئینی حاوی مقادیر بالای پروتئین غیر قابل تجزیه ضروری است که اغلب این منابع گرانتقیمت هستند. با استفاده از فرآیندهای مختلف حرارتی روی منابع معمول و متعارف پروتئینی از جمله سویا می‌توان میزان پروتئین غیر قابل تجزیه آن‌ها را افزایش داد. دانه سویا با پروتئین خام تقریباً 42 درصد و مقادیر قابل ملاحظه‌ای اسیدهای آمینه محدودکننده لیزلین و متیونین به عنوان یک منبع با ارزش پروتئینی در تغذیه گاوهای شیری محسوب می‌گردد. اما تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای زیاد دانه سویا سبب کاهش دسترسی به مواد مغذی موجود در آن و عملکرد تولیدی دام شده است. تف دادن و اکستروژن کردن راهبرد مناسبی در کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای دانه سویا و تأمین پروتئین عبوری مورد نیاز گاوهای شیری می‌باشد (12 و 20). در مطالعه فتحی نسری (12) تف دادن و تف دادن به همراه ذخیره‌سازی حرارتی سبب کاهش معنی‌دار میزان نیتروژن غیر پروتئینی و نیتروژن محلول در بافر دانه سویا شد. میزان نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی و نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی تحت تأثیر عمل‌آوری حرارتی کاهش یافت که یکی از دلایل آن کاهش مقدار پسته سویا گزارش شد. فرآیند حرارتی تف دادن در دمای 145 درجه سانتی‌گراد سبب کاهش میزان نیتروژن محلول در بافر فسفات - بورات دانه سویا شد و میزان نیتروژن غیر پروتئینی نیز در دانه سویا تف داده کمتر از دانه سویا خام بود. در آزمایش اکبریان و همکاران (4) میزان نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی دانه سویای خام تحت تأثیر فرآیند حرارتی تف دادن افزایش یافت. برنارد (7) گزارش کرد تف دادن کنجاله سویا سبب افزایش نیتروژن غیرمحلول در شوینده اسیدی (ADIN) شده و افزایش درجه حرارت از 102 به 185 درجه سانتی‌گراد سبب افزایش ADIN از 5/6 به 59/5 درصد شده است. در مطالعه این محققین افزایش ADIN در درجه حرارت 115 و 130 درجه سانتی‌گراد غیرمعنی‌دار ولی در 145 درجه سانتی‌گراد تا سه برابر افزایش پیدا کرده است. در بسیاری از آزمایشات افزایش ADIN را نتیجه شکل‌گیری محصولات میلارد

1- Roaster

2- Steeping

مورد مطالعه ابتدا با آسیاب دارای الک با قطر منافذ 2 میلی‌متر خرد شدند. مقدار 5 گرم نمونه (دانه سویا خام، تف داده و اکستروژن شده) داخل کیسه‌های پلی استری با ابعاد 10×15 سانتی‌متر و با قطر منافذ 45 میکرون ریخته شد (4 کیسه به ازای هر نمونه؛ 2×2 کیسه در هر گاو) و کیسه‌ها به مدت 2، 4، 8، 16، 24 و 48 ساعت در شکمبه انکوباسیون شدند. برای زمان صفر، کیسه‌ها تنها با آب سرد شسته شدند، به طوری که آب زلال از آن‌ها خارج گردید. کیسه‌های حاوی نمونه پس از خروج از شکمبه با آب شستشو داده شدند، سپس کیسه‌ها با استفاده از آون تحت خلا در دمای 60 درجه سانتی‌گراد و به مدت 48 ساعت خشک گردید. میزان ناپدید شدن ماده خشک با توجه به اختلاف مقدار ماده خشک نمونه‌ها قبل و بعد از انکوباسیون محاسبه شد. همچنین میزان تجزیه پذیری پروتئین خام نمونه‌ها با توجه به میزان ماده خشک باقیمانده و تعیین میزان پروتئین خام قبل و بعد از انکوباسیون نمونه‌ها توسط دستگاه کجلدال، محاسبه گردید.

جهت تعیین قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام با استفاده از روش *in situ* و دستگاه شبیه ساز هضم (*in vitro*)، مقدار 5 گرم نمونه (دانه سویا خام، تف داده و اکستروژن شده) داخل کیسه‌های پلی استری با ابعاد 10×15 سانتی‌متر و با قطر منافذ 45 میکرون ریخته شد (4 کیسه به ازای هر نمونه) و کیسه‌ها به مدت 12 ساعت در شکمبه انکوباسیون شدند. پس از خروج کیسه‌ها از شکمبه با آب سرد شسته شدند تا آب زلال از آن‌ها خارج شد. سپس کیسه‌ها به مدت 48 ساعت در آون تحت خلا در دمای 60 درجه سانتی‌گراد خشک شدند. قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک برای هر نمونه از اختلاف وزن نمونه‌ها قبل و بعد از انکوباسیون محاسبه شد. قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام نمونه‌ها نیز با توجه به میزان ماده خشک باقیمانده و تعیین میزان پروتئین خام قبل و بعد از انکوباسیون نمونه‌ها توسط دستگاه کجلدال، محاسبه گردید. از باقیمانده نمونه‌ها جهت تعیین قابلیت هضم پس از شکمبه-ای ماده خشک و پروتئین خام استفاده شد. قابلیت هضم روده‌ای با کمک دستگاه شبیه ساز هضم¹، تعیین شد (14).

پروتئین قابل متابولیسم (MP) نمونه‌ها با استفاده از ضرایب تجزیه پذیری پروتئین خام (a، b و c) بدست آمده از روش *in situ* و میزان ADIN، بر اساس معادلات AFRC (1) محاسبه شد.

جهت تعیین فراسنجه‌های مختلف تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام نمونه‌ها، از معادله پیشنهادی ارسکوف و مکدونالد (21) استفاده شد و تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (24) و از طریق Proc NLIN انجام شد.

$$P = a + b(1 - e^{-ct})$$

رابطه 1

در این رابطه P پتانسیل تجزیه پذیری، a بخش سریع تجزیه، b

میلی‌گرم نیتروژن در هر گرم فرآورده بیان شد. اندازه‌گیری اوره‌آز یک روش استاندارد کنترل کیفی در دانه سویا است و مقدار اوره‌آز باتوجه به تغییرات pH در خلال آزمایش برآورده گردید. دامنه قابل قبول برای آزمون اوره‌آز $0/2 - 0/5$ میلی‌گرم بر گرم است. بدین منظور نمونه آسیاب شده ($0/2$ گرم) با محلول بافر اوره (10 میلی‌لیتر) مخلوط گردید (میزان نمونه‌هایی با فعالیت اوره‌آز خیلی بالا را به $0/05$ گرم کاهش داده شد) و سپس مخلوط به مدت 30 دقیقه در دمای 30 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس 10 میلی‌لیتر از محلول اسید کلریدریک به آن اضافه شد و فوراً تا دمای 20 درجه سانتی‌گراد سرد شد و تمام محتویات لوله آزمایش به طور کامل به بالن سنجش منتقل گردید. لوله آزمایش را دوبار و هر بار با 5 میلی‌لیتر آب شسته شده و به محتویات بالن سنجش اضافه گردید. سرانجام با محلول هیدروکسید سدیم حجم سنجی استاندارد تا pH 4/7 سنجش شد. این عمل با دستگاه پتانسیومتر صورت گرفت. حجم سود مصرفی به عنوان (V_1) یادداشت شد. همچنین جهت آزمون تهی (بدون نمونه) 10 میلی‌لیتر محلول بافر اوره و 10 میلی‌لیتر محلول اسید کلریدریک در لوله آزمایش ریخته شد و به سرعت مقدار $0/2$ گرم نمونه به آن اضافه گردید. سایر مراحل مشابه آزمون نمونه بوده و نهایتاً حجم سود مصرفی در این آزمایش به عنوان (V_0) یادداشت شد. فعالیت اوره‌آز (U) بر حسب میلی‌گرم نیتروژن آزاد شده در هر دقیقه از هر گرم نمونه از فرمول زیر محاسبه شد.

$$U = 14 \times C (V_0 - V_1) / 30 \times m$$

اجزای این معادله عبارتند از:

V_0 = حجم محلول هیدروکسید سدیم 0/1 مول در لیتر بکار رفته

در آزمون تهی بر حسب میلی‌لیتر

V_1 = حجم محلول هیدروکسید سدیم 0/1 مول در لیتر بکار رفته

در نمونه بر حسب میلی‌لیتر

C = غلظت دقیق محلول هیدروکسید سدیم بکار رفته بر حسب

مول در لیتر

m = وزن نمونه به گرم

عدد 30 = مدت زمان تاثیر اوره‌آز نمونه روی اوره برای آزاد کردن

آمونیاک بر حسب دقیقه

به منظور تعیین خصوصیات تجزیه پذیری نمونه‌ها از دو رأس گاو براون سوئیس دارای فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. گاوها با جیره حاوی 70 درصد علوفه و 30 درصد کنسانتره (شامل 35 درصد دانه جو، 18 درصد دانه ذرت، 10 درصد کنجاله سویا، 15 درصد کنجاله کزرا، 11/5 درصد سبوس گندم، 7 درصد ملاس، 1 درصد مکمل معدنی - ویتامینی، 2 درصد پودر صدف و 0/5 درصد نمک) (برحسب ماده خشک) بود. در سطح نگهداری و بصورت جیره کاملاً مخلوط تغذیه شدند. خوراک روزانه در دو نوبت صبح و عصر در اختیار حیوانات قرار گرفت. به منظور تعیین روند تجزیه پذیری، مواد خوراکی

بیشتر از دانه سویا خام بود. اما به نظر می‌رسد فرآیندهای حرارتی اثری بر مقدار چربی و پروتئین خام دانه سویا نداشته است. در دانه‌های فرآوری شده میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی کاهش یافت، که ممکن است به دلیل جدا شدن مقداری از پوسته در هنگام عمل آوری دانه سویا صورت گرفته باشد (12). ترکیب شیمیایی دانه سویای خام و تف داده نیز توسط انجمن ملی تحقیقات NRC (19)، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج NRC (19) نشان داد میزان پروتئین خام دانه سویای حرارت داده بیشتر از دانه سویای خام بود (به ترتیب 43 و 39/19 درصد). میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی بر خلاف این مطالعه در NRC (19) توسط حرارت افزایش داشت (به ترتیب از 19/5 به 22/1 و از 13/1 به 14/7). میزان چربی دانه سویا نیز در مقایسه با دانه سویا تف داده یکسان بود. کربوهیدرات غیر الیافی در دانه عمل آوری شده مطابق با نتایج این مطالعه کمتر از دانه سویا خام بود. در مطالعه نواک و همکاران (20) میزان پروتئین و چربی خام دانه سویا بر خلاف نتایج حاصله از این آزمایش توسط فرآیند اکستروود کردن کاهش یافت. اما میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی دانه سویا اکستروود شده نسبت به دانه سویا خام کمتر بود.

بخش کند تجزیه، c ثابت نرخ تجزیه پذیری، t زمان انکوباسیون در شکمبه (ساعت) می‌باشد. تجزیه‌پذیری مؤثر (ED) ماده خشک و پروتئین خام نمونه‌ها با استفاده از رابطه 2 و با در نظر گرفتن نرخ عبور (k) 0/04، 0/06 و 0/08 در ساعت محاسبه شد.

$$\text{ED} = a + \left\{ \frac{cb}{c + k} \right\} \text{رابطه 2}$$

تجزیه آماری داده‌های مربوط به ترکیبات شیمیایی، بخش‌های نیتروژن دار، میزان فعالیت اوره‌آز، پروتئین متابولسمی، فراسنجه‌های مختلف تجزیه پذیری و قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای دانه سویا خام، تف داده و اکستروود شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از بسته نرم افزاری SAS (24) و از طریق Proc GLM انجام شد. همچنین میانگین‌ها با آزمون توکی مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

پارامترهای کنترل کیفیت دانه سویا

الف) ترکیب شیمیایی دانه سویای خام و عمل‌آوری شده

ترکیب شیمیایی دانه سویا خام، تف داده و اکستروود شده در جدول 1 نشان داده شده است. میزان رطوبت در دانه‌های فرآوری شده کاهش یافت، که از لحاظ ذخیره‌سازی دانه سویا حائز اهمیت است. پروتئین و چربی خام دانه سویا تف داده و اکستروود شده اندکی

جدول 1- ترکیبات شیمیایی دانه سویای خام و عمل آوری شده با حرارت (بر حسب درصد ماده خشک)¹
Table 1- Chemical composition of raw and heat-treated soybean seed (% DM)¹

اجزاء جیره Components of diet	دانه سویا Soybean grain			سطح معنی داری P-value	اشتباه معیار میانگین SEM
	خام Raw	تف داده Roasted	اکستروود شده Extruded		
ماده خشک DM	92.89 ^a	97 ^b	94.3 ^{ab}	P<0.05	0.68
پروتئین خام CP	39.5	41.67	41.69	P≥0.05	0.93
چربی خام CF	21.6	23.5	21.65	P≥0.05	0.76
خاکستر Ash	5.42	5.21	5.37	P≥0.05	0.35
فیبر نامحلول در شوینده خنثی NDF	21.5	19.3	20.6	P≥0.05	0.76
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی ADF	9.4	7.8	8.2	P≥0.05	0.58
کربوهیدرات غیر الیافی ² NFC ²	11.98	10.32	10.69	P≥0.05	0.62

¹درج حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار (P < 0/05) است.

²کربوهیدرات غیر الیافی از طریق تفاضل درصد پروتئین خام، چربی خام، خاکستر و فیبر نامحلول در شوینده خنثی از 100 محاسبه شد.

¹Different letters in each row indicates significant difference (P<0.05).

²Non-fibrous carbohydrates was calculated by subtracting the percentage of crude protein, crude fat, ash and neutral detergent fiber of 100.

فرآیند تف دادن شد. در مطالعه گانش و گریو (13) مطابق نتایج آزمایش حاضر میزان نیتروژن غیر پروتئینی و نیتروژن محلول در بافر دانه سویا تحت تأثیر عمل آوری حرارتی کاهش یافت. بیشترین تأثیر فرآیند تف دادن بر پروتئین حقیقی محلول بود که میزان آن با افزایش درجه حرارت، کاهش یافت. میزان نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی در دمای 125 و 150 درجه سانتی‌گراد کاهش یافت، اما در دمای 165 درجه سانتی‌گراد به دلیل ایجاد فرآیند میلارد افزایش یافت. میزان نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی بر خلاف نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی در تمام دماهای اعمال شده کاهش یافت. در مطالعه فتحی (12) نیز تف دادن و تف دادن به همراه ذخیره سازی حرارتی سبب کاهش معنی‌دار میزان نیتروژن غیر پروتئینی و نیتروژن محلول در بافر دانه سویا شد. همچنین مطابق نتایج این آزمایش میزان نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی و نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی تحت تأثیر عمل آوری حرارتی کاهش یافت، که یکی از دلایل آن کاهش مقدار پوسته دانه سویا گزارش شد (12). از آنجا که هدف اصلی از تغذیه پروتئین در گاوهای شیری تأمین مقدار کافی پروتئین قابل تجزیه در شکمبه جهت نیاز میکروارگانیزمها و همچنین تأمین مقدار کافی پروتئین عبوری در جهت عملکرد مطلوب دام می‌باشد لذا با در نظر گرفتن بخش‌های نیتروژن دار می‌توان از دانه سویا در تأمین مناسب و دقیق‌تر پروتئین مورد نیاز گاوهای شیری استفاده نمود. همچنین عمل آوری حرارتی تف دادن و اکستروژن کردن می‌تواند سبب افزایش بازدهی منابع پروتئینی نظیر دانه سویا گردد.

ب) بخش‌های نیتروژن‌دار دانه سویای خام و عمل‌آوری شده

میزان بخش‌های نیتروژن‌دار دانه سویا خام، تف داده و اکستروژن شده در جدول 2 نشان داده شده است. میزان نیتروژن غیر پروتئینی و نیتروژن محلول در بافر دانه سویا تحت تأثیر عمل آوری حرارتی تف دادن و اکستروژن کردن کاهش یافت. همچنین میزان نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی دانه سویا کاهش یافت که ممکن است به دلیل جدا شدن مقداری از پوسته در هنگام عمل آوری دانه سویا صورت گرفته باشد یا تحت تأثیر عمل آوری حرارتی تف دادن و اکستروژن کردن کاهش یافته است (12). تف دادن و اکستروژن کردن نیز میزان نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی دانه سویا را تحت تأثیر قرار نداد. در بسیاری از آزمایشات حرارت باعث افزایش میزان پروتئین نامحلول در شوینده خنثی شد (8 و 25)، اما تأثیر فراوری بر میزان پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی بسیار متفاوت است. در بعضی از مقالات افزایش میزان پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی با حرارت (8)، عدم تغییر (25) یا حتی کاهش (11 و 18) نسبت به دانه خام و کنجاله سویا بیان شده است. میزان پروتئین حقیقی دانه سویا با توجه به کاهش نیتروژن غیر پروتئینی، توسط فرآیند تف دادن و اکستروژن کردن افزایش یافت. میزان نیتروژن غیر پروتئینی دانه سویا توسط فرآیند اکستروژن کردن اندکی بیشتر نسبت به فرآیند تف دادن کاهش یافت، اما تفاوت معنی داری وجود نداشت. فرآیند اکستروژن کردن سبب کاهش معنی‌داری در نیتروژن محلول در بافر دانه سویا در مقایسه با

جدول 2- بخش‌های نیتروژن‌دار دانه سویای خام و عمل آوری شده با حرارت (گرم بر کیلوگرم ماده خشک)

Table 2- Nitrogen fractions of raw and heat-treated soybean seed (g/kg DM)

بخش‌های نیتروژن‌دار Nitrogen fractions	دانه سویا Soy bean			سطح معنی داری P-value	اشتباه معیار میانگین SEM
	خام Raw	تف داده Roasted	اکستروژن شده Extruded		
	CP	395	416.7		
NPN	164 ^a	120 ^b	117 ^b	$P < 0.05$	5.28
TP	231 ^b	296.7 ^a	299.9 ^a	$P < 0.05$	2.04
BSP	340 ^a	218 ^b	201 ^c	$P < 0.05$	3.05
NDIN	166	162	165	$P < 0.05$	2.18
ADIN	139.5 ^a	109 ^b	113 ^b	$P < 0.05$	5.23

^aدرج حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

CP= پروتئین خام، NPN= نیتروژن غیر پروتئینی، TP= پروتئین حقیقی، BSP= نیتروژن محلول در بافر، NDIN= نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی

ADIN= نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی

¹Different letters in each row indicates significant difference ($P < 0.05$).

پی برد. دامنه قابل قبول برای آزمون اوره از 0/5-0/2 میلی‌گرم برگرم است و مقادیر بالاتر از 0/5 به معنای وجود مقدار بیشتر اوره و در نتیجه بازدارنده تریپسین است.

ج) میزان فعالیت اوره‌آز دانه سویای خام و عمل‌آوری شده

میزان فعالیت اوره‌آز دانه سویا خام، تف داده و اکستروژن شده در جدول 3 نشان داده شده است. با تعیین میزان فعالیت اوره‌آز می‌توان به تأثیر فرآیندهای حرارتی بر بازدارنده تریپسین موجود در دانه سویا

جدول 3- میزان فعالیت اوره‌آز دانه سویای خام و عمل آوری شده با حرارت (میلی گرم بر گرم ماده خشک)
Table 3- Amount of urease activity raw and heat-treated soybean seed (mg/g DM)

ماده ضد مغذی Anti-nutrient	دانه سویا Soy bean			سطح معنی داری P-value	اشتباه معیار میانگین SEM
	خام	تف داده	اکستروود شده		
	Raw	Roasted	Extruded		
فعالیت اوره‌آز Urease activity	6.76 ^a	0.19 ^b	0.14 ^b	P<0.05	0.33

¹درج حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار (P<0/05) است.

¹Different letters in each row indicates significant difference (P<0.05).

تریپسین از 50/80 به 4/70 و فعالیت اوره‌آز نیز از 1/99 به 0/03 شد. همچنین تف دادن دانه سویا در دمای 120 درجه سانتی‌گراد سبب کاهش میزان بازدارنده تریپسین از 56/30 به 6/30 و فعالیت اوره‌آز نیز از 2/01 به 0/03 شد. اکستروود کردن دانه سویا در دمای 145 - 135 درجه سانتی‌گراد سبب کاهش فعالیت اوره‌آز دانه سویا و بهترین عملکرد حیوانات مورد آزمایش شد (10). در آزمایش صورت گرفته توسط پوروشوتهام و همکاران (22) نشان دادند، بازدارنده‌های تریپسین و اوره‌آز در سویای اکستروود شده در دمای 140 درجه سانتی‌گراد به ترتیب از 50 و 2، به کمتر از 2 و 0/046 کاهش یافت. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که اکستروود کردن دانه سویا در بین دمای 140 - 120 درجه سانتی‌گراد سبب غیر فعال شدن بازدارنده تریپسین و فعالیت اوره‌آز می‌شود.

میزان فعالیت اوره‌آز دانه سویا تحت تأثیر عمل آوری حرارتی تف دادن و اکستروود کردن به طور چشمگیری کاهش یافت. ولی تفاوت معنی‌داری بین فعالیت اوره‌آز دانه سویا تف داده و اکستروود شده مشاهده نشد. نتایج حاضر نشان می‌دهد مواد ضد مغذی اوره‌آز و بازدارنده تریپسین دانه سویا توسط فرآیند تف دادن و اکستروود کردن غیر فعال شدند که می‌تواند سبب افزایش قابلیت هضم پروتئین روده‌ای و دسترسی اسیدهای آمینه در روده گردد (2). آلدریچ و همکاران (2) گزارش کردند که تخمیر شکمبه‌ای نمی‌تواند سبب حذف اثرات منفی فعالیت بازدارنده تریپسین بر قابلیت هضم اسیدهای آمینه دانه کامل سویا در روده باریک شود بلکه فرآیندهای حرارتی در این زمینه مؤثرند. در مطالعه رویز و همکاران (23) اکستروود کردن دانه سویا در دمای 140 درجه سانتی‌گراد سبب کاهش میزان بازدارنده

جدول 4- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک دانه سویا خام و عمل آوری شده با حرارت (درصد)
Table 4- Degradability parameters of dry matter raw and heat-treated soybean seed (%)

ماده خوراکی Nutrient	فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری Degradability parameters			تجزیه‌پذیری موثر (درصد) در سرعت عبور Effective degradability (%/KP)		
	a	b	c	0.04	0.06	0.08
دانه سویا خام Raw soybean seed	35.05 ^a	63.25 ^c	6.09 ^a	73.03 ^a	66.73 ^a	62.23 ^a
تف داده Roasted	26.01 ^b	74.73 ^b	4.21 ^b	64.33 ^b	56.83 ^b	51.79 ^b
اکستروود شده Extruded	14.93 ^c	85.82 ^a	4.74 ^b	61.48 ^c	52.81 ^c	46.87 ^c
سطح معنی‌داری P-value	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.05
اشتباه معیار SEM	0.63	1.12	0.28	0.62	0.68	0.71

¹درج حروف غیر مشابه در هر ردیف برای هر فراسنجه اندازه‌گیری شده بیانگر تفاوت معنی‌دار (P<0/05) است.

¹Different letters in each row indicates significant difference (P<0.05).

خام، تف داده و اکستروود شده در جدول 4 نشان داده شده است. تفاوت معنی‌دار (P<0/05) بین میانگین فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک دانه سویا تحت تأثیر فرآیند تف دادن و اکستروود کردن مشاهده شد. بخش سریع تجزیه

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک دانه سویای خام و عمل آوری شده
 بخش‌های مختلف تجزیه‌پذیری ماده خشک دانه‌های سویای

بخش سریع تجزیه ماده خشک شد. همچنین تجزیه پذیری مؤثر و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک دانه سویا توسط فرآیند اکستروود کردن کاهش یافت.

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه سویای خام و عمل‌آوری شده

بخش‌های مختلف تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه سویای خام، تف داده و اکستروود شده در جدول 5 نشان داده شده است. در مورد بخش‌های مختلف تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه‌های سویای خام، تف داده و اکستروود شده نیز یک روند مشابه با تجزیه‌پذیری ماده خشک این دانه‌ها مشاهده شد. تف دادن و اکستروود کردن سبب کاهش 38/4 و 68/4 درصدی بخش سریع تجزیه و افزایش 17/3 و 26/1 درصدی در بخش کند تجزیه و ثابت نرخ تجزیه پروتئین خام دانه سویا از 7/61 به 3/79 و 4/01 کاهش یافت. فرآیند تف دادن و اکستروود به ترتیب سبب 29/4 و 36/4 درصد کاهش در تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام دانه سویا در سرعت عبور 8 درصد در ساعت شدند. اکبریان و همکاران (4) مشاهده کردند عمل‌آوری حرارتی تف دادن در دمای 145 درجه سانتی‌گراد بخش سریع تجزیه پروتئین خام دانه سویا را کاهش می‌دهد. تف دادن نیز سبب کاهش تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام دانه سویا شد. ثابت نرخ تجزیه ماده پروتئین خام دانه سویا در شکمبه نیز 27/3 درصد کاهش پیدا کرد. بخش کند تجزیه دانه عمل‌آوری شده در مقایسه با دانه سویای خام افزایش یافت.

ماده خشک دانه سویای خام توسط فرآیند تف دادن و اکستروود کردن کاهش یافت (به ترتیب 27/6 و 57/4 درصد). تف دادن و اکستروود کردن نیز سبب افزایش بخش کند تجزیه دانه‌های سویای خام از 63/25 به 74/73 و از 63/25 به 85/82 درصد شد. همچنین ثابت نرخ تجزیه ماده خشک دانه‌های سویا در شکمبه نیز از 6/09 به 4/21 و از 6/09 به 4/74 درصد تحت تأثیر فرآیند تف دادن و اکستروود کردن کاهش یافت. فرآیند تف دادن و اکستروود کردن به ترتیب سبب 19/9 و 24/6 درصد کاهش در تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک دانه سویا در سرعت عبور 8 درصد در ساعت شدند.

نتایج حاضر در این آزمایش مطابق با مطالعه اکبریان و همکاران (4) بود. به طوری که تف دادن در دمای 145 درجه سانتی‌گراد سبب کاهش تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک و بخش سریع تجزیه دانه سویا شد. ثابت نرخ تجزیه ماده خشک دانه سویا در شکمبه نیز از 8/15 به 4/96 درصد کاهش پیدا کرد. همچنین بخش کند تجزیه دانه عمل‌آوری شده در مقایسه با دانه سویای خام افزایش داشت. بر خلاف این آزمایش در مطالعه فتحی (12) تف دادن در دمای 130 درجه سانتی‌گراد به صورت ذخیره‌سازی و بدون ذخیره‌سازی حرارتی بخش سریع تجزیه ماده خشک دانه سویای خام را تحت تأثیر قرار نداد. همچنین بخش کند تجزیه‌ی ماده خشک سویای خام و تف داده نیز تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند. اما فرآیند تف دادن سبب کاهش معنی‌دار تجزیه پذیری مؤثر و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک دانه سویای خام شد. روند تجزیه پذیری دانه سویا در مطالعه نواک و همکاران (20) نیز مشابه نتایج حاضر در این آزمایش بود. اکستروود کردن در دمای 145، 155 و 165 درجه سانتی‌گراد سبب کاهش

جدول 5- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه سویا خام و عمل‌آوری شده با حرارت (درصد)
Table 5- Crude protein degradability parameters of raw and heat-treated soybean seed (%)

ماده خوراکی Nutrient	فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری Degradability parameters			تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد) در سرعت عبور Effective degradability (%/KP)		
	a	b	c	0.04	0.06	0.08
دانه سویا خام Raw soybean seed	29.6 ^a	66.85 ^c	7.61 ^a	73.39 ^a	66.95 ^a	62.17 ^a
تف داده Roasted	18.21 ^b	80.89 ^b	3.79 ^b	57.08 ^b	49.12 ^b	43.87 ^b
اکستروود شده Extruded	9.34 ^c	90.49 ^a	4.01 ^b	54.58 ^c	45.54 ^c	39.51 ^c
سطح معنی‌داری P-value	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.05
اشتباه معیار SEM	0.52	2.31	0.26	0.57	0.59	0.6

¹درج حروف غیر مشابه در هر ستون برای هر فراسنجه اندازه‌گیری شده بیانگر تفاوت معنی‌دار (P < 0/05) است.

¹Different letters in each row indicates significant difference (P<0.05).

تجزیه‌پذیری ماده خشک، تف دادن به صورت ذخیره‌سازی و بدون

بر خلاف این آزمایش در مطالعه فتحی (12) مشابه روند

قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویای خام و عمل‌آوری شده

میزان قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویای خام و عمل‌آوری شده در جدول 6 نشان داده شده است. فرآیند تف دادن سبب کاهش 21/9 و 29/8 درصد در میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا شد. همچنین میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا تحت تأثیر فرآیند اکستروژن کردن 24/9 و 35/9 درصد کاهش یافت. میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه اکستروژن شده نسبت به دانه تف داده کاهش اندکی را نشان داد. نواک و همکاران (20) مشاهده کردند فرآیند حرارتی اکستروژن کردن در دمای 145، 155 و 165 درجه سانتی‌گراد باعث کاهش تجزیه پذیری شکمبه‌ای می‌گردد. بالاترین دما (165 درجه) ممکن است سبب دناتوره شدن پروتئین یا تشکیل کمپلکس پروتئین- کربوهیدرات گردد و بطور مؤثری تجزیه مواد را در شکمبه کاهش دهد. استرن (27) نشان داد که فرآوری حرارتی سویا به روش اکستروژن کردن در دمای 149 درجه سانتی‌گراد تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه را در مقایسه با سویای خام، کاهش می‌دهد. در حالی که اکستروژن کردن در دمای پایین‌تر (132 درجه) جهت کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین مفید نبود. در مطالعه فتحی (12) مطابق نتایج حاضر میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا تحت تأثیر عمل‌آوری تف دادن و تف دادن به همراه ذخیره‌سازی حرارتی کاهش یافت. همچنین کاهش ناپدید شدن شکمبه‌ای پروتئین خام روند مشابهی با کاهش ناپدید شدن شکمبه‌ای کل اسیدهای آمینه دانه سویا تحت تأثیر فرآیندهای حرارتی داشت.

قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویای خام و عمل‌آوری شده

میزان قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویای خام، تف داده و اکستروژن شده (بر حسب درصد ماده خشک) در جدول 6 نشان داده شده است. تحت تأثیر عمل‌آوری حرارتی تف دادن و اکستروژن کردن میزان قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا تحت تأثیر فرآیند تف دادن 56/6 و 57/5 درصد و تحت تأثیر فرآیند اکستروژن کردن 71/5 و 73/1 درصد افزایش یافت. فرآیند اکستروژن کردن در مقایسه با فرآیند تف دادن سبب افزایش بیشتری در میزان قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا شد.

ذخیره‌سازی حرارتی بخش سریع تجزیه و بخش کند تجزیه پروتئین خام دانه سویا را تحت تأثیر قرار نداد. اما فرآیند تف دادن سبب کاهش معنی‌دار تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام و ثابت نرخ تجزیه دانه سویای خام شد. در مطالعه نواک و همکاران (20) روند تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه سویا نیز مشابه نتایج حاضر در این آزمایش بود. اکستروژن کردن در تمام دماهای اعمال شده سبب کاهش بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه پروتئین خام شد. همچنین تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام دانه سویا توسط فرآیند اکستروژن کردن کاهش یافت.

فرآیند اکستروژن کردن سبب کاهش بیشتری در بخش سریع تجزیه ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا نسبت به تف دادن شد ($P < 0/05$). همچنین بخش کند تجزیه ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا توسط فرآیند اکستروژن کردن در مقایسه با فرآیند تف دادن، بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت ($P < 0/05$). تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا نیز تحت تأثیر فرآیند اکستروژن کردن نسبت به تف دادن کاهش بیشتری نشان داد ($P < 0/05$). اما فرآیند تف دادن سبب کاهش بیشتری نسبت به اکستروژن کردن در مورد ثابت نرخ تجزیه ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا شد، اما تفاوت معنی‌داری بین دو فرآیند در این مورد وجود نداشت. با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش، فرآیند اکستروژن کردن تأثیر مؤثرتری بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری دانه سویای خام نسبت به فرآیند تف دادن داشته است. نتایج نشان داد تف دادن و اکستروژن کردن سبب کاهش معنی‌دار بخش سریع تجزیه (که عمدتاً از نیتروژن غیر پروتئینی تشکیل شده است) و افزایش بخش کند تجزیه دانه سویا شده است. حرارت دادن سبب ایجاد پل‌های عرضی در داخل زنجیره‌های پلی پپتیدی و بین زنجیره‌ها با کربوهیدرات‌ها شده و به این ترتیب تجزیه پذیری پروتئین را کاهش می‌دهد (17). که می‌تواند بیانگر کاهش در بخش سریع تجزیه و افزایش در بخش کند تجزیه دانه سویا عمل‌آوری شده باشد. بعلاوه با توجه به کاهش ثابت نرخ تجزیه می‌توان نتیجه گرفت عمل‌آوری حرارتی سبب افزایش نسبت اجزاء با ثابت نرخ تجزیه پذیری کندتر شده است. همچنین در دانه‌های عمل‌آوری شده تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام با توجه به کاهش ثابت نرخ تجزیه و رابطه مستقیم با ثابت نرخ تجزیه‌پذیری، کاهش یافت. نتایج نشان داد فرآیندهای حرارتی تف دادن و اکستروژن کردن راهبرد مناسبی در کاهش تجزیه پذیری شکمبه‌ای دانه سویا و تأمین پروتئین عبوری مورد نیاز گاوهای شیری می‌باشد. تف دادن و اکستروژن کردن نیز می‌تواند با حفاظت پروتئین دانه سویا از دسترسی میکروب‌ها در شکمبه، روش مؤثری در افزایش بازده استفاده از پروتئین با ارزش دانه سویا باشد.

جدول 6- قابلیت هضم شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک و پروتئین خام دانه سویای خام و عمل‌آوری شده با حرارت (درصد ماده خشک)
Table 6- Ruminal Digestibility, Post-Ruminal digestibility and total tract dry matter and crude protein of raw and heat-treated soybean seed (% DM).

ماده مغذی Nutrient	دانه سویا Soybean seed			سطح معنی‌داری P-value	اشتباه معیار میانگین SEM
	خام	تف داده	اکستروژن شده		
	Raw	Roasted	Extruded		
قابلیت هضم شکمبه‌ای Ruminal digestibility					
ماده خشک DM	64.18 ^a	50.11 ^b	48.21 ^b	P<0.05	1.07
پروتئین خام CP	66.12 ^a	46.37 ^b	42.35 ^b	P<0.05	0.98
قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای Post-Ruminal digestibility					
ماده خشک DM	35.1 ^c	54.97 ^b	60.23 ^a	P<0.05	0.97
پروتئین خام CP	42.06 ^c	66.27 ^b	72.83 ^a	P<0.05	0.99
قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش Total tract					
ماده خشک DM	76.85 ^b	77.35 ^b	79.4 ^a	P<0.05	0.61
پروتئین خام CP	80.36 ^b	81.91 ^b	84.33 ^a	P<0.05	0.82

¹درج حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار (P<0/05) است.

¹Different letters in each row indicates significant difference (P<0.05).

تریپسین دانه سویا شد و یکی از دلایل افزایش قابلیت هضم روده‌ای اسیدهای آمینه بود. نتایج مطالعه اکبریان (3) نشان داد که بین ناپدید شدن بعد شکمبه‌ای ماده خشک دانه سویای عمل‌آوری نشده و تف داده شده تفاوت معنی‌داری (P<0/05) وجود دارد. ناپدید شدن بعد شکمبه‌ای ماده خشک دانه سویای عمل‌آوری نشده 73/07 درصد و برای تف داده شده 81/99 درصد بود. همچنین میزان ناپدید شدن بعد شکمبه‌ای پروتئین خام دانه سویای عمل‌آوری نشده 86/28 درصد و برای تف داده شده 88/49 درصد بود.

قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش

عمل‌آوری حرارتی تف دادن و اکستروژن کردن سبب افزایش قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا در کل دستگاه گوارش شد (جدول 6). میزان قابلیت هضم دانه سویا در کل دستگاه گوارش تحت تأثیر فرآیند تف دادن بطور اندکی افزایش یافت، اما اکستروژن کردن بطور معنی‌داری سبب افزایش قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش شد. نتایج نشان می‌دهد تف دادن و اکستروژن کردن با کاهش در میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای و افزایش قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای مواد مغذی دانه سویا سبب بهبود روند تجزیه‌پذیری دانه

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد افزایش در قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا ممکن است بدلیل کاهش در میزان فعالیت اوره‌از و بازدارنده تریپسین دانه سویا توسط عمل‌آوری حرارتی تف دادن و اکستروژن کردن باشد. در مطالعه فتحی (12) نیز نتایج نشان داد فرآیندهای تف دادن و تف دادن به همراه ذخیره‌سازی حرارتی سبب افزایش در میزان قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا شد. فرآیند اکستروژن کردن دانه سویا در دمای 195 درجه سانتی‌گراد نیز سبب کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه از 90 به 58 درصد و افزایش قابلیت دسترسی پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه از 78 به 91 درصد می‌گردد (6). آلدريج و همکاران (2) گزارش کردند عمل‌آوری حرارتی تف دادن و اکستروژن کردن سبب بهبود در میزان قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای پروتئین خام و اسیدهای آمینه دانه سویا شد. همچنین فعالیت بازدارنده تریپسین را قبل و بعد از انکوباسیون شکمبه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد تخمیر شکمبه‌ای نمی‌تواند سبب حذف اثرات منفی فعالیت بازدارنده تریپسین بر قابلیت هضم اسیدهای آمینه دانه سویا در روده باریک شود. فرآیندهای تف دادن و اکستروژن کردن سبب کاهش در میزان فعالیت بازدارنده

پس شکمبه‌ای جبران شده است.

پروتئین قابل متابولیسم

پارامترهای پروتئین دانه سویا خام، تف داده و اکستروده شده در سیستم پروتئین متابولیسمی در جدول 7 نشان داده شده است. سیستم پروتئین قابل متابولیسم تغییرات کمی و کیفی پروتئین در دستگاه گوارش را مورد توجه قرار داده و نهایتاً مقدار اسیدهای آمینه قابل جذب از روده باریک را تخمین زده (3) و با استفاده از داده‌های تجزیه پذیری به روش کیسه‌های نایلونی مقدار پروتئین جیره قابل تجزیه در شکمبه را تخمین و محاسبه می‌کند. نتایج نشان داد پروتئین قابل تجزیه سریع دانه سویا تحت تأثیر فرآیندهای حرارتی تف دادن و اکسترو کردن به ترتیب 35 و 66/7 درصد کاهش یافت و با توجه به کاهش در میزان بخش سریع تجزیه دانه سویا تحت تأثیر قرار گرفت. فرآیند تف دادن پروتئین قابل تجزیه آهسته دانه سویا را تحت تأثیر قرار نداد، اما اکسترو کردن سبب افزایش معنی‌دار این بخش شد. عمل‌آوری تف دادن و اکسترو کردن پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه دانه سویا را کاهش داد، اما میزان این بخش در دانه سویا تف داده و اکسترو شده یکسان بود. میزان پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه و پروتئین غیر قابل تجزیه قابل هضم دانه سویا تحت تأثیر تف دادن و اکسترو کردن افزایش یافت، اما بین دانه سویا تف داده و اکسترو شده تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

سویا شد، به طوری که مکان هضم مواد مغذی را از شکمبه به روده باریک انتقال داده و سبب افزایش میزان مواد مغذی قابل هضم در روده شد. افزایش قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش نشان می‌دهد کاهش هضم شکمبه‌ای دانه سویا تحت تأثیر فرآیندهای تف دادن و اکسترو کردن توسط افزایش قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای جبران شده است.

در مطالعه فتحی (12) نتایج نشان داد قابلیت هضم دانه سویا در کل دستگاه گوارش تحت تأثیر فرآیند تف دادن قرار نگرفت و یکسان بود. اما فرآیند تف دادن به همراه ذخیره‌سازی حرارتی سبب افزایش معنی‌داری در میزان قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش شد. آن‌ها لزوم انجام این مرحله از فرآیند حرارتی پس از تف دادن را توصیه کردند. در مطالعه اکبری (3) مطابق نتایج حاضر بین ناپدید شدن ماده خشک و پروتئین خام در کل دستگاه گوارش برای دانه سویای عمل‌آوری نشده و تف داده شده تفاوت معنی‌دار ($P < 0/05$) وجود نداشت. ناپدید شدن ماده خشک دانه سویای عمل‌آوری نشده در کل دستگاه گوارش 96/59 درصد و برای دانه سویای تف داده شده 95/76 درصد بود. همچنین ناپدید شدن پروتئین خام دانه سویای عمل‌آوری نشده، تف داده شده در کل دستگاه گوارش به ترتیب 99/17 و 99/29 درصد بدست آمد. در این مطالعه نیز نتایج نشان داد که عمل‌آوری دانه سویا مکان هضم ماده خشک را از شکمبه به روده منتقل کرده و کاهش ناپدید شدن در شکمبه با افزایش ناپدید شدن

جدول 7- پارامترهای پروتئین دانه سویای خام و عمل‌آوری شده با حرارت در سیستم پروتئین قابل متابولیسم (گرم بر کیلوگرم ماده خشک)
Table 7- The protein parameters of raw and heat-treated soybean seed in metabolizable protein system (g/kgDM)

پارامترهای پروتئین Parameters of Protein	دانه سویا Soybean seed			سطح معنی‌داری P-value	اشتباه معیار میانگین SEM
	خام Raw	تف داده Roasted	اکسترو شده Extruded		
	QDP	116.90 ^a	75.9 ^b		
SDP	209.1 ^b	218.42 ^b	251.7 ^a	P<0.05	2.94
ERDP	302.6 ^a	281.3 ^b	282.8 ^b	P<0.05	2.96
UDP	68.9 ^b	120.1 ^a	126.2 ^a	P<0.05	3.12
DUP	61.2 ^b	107.4 ^a	112.9 ^a	P<0.05	2.8
MP	254.1 ^c	286.8 ^b	293.2 ^a	P<0.05	0.96

آدرج حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P < 0/05$) است.

QDP= پروتئین قابل تجزیه سریع، SDP= پروتئین قابل تجزیه آهسته، ERDP= پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه، UDP= پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه

DUP= پروتئین غیر قابل تجزیه قابل هضم، MP= پروتئین قابل متابولیسم

¹Different letters in each row indicates significant difference ($P < 0.05$).

QDP: Quickly Degradable Protein, SDP: Slowly Degradable Protein, ERDP: Effective Rumen Degradable Protein, UDP: Undegradable Dietary Protein, DUP: Digestible Undegradable Protein, MP: Metabolize Protein.

دانه سویا اکسترو شده، کمترین میزان پروتئین قابل تجزیه سریع و بیشترین میزان پروتئین قابل تجزیه آهسته و پروتئین متابولیسمی را دارا بود. نتایج نشان می‌دهد میزان پروتئین قابل متابولیسم دانه سویا تحت تأثیر میزان تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه می‌باشد، که با توجه به بهبود در روند تجزیه پذیری و افزایش در قابلیت هضم بعد از

نسبت DUP به UDP از صفر تا 0/9 با توجه به نوع خوراک و پیش‌فرآوری آن متغیر است (1). نسبت DUP به UDP دانه سویای خام، تف داده و اکسترو شده به ترتیب 88/8، 89/42 و 89/45 بود. با توجه به معادلات بدست آمده میزان پروتئین قابل متابولیسم دانه سویا تف داده و اکسترو شده به ترتیب 12/8 و 13/3 درصد افزایش یافت.

یافته و سبب افزایش میزان ماده خشک و پروتئین خام قابل هضم در روده شده است. نتایج این آزمایش نشان داد فرآیندهای حرارتی تف دادن و اکستروود کردن راهبرد مناسبی در کاهش تجزیه پذیری شکمبه‌ای دانه سویا و تأمین پروتئین عبوری مورد نیاز گاوهای شیری می‌باشد. ضمن اینکه دمای مورد استفاده جهت عمل‌آوری حرارتی مهم بوده و نتایج نشان داده است حرارت بیش از حد مطلوب (بالای 165 درجه طبق اکثر آزمایشات) ممکن است پروتئین سویا را در برابر فعالیت میکروبی در شکمبه محافظت کند، ولی پروتئین غیرقابل هضم در روده ایجاد گردد (20). در این مطالعه دمای مورد استفاده جهت اکستروود کردن در محدوده 150-160 درجه سانتی‌گراد بود و باعث عدم انحلال بیشتر در پروتئین دانه سویا نگردید.

شکمبه‌ای دانه سویا توسط فرآیندهای حرارتی تف دادن و اکستروود کردن، پروتئین متابولیسمی افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری کلی

فرآیند تف دادن و اکستروود کردن سبب بهبود روند تجزیه‌پذیری دانه سویا شد، به طوری که بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین فرآیندهای حرارتی سبب افزایش بخش کند تجزیه و کاهش در تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام دانه سویا شد. کاهش میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای دانه سویا توسط عمل‌آوری حرارتی، با افزایش در قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای جبران گردید که نشان می‌دهد مکان هضم پروتئین از شکمبه به روده باریک انتقال

منابع

- 1- Agricultural Food Research Council. 1993. Energy and Protein requirements of ruminants. CAB International, Walling Road, UK.
- 2- Aldrich, C. G., N. R. Merchen., C. M. Parsons., H. S. Hussein., S. Ingram, and J. R. Clodfelter. 1997. Assessment of post-ruminal amino acid digestibility of roasted and extruded whole soybeans with the precision-fed rooster assay. *Journal of Animal Science*, 75: 3046-3051.
- 3- Akbariyan, A. 2009. Functional and physiological responses of lactating Holstein cows to processed soybeans with Physical methods. Master Thesis. Isfahan University of Technology. (In Persian).
- 4- Akbariyan, A., M. Khorvash., G. h. Ghorbani., M. Dehghan., P. Shourang., A. Ghasemi, and M. Jafari. 2010. Degradability of soybean seeds processed with physical methods with nylon bag and polyacrylamide gel electrophoresis. 4th Animal Science Congress, College of Agriculture and Natural Resources, Karaj. (In Persian).
- 5- AOAC International, 2012. Official Method of Analysis. 19th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- 6- Benchaar, C, and R. Moncoulon. 1993. Effet de l'extrusion à 195°C sur la disparition des acides aminés du lupin dans le rumen et l'intestin in situ chez la vache. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences*, 42:128-129.
- 7- Bernard J K, 1990. Effect of raw or roasted whole soybeans on digestibility of dietary nutrients and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 73:3231.
- 8- Borucki Castro, S. I., L. E. Phillip., H. Lapierre., P.W. Jardon, and R. Berthiaume. 2007. Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in treated soybean meal products. *Journal of Dairy Science*, 90: 810-822.
- 9- Danesh Mesgaran, M, and N. Heydariyan. 2000. Determination Nitrogen fractions of Food ingredients used in ruminants in Khorasan province. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14: 79-89. (In Persian).
- 10- Dragan, V. P, and E. S. Coetzee. 2009. Protocol for using protein solubility as an indicator of full-fat soybean heat treatment. *Bibliid*, 40: 71-77.
- 11- Faldet, M. A., V.L. Voss., G. A. Broderick, and L.D. Satter. 1991. Chemical, in vitro. and in situ evaluation of heat-treated soybean proteins. *Journal of Dairy Science*, 74:2548-2554.
- 12- Fathi Nasri, M. H. 2005. Impact of the use of raw and heated soybeans on digestive factors, milk production and composition Holstein cows. PhD thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- 13- Ganesh, D, and D. G. Grieve. 1990. Effect of roasting raw soybeans at three temperatures on in situ dry matter and nitrogen disappearance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 73: 3222-3230.
- 14- Gargallo, S., S. Calsamiglia, and A. Ferret. 2006. Technical note: A modified three-step *in vitro* procedure to determine intestinal digestion of proteins. *Journal of Animal Science*, 84:2163-2167.
- 15- International Standard-5506-1988. Soya bean products - determination of urease activity
- 16- Licitra, G., T. Hernandez, and P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 57:347-358.
- 17- Mielke, C. D, and D. J. Schingoethe. 1981. Heat-treated soybeans for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 64:1579-1585.
- 18- Moshtaghi Nia, S. A, and Ingalls, J. R. 1992. Effect of heating on canola meal protein degradation in the rumen and digestion in the lower gastrointestinal tract of steers. *Can. Journal of Animal Science*, 72:83-88.

- 19- National Research Council, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle 7th ed. National Academy of Sciences, Washington, DC. USA.
- 20- Nowak, W., S. Michalak, and S. Wylegala. 2005. In situ evaluation of ruminal degradability and intestinal digestibility of extruded soybeans. Czech. Journal of Animal Science, 50: 281–287.
- 21- Orskov, E. R, and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science, 92:499-503.
- 22- Purushotham, B., P. M. Radhakrishna, and B.S. Sherigara. 2007. Effects of steam conditioning and extrusion temperature on some anti-nutritional factors of soybean for pet food (glycine max) applications. American Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2 (1): 1-5.
- 23- Ruiz, N., F. Belalcazar, and G.J. Diaz. 2004. Quality control parameters for commercial full-fat soybeans processed by two different methods and fed to broilers. Journal of Applied Poultry Research, 13: 443-450.
- 24- SAS Institute Inc. 1996. Statistical Analysis System (SAS) User's Guide, SAS Institute, Cary, NC, USA.
- 25- Samadi, and P. Yu. 2011. Dry and moist heating-induced changes in protein molecular structure, protein subfraction, and nutrient profiles in soybeans. Journal of Dairy Science, 94:6092-6102.
- 26- Satter, L. D., T. R. Dihiman, and J. T. Hsu. 1994. Use of heat processed soybeans in dairy cattle. In Proc. 1994 Cornell Nutrition Conf. for Feed Manufacture. pp 19. Rochester, NY.
- 27- Stern, M. D., K. A. Santos, and L. D. Satter. 1985. Protein degradation in rumen and amino acid absorption in small intestine of lactating dairy cattle fed heat-treated whole soybeans. Journal of Dairy Science, 68: 45–56.
- 28- Van Soest P. J., J. B. Robertsons, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.

Effects of roasting and extruding heat processes on chemical composition, degradability fractions and intestinal digestibility of dry matter and crude protein of whole soybeans

H. Khorasani¹, M. Bashtani^{2*}, A. Forughi³, H. FarhangFar⁴ and F. Ganji⁵

Received: 13-03-2017

Accepted: 20-10-2018

Introduction: This research was undertaken to evaluate the effects of roasting and extruding heat processes on chemical composition, nitrogenous fractions, urease activity, metabolic protein, properties of degradability, and the ruminal- intestinal digestibility of dry matter and crude protein of raw and processed soybeans.

Materials and method: This study was carried out at the Research Farm, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran. During the extrusion process, soybeans were affected for 20-30 seconds at 150-160°C in the extruder by heat and pressure and finally were dried and cooled. In the process of roasting, the soybean for 15 minutes at temperature of 145°C was heated and for 45 minutes holding tank for heat storage remained. Seeds were dried and cooled by air flow, dry and cold. Approximate analysis of samples including dry matter, crude protein, crude fat and ash was determined by AOAC. The urease activity of raw and processed soybean was determined based on ISO-3896. Degradability parameters of the samples were measured after incubation for 0, 2, 4, 8, 16, 24 and 48 hours in the rumen of two fistulated Brown Swiss cows. Also, ruminal and post ruminal digestibility were determined with the incubation of samples for 12 hours in the rumen by Daisy system. The DM and CP degradation data were fitted by exponential equation: $P=a+b(1-e^{-ct})$. Effective degradability (ED) were calculated using of equation $ED = a + \{(cb)/(c + k)\}$ and taking into consideration passing rate (k) 0.04, 0.06 and 0.08 per hour.

Results and Discussion: The findings of the present research revealed that roasting and extruding heat processes lead to increase of dry matter through decreasing water content and that it had no significant effect on other chemical composition. The findings showed that the process of roasting and extruding caused the amount of actual protein of the soybean to increase and was not effective on the amount of insoluble nitrogen in neutral detergent of the soybean. The non-protein nitrogen and nitrogen dissolved in the buffer soybean under the influence of roasting and extruding decreased. The amount of acid detergent insoluble nitrogen soybean decreased which might be due to the removal of some of the shells in the processing soybean has taken place or influence of roasting and extruding decreased. The urease inhibitor of the soybean became inactive by the process of roasting and extruding.

1- MS.c Graduated, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

2- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

3- Associate Prof, Department of Animal Science, Agricultural Education Center of Khorasan Razavi, Iran.

4- Professor., Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

5- PhD Graduated, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

Corresponding Author Email: mbashtani@birjand.ac.ir

DOI:10.22067/ijasr.v11i4.63238

Consequently, it caused intestinal protein digestibility to increase and affected by thermal process, the amount of metabolic protein of the soybean increased significantly, too. The process of roasting and extruding reduced the rapid part degradation of dry matter of the soybean (6.27 and 4.57 percent, respectively). Also, process of roasting and extruding caused the slow part of degradation to increase (of 63.75 to 74.73 and 63.25 to 85.82 percent, respectively). In addition, the rate constants degradation of dry matter of the soybean in rumen decreased (of 6.66 to 4.21 and 6.09 to 4.74 percent) under the influence of roasting and extruding. The process of roasting and extruding reduced the rapid part degradation of crude protein (38.4 and 68.4 percent, respectively) and the slow part of degradation to increase (17.3 and 26.1 percent, respectively), the rate constants degradation of crude protein of the soybean decreased (ranged from 7.61 to 3.79). Also, thermal processes reduced effective degradability of dry matter and crude protein of the soybean. Roasting and extruded with the reduction of the amount of ruminal disappearance and the increase of the post ruminal digestibility of dry matter and crude protein of soybean caused the degradability process of the soybean to be improved so that it transferred the place of the digestion of protein from the rumen to the small intestines and caused the amount of digestible of dry matter and crude protein in the intestine to increase. The increase of digestibility in the total digestive system shows that the reduction of ruminal digestion of soybean affected by the processes of roasting and extruding has been compensated by the increase of post ruminal digestibility.

Conclusion: The experiment results indicated that thermal processes of roasting and extrusion were an appropriate strategy for reduction the ruminal degradability of the soybean and the supply of passing protein needed by high milk producing dairy cows.

Keywords: Degradability, Extruding, Roasting, Metabolizable protein, Whole soybeans