مقاله علمی پژوهشی/نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ جلد ۳۲ شماره ۱/ سال۱۴۰۱/ صفحات ۱۲۵ تا ۱۴۲

پژوهش‌های علوم دامی
Animal Science Research

DOI: 10.22034/AS.2022.21658.1389

تاثیر روش‌های مختلف فرآوری دانه سویا بر قابلیت تجزیه‌پذیری پروتئین و ماده خشک آن با استفاده از روش-های تولید گاز و کیسه‌های نایلونی

بهنام حاجی محمدی دارابی[۱]، علی حسین خانی[۲*]، اکبر تقی‌زاده[۲] و حمید محمدزاده[۲]

تاریخ دریافت: ۹۶//٤/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۷

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

[۲] به ترتیب دانشیار، استاد و استادیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه: Email: a.hosseinkhani@tabrizu.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: دانه سویا یکی از مهمترین منابع پروتئینی گیاهی مورد استفاده در تغذیه دام‌ها می‌باشد. **هدف**: آزمایشی به منظور بررسی تاثیر فرآوری دانه سویا با روش‌های تفت دادن و اکسترود کردن بر تجزیه شکمبه‌ای با استفاده از روش تولید گاز تجمعی و کیسه‌های نایلونی انجام گردید. **روش کار**: در روش تولید گاز تجمعی ۳۰۰ میلی گرم از هر نمونه در ساعات ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲٤، ۳٦، ٤۸، ۷۲ و ۹٦ انکوباسیون گردید، همچنین تجزیه پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین دانه سویای خام و فرآوری شده با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی بررسی شد. در این روش مقدار ٥ گرم نمونه خوراکی به مدت صفر، ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲٤، ۳٦ و ٤۸ ساعت در شکمبه دو رأس گوسفند نر دارای فیستولای شکمبه‌ای انکوبه شد. داده‌های به دست آمده در قالب طرح کاملا تصادفی با نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ تجزیه و تحلیل آماری شدند. **نتایج**: نتایج حاصل از تولید گاز تجمعی نشان داد که فرآوری حرارتی دانه سویا باعث کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک بعد از ساعت ۱٦ انکوباسیون میگردد (P<۰/۰٥). فراسنجه‌های تغذیه‌ای تخمین شده بوسیله روش تولید گاز تجمعی (انرژی قابل متابولیسم، انرژی ویژه شیردهی، اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر و ماده آلی قابل هضم) در هر دو نوع فرآوری کاهش یافتند (P<۰/۰٥). نتایج بدست آمده از روش کیسه‌های نایلونی نشان داد تفت دادن و اکسترود کردن باعث کاهش در ثابت نرخ تجزیه (c) پروتئین خام می‌شود (P<۰/۰٥)، که مقدار بخش (c) برای دانه سویای خام، اکسترود شده و تفت داده به ترتیب ۰/۰۷۱، ۰/۰٦٤ و ۰/۰٤۱ در ساعت گزارش شد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین بخش (c) در ماده خشک تیمارها مشاهده نشد. **نتیجه گیری نهایی**: نتایج نشان داد که تفت دادن و اکسترود کردن دانه سویا با کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین سویا در شکمبه، موجب عبوری و قابل استفاده شدن آن در قسمت‌های پایین‌تر شکمبه می‌شوند.

واژگان کلیدی: دانه سویای حرارت دیده، گوسفند قزل، پروتئین میکروبی، کیسه‌های نایلونی، تجزیه‌پذیری پروتئین

مقدمه

دانه سویای خام حاوی فاکتورهای ضد تغذیه‌ای از جمله بازدارنده پروتئاز، لکتین، ترکیبات فنولیک و فیتات‌ها می-باشد (سالونخه و همکاران ۱۹۹۲). پروتئین سویا غنی از

لایزین، متیونین، والین و ایزولوسین است که اولین، دومین و سومین اسیدآمینه محدود کننده شیر را شامل می‌شوند (نوواک و همکاران ۲۰۰۵). در سال‌های اخیر روش‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوتی برای فرآوری دانه‌های پروتئینی به منظور کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه و افزایش اسیدآمینه قابل دسترس در روده استفاده شده است. به نظر می‌رسد فرآوری حرارتی موثرتر از فرآوری شیمیایی می‌باشد زیرا ممکن است فرآوری شیمیایی اثرات مضری بر هضم اسیدآمینه در روده داشته باشد (مصطفی ۲۰۰۰). عمل‌آوری حرارتی سبب ایجاد پل‌های عرضی در داخل و بین زنجیره‌های پپتیدی با کربوهیدراتها شده و حلالیت پروتئین را کاهش می‌دهد که خود سبب کاهش حساسیت به تجزیه در شکمبه می‌شود. برای موثر واقع شدن عمل‌آوری حرارتی، دو عامل درجه حرارت و مدت زمان عمل‌آوری تعیین کننده هستند و در برخی روش‌ها از دماهای بالا (حدود ۳۰۰ تا ٤۰۰ درجه سلسیوس) برای مدت کوتاه (۱ تا ۳ دقیقه) و در برخی دیگر مانند از دماهای پایین‌تر (۱۲۰تا ۱۸۰ درجه سلسیوس) برای مدت طولانی‌تر (۲ تا ۳ ساعت) استفاده می‌شود (دیکون و همکاران ۱۹۸۸). از جمله مهمترین و رایج‌ترین روش‌های فرآوری حرارتی موجود در دانه سویا می‌توان به اکستروژن[1] و تفت دادن[2] این دانه اشاره کرد. در اکستروژن به طور معمول دانه سویا در دمای بین ۹۰ الی ۱٦۰ درجه سلسیوس (وورگان و همکاران ۱۹۹۵ و ملکیون و همکاران ۱۹۹۳) در بازه زمانی ۳۰ ثانیه الی ۳ دقیقه، و رطوبت نسبتا پایین (کمتر از ۳۰ درصد) اکسترود شده و محصول تحت فشار بالا از یک دریچه عبور می‌کند. فرآیند اکستروژن ممکن است به روش خشک یا مرطوب صورت پذیرد. دما، رطوبت و میزان ماندگاری مواد در دستگاه از عوامل مهم در اکستروژن هستند (چفتل ۱۹۸٦). دما در تفت دادن بر اساس سیستم مورد استفاده به ۱۰۰ لی ۲۱۰ درجه سلسیوس می‌رسد. بدین منظور مدل‌های متعددی از قبیل سامانه جابجایی هوای خشک و سیستم حرارت مرطوب موجود است و دمای مورد استفاده جهت حرارت را می توان به طور غیرمستقیم از یک منبع حرارتی یا مستقیما از شعله بدست آورد. ساده ترین روش این فرآیند استفاده از حرارت خشک در حدود ۲۰ ثانیه است. این روند موجب کاهش رطوبت اولیه سویا تا حدود ۳۰ درصد بدون آسیب رساندن به ساختار اولیه سلول و رهاسازی روغن آن می‌شود. در این روش دانه‌های سویای تفت داده شده باید قبل از استفاده در خوراک دام آسیاب شوند (عابدینی ۲۰۱۱). در مطالعه حاضر، تاثیر این دو نوع فرآوری بر قابلیت هضم پروتئین و ماده خشک دانه سویا با استفاده از روش‌های کیسه‌های نایلونی و تولید گاز تجمعی بررسی شدند.

مواد و روش‌ها

دانه سویای اکسترود شده در این آزمایش در دمای ۱۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۹۰ ثانیه فرآوری شده بود. سویای تفت داده شده مورد استفاده نیز در دمای ۱٥٦ درجه سلسیوس به مدت زمان ۲۰ تا ۳۰ ثانیه تفت داده شده بود. میزان ماده خشک، پروتئین خام، دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی سلولز و چربی خام طبق روش‌های پیشنهادی AOAC (۲۰۰۲) اندازه گیری شد.

برای انجام آزمایش‌های تجزیه‌پذیری از ۲ راس گوسفند فیستوله‌دار نژاد قزل استفاده شد. گوسفندان با یک جیره نگهداری که شامل ٤۰ درصد علوفه و ٦۰ درصد کنسانتره (جو ۳۰ درصد، سبوس ۱٥ درصد، کنجاله سویا ۱٤ درصد، مکمل آنزیمی ۰/٥ درصد، نمک ۰/٥ درصد) تغذیه شده و دسترسی آزاد به آب داشتند.

اندازه‌گیری تخمیرپذیری ماده خوراکی با روش تولید گاز تجمعی: برای اندازه‌گیری میزان تولید گاز تجمعی حاصل از تخمیر از روش فدوراک و هرودی (۱۹۸۳) استفاده شد. در ابتدا ۳۰۰ میلی‌گرم از دانه سویای خام و

[1] Extrusion

[2] Roasting

فرآوری شده که قبلا با الک ۲ میلیمتری آسیاب شده بودند را وزن کرده و در داخل شیشه‌های ۵۰ میلی لیتر استریل ریخته و برای هر نمونه ماده غذایی ۳ تکرار ، برای هر زمان در نظر گرفته شد. مایع شکمبه حدود ۲ ساعت بعد از خوراک وعده صبحگاهی از ۲ گوسفند فیستوله گذاری شده جمع‌آوری و با پارچه ٤ لایه‌ای صاف و در فلاسک محتوی گاز کربنیک سریعا به آزمایشگاه منتقل گردید. مایع شکمبه و بافر تهیه شده طبق روش مک‌دوگال (۱۹٤۸) به نسبت یک قسمت از مایع شکمبه و دو قسمت از بافر به داخل ارلن ریخته شده و جهت جلوگیری از تخمیر هوازی و کاهش دمای مایع، گاز کربنیک به داخل مخلوط تزریق و در روی هیتر با دمای ۳۹ درجه سلسیوس قرار داده شد. در هر شیشه حاوی نمونه، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه و بافر مک-دوگال ریخته شد و پس از تزریق گاز کربنیک و بی-هوازی نمودن محیط داخل شیشه، درب آن با درپوش لاستیکی و سیلک آلومینیومی محکم شده و در دستگاه انکوباتور شیکر در دمای ۳۹ درجه سلسیوس با ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شد. برای تصحیح گاز تولیدی با منشاء مایع شکمبه، در ۳ عدد شیشه فاقد نمونه غذایی (شاهد)، ۲۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه و بافر ریخته و در انکوباتور قرار داده شد. میزان گاز تولیدی در زمانهای ۲، ٤، ٦، ۸،۱۲، ۱٦، ۲٤، ۳٦، ٤۸،۷۲ و ۹٦ ساعت پس از قرار دادن در انکوباتور شیکر به روش فدوراک (جابجایی مایع) قرائت و ثبت گردید (فدوراک و هرودی ۱۹۸۵). مقدار گاز تولیدی نمونه‌های شاهد از کل گاز تولیدی در هر ساعت کسر گردید تا مقدار گاز تولیدی ناشی از تخمیر ماده غذایی مورد آزمایش به دست آید. حجم گاز تولیدی بر اساس وزن نمونه ماده غذایی در هر زمان با استفاده از رابطه زیر تصحیح گردید.

$V= (V_t-V_b) \times 1000/W$

در این رابطه:

V= حجم گاز تصحیح شده بر حسب میلی‌لیتر به ازاء هر گرم ماده خشک

V_t= حجم گاز تولیدی در شیشه‌های حاوی نمونه ماده غذایی بر حسب میلی‌لیتر

V_b= حجم گاز تولید در شیشه‌های فاقد نمونه ماده غذایی بر حسب میلی‌لیتر

W= وزن نمونه ماده غذایی بر حسب میلی‌گرم ماده خشک بودند.

برآورد ارزش تغذیه‌ای با روش تولید گاز تجمعی: میزان انرژی قابل متابولیسمی خوراک‌های مورد بررسی با استفاده از مقادیر بدست آمده در آزمایش تولید گاز و ترکیبات شیمیایی محاسبه شد (گتاچیوو همکاران ۲۰۰۲). انرژی قابل متابولیسم (ME)، انرژی ویژه شیردهی (NEL) و درصد ماده آلی قابل هضم (DOM) با استفاده از معادلات ارائه شده توسط منکی و همکاران (۱۹۷۹) و منکی (۱۹۸۸) محاسبه شد.

ME (MJ/kg DM) = ۱/۰٦+۰/۱۵۷۰ GP + ۰/۰۰۸٤ CP + ۰/۰۲۲۰CF ۰/۰۰۸۱– CA

NEL (MJ/kg DM) = –۰/۳٦ +۰/۱۱٤۹ GP +۰/۰۰۵٤CP + ۰/۰۱۳۹CF –۰/۰۰۵٤CA

DOM (% DM) = ۹/۰۰ + ۰/۹۹۹۱ GP + ۰/۰۵۹۵ CP + ۰/۰۱۸۱ CA

SCFA (mmol/۲۰۰ mg DM) = ۰/۰۲۲۲GP –۰/۰۰٤۲۵

که در این روابط GP تولید گاز تجمعی (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک) در ۲٤ ساعت؛ CP، CF و CA به ترتیب پروتئین خام، چربی خام و خاکستر می‌باشند. به منظور تعیین فراسنجه‌های تولید گاز تجمعی از معادله ارسکوف و مکدونالد (۱۹۷۹) استفاده شد. بدین جهت از معادله $P= a+b(1-e^{ct})$ برای تطبیق داده‌های حاصل از تولید گاز تجمعی استفاده شد، که در این معادله، P، تولید گاز تجمعی در زمان t، a تولید گاز تجمعی بخش محلول، b تولید گاز تجمعی بخش غیر محلول، c نرخ تولید گاز تجمعی، t زمان تخمیر است.

بررسی خصوصیات تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای: از کیسه-های نایلونی با ابعاد ۱۲×٦ سانتیمتر با منافذ ۳۰ تا ۵۰ میکرون استفاده شد. نمونه‌های مورد آزمایش به مدت

۲٤ ساعت در آون در دمای ٦٥ درجه سلسیوس، خشک شده و سپس با آسیاب دارای غربال ۲ میلی‌متر آسیاب شدند. از هر نمونه به میزان ٥ گرم بر حسب ماده خشک در داخل کیسه‌های نایلونی قرار داده شدند. مدت زمان قرار دادن نمونه‌ها در شکمبه با توجه به ماهیت آن، زمانهای ۲، ٤، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲٤، ۳٦و٤۸ ساعت بود. از هر نمونه ۲ تکرار (۲ کیسه در هر گوسفند) برای هر زمان کیسه‌گذاری درون شکمبه قرار داده شد. کیسه‌ها پس از خارج شدن از شکمبه (به همراه نمونه‌های زمان صفر) با آب سرد شستشو داد شد تا زمانی‌که آب صاف و زلال خارج گردد. بعد از شستشو کیسه‌ها جهت خشک شدن به مدت ٤۸ ساعت در آون با دمای ٦٥ درجه سلسیوس قرار داده شدند. وزن کیسه‌ها پس از خروج از آون به دقت تعیین و ماده خشک با استفاده از رابطه زیر بدست آمد:

ماده خشک ناپدید شده = $\frac{(BW+S1)-(BW+RW)}{(S1\times DM1)} \times 100$

که در آن BW = وزن کیسه، RW = وزن نمونه باقیمانده، S_1 = وزن نمونه و DM_1 = ماده خشک نمونه بودند. سپس درصد ماده خشک ناپدید شده محاسبه گردید. تجزیه-پذیری بالقوه با استفاده از مدل $P=a+b(1-e^{-ct})$ محاسبه گردید. در این رابطه P درصد تجزیه‌پذیری در زمان t، a عرض از مبدأ در زمان صفر، b ماده خشک نامحلول با پتانسیل تجزیه پذیری، c نرخ تجزیه پذیری بخش b در زمان t و e عدد ثابت نپرین (۲/۷۱۸) می‌باشد. تجزیه-پذیری موثر ماده خشک دانه سویا از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

$ED = a+bc/(c+k)$

که در آن K نرخ عبور شکمبه‌ای می‌باشد. در محاسبه تجزیه‌پذیری موثر، از نرخ‌های عبور ۲، ٥ و ۸ درصد در ساعت استفاده شد. کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ با ۳ تیمار و ٤ تکرار بررسی شد. مدل آماری مورد استفاده به شرح زیر می باشد:

$Y_{ij}=\mu+T_i+E_{ij}$

Y_{ij}= صفت مشاهده شده، μ= میانگین، T_i= اثر تیمار i و E_{ij}=خطای اندازه گیری می باشد.

نتایج و بحث

آنالیز شیمیایی مواد خوراکی: نتایج تجزیه تقریبی آزمایش حاضر در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، اکسترود کردن و تفت دادن باعث افزایش درصد ماده خشک و کاهش درصد دیواره سلولی و دیواره سلولی منهای همی‌سلولز شده است ($P<۰/۰٥$). با این حال فرآوری تاثیری بر میزان خاکستر، چربی و پروتئین خام نداشت. نتایج بدست آمده از این تحقیق با یافته‌های نسری و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت داشت. این محققین گزارش کردند فرآوری حرارتی موجب کاهش میزان NDF دانه سویا می‌شود علت این امر ممکن است به از بین رفتن بخشی از پوسته دانه سویا هنگام فرآوری حرارتی مرتبط باشد. همچنین میزان ADF دانه سویای اکسترود شده و تفت داده شده کاهش معنی داری با میزان ADF موجود در دانه سویای خام داشت ($P<۰/۰٥$). در برخی گزارش‌ها که میزان اسیدهای چرب دانه خام و برشته شده اندازه‌گیری شده است، مقدار کل چربی خام سویا برشته شده کمتر از دانه خام بود و علت آن می‌تواند به تغییر ترکیب شیمیایی دانه در حین برشته نمودن و اثر آن بر استخراج اسیدهای چرب از دانه ربط داده شود (ردی و همکاران ۱۹۹٤) هر چند که در آزمایش حاضر تفاوتی بین تیمارها از لحاظ میزان عصاره اتری مشاهده نشد. نووآک و همکاران (۲۰۰٥) گزارش کردند که با افزایش دمای اکسترود کردن، میزان NDF دانه سویا کاهش می‌یابد. همچنین آنها گزارش کردند، میزان ماده خشک دانه سویای اکسترود شده در دماهای صفر، ۱٤٥ و ۱٥٥ درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۸۸/۷۰، ۹۰ و ۹۱/۳۰ درصد ماده خشک بود که با افزایش دما به ۱٦٥ درجه سلسیوس میزان ماده خشک دانه سویا اکسترود شده، کاهش یافت. افزایش در میزان ماده خشک دانه سویای تفت داده شده در این تحقیق با مطالعات نسری

و همکاران (۲۰۰۸) و گانش و همکاران (۱۹۹۰) و همچنین افزایش در میزان ماده خشک دانه سویا اکسترود شده با مطالعات نووآک و همکاران (۲۰۰۵) و وان دیژک و همکاران (۱۹۸۳) مطابقت داشت. دماهای مختلف فرآوری می‌تواند تاثیر معنی‌داری در مواد شیمیایی دانه سویا داشته باشد. پلگ و همکاران (۱۹۸۵) میزان ماده خشک کنجاله سویا را ۸۹ درصد گزارش کردند که با تفت دادن در دماهای مختلف ۱۱۵، ۱۳۰ و ۱٤٥ این مقدار به ترتیب ۹۳، ۹۵ و ۹۵ درصد رسید.

Table 1- Effect of heat processing type on chemical compositions of soybean (DM %)

Feed	DM (%)	CP	NDF	ADF	EE	ASH
Whole soybean	90.29 [b]	38.32	24.76 [a]	14.49 [a]	19.60	5.01
Extruded soybean	93.23 [a]	38.05	22.76 [b]	13 [b]	20.22	5.37
Roasted soybean	94.31 [a]	38.32	22.99 [b]	13.20 [b]	20.16	5.76
SEM	0.808	0.423	0.446	0.147	0.413	0.229
P- value	0.03	0.87	0.03	0.007	0.54	0.46

- Non-similar letters in each row has a significant difference (P <0.05). - For each feed, three samples were analyzed.

تولید گاز تجمعی: نتایج مربوط به تولید گاز تجمعی حاصل از تخمیر مواد خوراکی مورد آزمایش و ضرایب مربوطه در شکل شماره ۱ ذکر شده است. تفاوت معنی-داری بین تیمارها در ساعات اولیه انکوباسیون مشاهده نشد از ساعت ١٦ به بعد سرعت تخمیر و میزان گاز تولیدی در تیمارهای حرارت دیده کاهش یافت (P<۰/۰٥). از ساعت ١٦ تا انتهای زمان اندازه‌گیری تولید گاز تجمعی (٩٦ ساعت) تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای حرارت دیده و خام مشاهده نشد (شکل ۱). همچنین داده‌های مربوط به تولید گاز تجمعی در جدول ٤ گزارش شده است. الوزیری و همکاران (۲۰۰٥) گزارش کردند مقدار گاز تولیدی در طول ۷۲ ساعت برای کنجاله سویا بیشتر از کنجاله سویای تفت داده شده بود. همچنین مقدار گاز تولیدی برای کنجاله سویا و کنجاله سویای تفت داده شده در ٢٤ساعت انکوباسیون، توسط الوزیری و همکاران (۲۰۰٥) به ترتیب ١٦٥/٨٥ و ١٤١/٩٥ میلی‌لیتر در گرم ماده خشک گزارش شد. میزان گاز تولیدی در کنجاله سویا با مقادیر بدست آمده در دانه جو قابل مقایسه است. سروری و همکاران (۲۰۱٥) با تخمیر دو رقم دانه جو سهند و ماکویی به ترتیب مقادیر ۲۹۷ و ۳۰۲ میلی‌لیتر گاز تولیدی را طی ٩٦ ساعت گزارش نمودند که با مقادیر بدست آمده برای دانه سویای خام و فراوری شده در این آزمایش بسیار نزدیک می‌باشد.

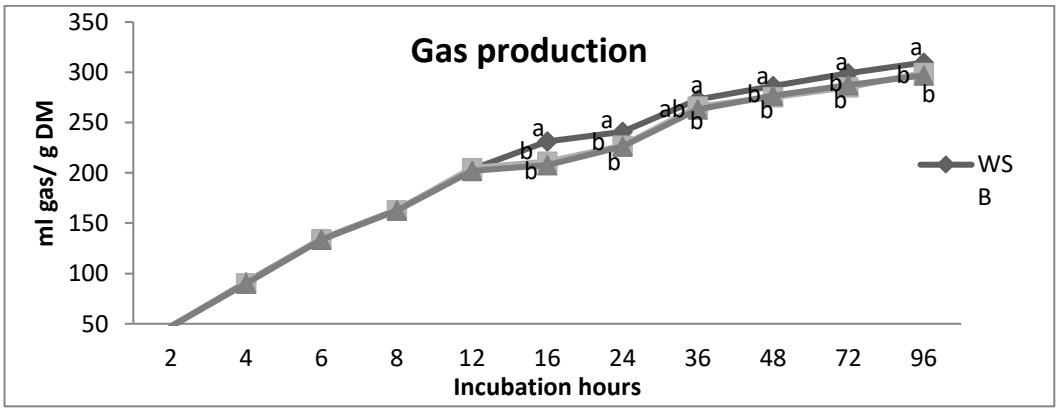

Figure 1- Gas production curve, whole soybean (WSB), extruded soybean (ESB), roasted soybean (RSB)

کنجاله سویا حاوی ۳۰ – ٤٠ درصد کربوهیدرات می-باشد که از این مقدار ١٦– ۲۲ درصد را پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای تشکیل می‌دهند. از این رو به دلیل بالا بودن میزان کربوهیدرات‌های سریع التخمیر، انرژی بیشتری برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های فعال در تخمیر تامین شده و تولید گاز تجمعی افزایش می‌یابد (سروری و همکاران ۲۰۱۵). دانه سویا بدلیل دارا بودن مقدار پروتئین بیشتر میتواند منبع نیتروژن مناسب برای میکروارگانیسم‌های شکمبه فراهم نموده و در نتیجه با افزایش فعالیت و تکثیر باکتریایی، تولید گاز تجمعی را افزایش دهد (جان پولاد و همکاران ۲۰۰۵). نتایج حاصل هماهنگ با نتایج الوزیری و همکاران (۲۰۰۵) می‌باشد که گزارش کردند، تفت‌دادن دانه سویا نسبت به دانه سویای خام باعث کاهش معنی‌دار در تولید گاز تجمعی در ساعت ٢٤ انکوباسیون می‌شود (P<۰/۰۵). تشکیل اتصالات عرضی بین اسیدهای آمینه و قندهای احیاء (واکنش میلارد) و یا بین پروتئین‌ها (باندهای ایزو- پپتید) (لیاردون و هورل، ۱۹۸۳) و واسرشت پروتئین‌ها، می-تواند مسئول کاهش در تجزیه شکمبه‌ای پروتئین در دانه-های فرآوری شده باحرارت باشد (فینلی ۱۹۸۹ و وُراژن و همکاران ۱۹۹۵). همچنین تغییر ساختار سه‌بعدی پروتئین‌های موجود در دانه سویا در اثر حرارت و کاهش قابلیت هضم این پروتئین‌ها میتواند توضیح دهنده میزان کمتر تولید گاز تجمعی در دانه تفت داده و اکسترود شده در این آزمایش باشد (چفتل ١٩٨٦).

فراسنجه‌های تخمیرپذیری ماده خشک دانه سویای خام، تفت داده و اکسترود شده: نتایج گزارش شده در جدول ۲ نشان می‌دهد بخش A یا سریع التجزیه تحت تاثیر تیمار حرارتی قرار گرفته است و به طور معنی‌داری کاهش یافته است (P<۰/۰۵). بخش c یا نرخ تجزیه‌پذیری نیز روندی کاهشی داشته، به این مفهوم که فرآوری حرارتی باعث کاهش نرخ تجزیه‌پذیری دانه سویا شده است ولی این کاهش از نظر آماری معنی دار نبود. کاهش فراسنجه‌های A و c بیانگر کاهش تخمیر در شکمبه و عبور بیشتر مواد مغذی به قسمت‌های بعد از شکمبه‌ای می‌باشد. این کاهش از نظر تغذیه‌ای مطلوب است چرا که میزان تجزیه بالای دانه سویا را در شکمبه تعدیل نموده و احتمالا باعث جلوگیری از تجزیه پروتئین آن در شکمبه می‌شود.

پارامترهای تخمینی تولید گاز تجمعی: داده‌های مربوط به پارامترهای تخمینی تولید گاز تجمعی در جدول ۳ بیان شده است. در دانه سویا مقادیر مربوط بهME (انرژی قابل متابولیسم)، NEL (انرژی ویژه شیردهی)، SCFA (اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر) و DOM (ماده آلی قابل هضم) در اثر فرآوری در مقایسه با گروه کنترل کاهش یافته است (P<۰/۰۵). با توجه به روابط ارائه شده برای محاسبه پارامترهای تخمینی تولید گاز تجمعی، عوامل تاثیرگذار بر نتایج این روابط بستگی به آنالیز شیمیایی پروتئین، چربی، خاکستر خام و میزان تولید گاز تجمعی ٢٤ ساعت دارد. با توجه به اینکه فرآوری حرارتی به جز در مورد میزان گاز حاصل از تخمیر، تغییری در سایر اجزای معادلات پیش بینی ایجاد ننموده لذا کاهش در میزان انرژی، ماده آلی قابل هضم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر متاثر از مقادیر کاهش یافته تولید گاز تجمعی بوده است. تغییر ساختار سه‌بعدی پروتئین‌های موجود در دانه سویا در اثر حرارت و کاهش قابلیت هضم این پروتئین‌ها توسط میکرواورگانیسم‌های شکمبه، که موجب کاهش تولید گاز تجمعی در ساعت ٢٤ انکوباسیون شده است، میتواند توضیح دهنده میزان کمتر تولید گاز تجمعی در دانه تفت داده و اکسترود شده در این آزمایش باشد که دلیل عمده در کاهش در مقدار ME، NEL، DOM و SCFA می‌باشد. در مطالعه الوزیری همکاران (۲۰۰۵) میزان ME، NE و DOM برای کنجاله سویا به ترتیب برابر ۹/٦۳، ٦ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک و٦٤/۲۲ درصد ماده خشک گزارش شد. آنها همچنین میزان ME، NEL و OMD برای کنجاله سویا تفت داده شده را به ترتیب برابر ۸/۸۸، ۵/۵۷ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک و ۵۹/۹۸ درصد ماده خشک گزارش

کردند، در آزمایش حاضر میزان ME، NEL و OMD به ترتیب برابر ۸/۸۷، ۵/۲۷ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک و ٥٦/٥٤ درصد ماده خشک برآورد گردید که با گزارش الوزیری همکاران (۲۰۰۵) مبنی بر کاهش تولید گاز تجمعی در ٢٤ ساعت انکوباسیون بدلیل تفت دادن و بدنبال آن کاهش مقادیر ME، NEL و OMD مطابقت داشت. پایا و تقی‌زاده (۲۰۰۵) میزان ME و SCFA برای کنجاله سویا را به ترتیب برابر ١٣/٤٠ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک و ۱/۱۳ میلی‌مول در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک گزارش کردند. گتاچیو و همکاران (۲۰۰۲)، ارتباط نزدیکی را بین SCFA و گاز تولیدی به روش *in vitro* گزارش کردند و نتیجه گرفتند که استفاده از این رابطه که نشانگر قابلیت دسترسی انرژی برای دام می باشد، می‌تواند جهت تخمین تولید SCFA از گاز تولیدی، بکار رود. نسبت اسیدهای چرب فرار مختلف تولید شده در شکمبه نشخوارکنندگان نقش تعیین کننده‌ای در خصوصیات تولیدی دارد. تلز و همکاران (٢٠٠٦) نقش میکروارگانیسمهای موجود در قولون تک معده‌ایها را از دیدگاه فیزیولوژیکی بررسی کردند و نتیجه گرفتند که SCFA تولیدی در قولون باعث افزایش جریان خون به دستگاه گوارش می‌شود. این عمل تحت تأثیر عمل پروستاگلاندینها یا گیرنده‌های آدرینرژیک آلفا و یا بتا نبود بلکه انحصاراً علت این امر را اثرات موضعی SCFA با مشارکت گیرنده‌های شیمیایی و با اثر مستقیم بر روی سلولهای ماهیچه‌ای صاف گزارش کردند. بنظر می‌رسد SCFA تولید شده در شکمبه از طریق مسیر باب بر ماهیچه‌های روده اثر بگذارد و با افزایش جذب منجر به تولید بهتری گردد. تولید اسیدهای چرب گلوکوژنیک باعث افزایش در تولید شیر و تولید اسیدهای چرب لیپوژنیک باعث افزایش میزان چربی شیر تولیدی میگردد (تلز و همکاران ٢٠٠٦).

Table 2- Dry matter digestibility of whole and processed soybeans

	Whole	Extruded	Roasted	SEM	P-value
A (ml/g DM)	294.16[a]	282.40[b]	282.86[b]	1.09	0.02
C (ml/h)	0.091	0.090	0.086	0.003	0.15

A- Gas production rate of soluble and insoluble parts C: Degradation rate b -The mean of non-similar letters in each row has a significant difference (P <0.05).

Table 3- Effect of heat processing of soybean on estimated parameters by gas production method

Feed	ME	NEL	DOM	SCFA
Whole	9.34[a]	5.61[a]	59.52[a]	1.06[a]
Extruded	8.91[b]	5.30[b]	56.77[b]	0.99[b]
Roasted	8.87[b]	5.27[b]	56.54[b]	0.99[b]
SEM	0.04	0.03	0.30	0.04
P- value	0.008	0.007	0.007	0.005

-ME: Metabolizable Energy (MJ/kg DM), NEL: Net Energy for lactation (MJ/kg DM), SCFA: Short chain Fatty Acids (mMol/200mgDM), DOM: Organic Dry Matter digestibility (DM %) - The mean of non-similar letters in each row has a significant difference (P <0.05).

روابط رگرسیونی استفاده شده توانایی تخمین تولید هریک از اسیدهای چرب فرار تولیدی را به صورت جداگانه ندارد و تنها میزان کل اسیدهای چرب فرار را برآورد می‌کند. افزایش میزان اسیدهای چرب فرار تولیدی در شکمبه میتواند باعث افزایش نگرانی‌ها در مورد pH شکمبه و ناهنجاری‌های مرتبط با آن و همچنین کاهش احتمالی تولید گردد (پرند و تقی‌زاده ۲۰۰۹). به نظر می‌رسد با افزایش میزان ماده آلی قابل تخمیر، میزان

انرژی قابل متابولیسم و به تبع آن میزان کل اسیدهای چرب فرار افزایش می‌یابد. نسبت اسیدهای چرب فرار مختلف تولید شده در شکمبه نشخوارکنندگان نقش تعیین کننده‌ای در خصوصیات تولیدی دارد.

تجزیه‌پذیری ماده خشک به روش کیسه‌های نایلونی: نتایج مربوط به تجزیه پذیری ماده خشک در شکل ۲ ارائه شده است. در زمان‌های آغازین هضم شکمبه‌ای تا ١٦ ساعت، تفاوتی بین تیمارهای آزمایشی از نظر روند تجزیه پذیری مشاهد نشد. اما از ساعت ١٦ به بعد، فرآوری حرارتی سویا منجر به کاهش تجزیه‌پذیری آن گردید که تفاوت بوجود آمده تا پایان زمان هضم شکمبه-ای بین تیمارهای فرآوری شده با شاهد مشهود بود (P<۰/۰۵). به طور جالب توجهی این روند دقیقا با روند تخمیر نمونه‌های آزمایشی مشابهت داشت (شکل ۲) که موید صحت نتایج حاصل از آزمایش‌های تولید گاز تجمعی می‌باشد. نووآک و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند، فرآوری در دماهای مختلف با لحاظ نمودن زمان فرآوری، تاثیر معنی‌داری بر قابلیت تجزیه پذیری سویا دارد. آلدریچ و همکاران (۱۹۹۷) با انجام مطالعات *in situ* مشاهده کردند با افزایش دمای اکستروژن (١٠٤، ١٤٠، ١٦٠ درجه سلسیوس)، بخش قابل تجزیه در شکمبه کاهش یافت(٣٠/١٠، ٣٧/٧٠، ٤٥/٧٠ درصد). جان پولاد و همکاران (۲۰۰۵) میزان تخمیرپذیری ماده خشک دانه سویای فرآوری شده در آون و اتوکلاو برای زمان صفر را به ترتیب ٣١/٤، ٣٠/٧ و برای زمان ٤٨ ساعت انکوباسیون در شکمبه را به ترتیب ٧٢/٤، ٧٢ درصد گزارش کردند. نتایج آزمایش حاضر در توافق با نتایج جان پولاد و همکاران (۲۰۰۵) بود که گزارش کردند فرآوری حرارتی دانه سویا و کنجاله سویا موجب کاهش معنی‌داری در تجزیه‌پذیری ماده خشک شد. در مطالعه آنها فرآوری حرارتی در اوایل انکوباسیون (ساعت‌های ٤، ٨، ١٦) تاثیری بر تجزیه‌پذیری ماده خشک در کنجاله سویا و دانه سویای خام نداشت اما در ساعات ٢٤، ٤٨، ٧٢ انکوباسیون موجب کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک در کنجاله سویا و دانه سویای خام در هر دو نوع فرآوری یعنی فرآوری در آون و اتوکلاو شد. مصطفی و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند فرآوری حرارتی با رطوبت قابلیت تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام را در دانه آفتاب گردان را به ترتیب ۱۷ و ۱۹ درصد کاهش می‌دهد. آلدریچ و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند اکسترود کردن سویا در دماهای بالاتر (١١٦، ١٣٨، ١٦٠درجه سانتی گراد) ناپدید شدن ماده خشک سویا در شکمبه بعد از ١٦ ساعت انکوباسیون را کاهش می‌دهد (به ترتیب ٦٩/٩، ٥٤/٩، ٥٦/٣ درصد). در مطالعه حاضر بعد از ١٦ ساعت انکوباسیون تغییرات معنی‌داری در تجزیه‌پذیری ماده خشک مشاهده گردید بدین ترتیب که اکسترود کردن دانه سویا تجزیه پذیری آن را نسبت به دانه خام آن به مقدار ٥ درصد کاهش داد که این کاهش معنی‌دار نبود ولی تفت دادن دانه سویا نسبت به دانه سویای خام، تجزیه پذیری در ماده خشک را ۹ درصد کاهش داد که این مقدار کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار بود (P <۰/۰۵). برای دانه‌های روغنی و غلات اختلاف مشاهده شده برای میزان ناپدید شدن ماده خشک در ساعات مختلف انکوباسیون، می‌تواند ناشی از اختلاف واریته‌ای، مورفولوژیکی مانند اندازه فولیکول نشاسته، ترکیبات شیمیایی و محتویات داخل سلولی مانند پروتئین، کربوهیدرات غیر ساختمانی و همچنین کربوهیدرات‌های ساختمانی باشد. همچنین وجود اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت در بخش قابل تخمیر باشد. دلیل اینکه چرا تیمار حرارتی دربرخی حالات تمایل به افزایش تجزیه شکمبه‌ای ماده خشک می‌کند و درحالی که در حالاتی دیگر با همان تیمار یا تیماری مشابه منجر به کاهش تجزیه پذیری شکمبه‌ای می‌شود، هنوز مشخص نیست. البته دلیل ممکن می‌تواند تاحدودی مربوط به نوع جیره تغذیه شده به دام مورد آزمایش، میکروفلورای شکمبه (که در مناطق مختلف بسته به محیط متفاوت می‌باشد) و خطای تصادفی مرتبط با تکنیک‌های آزمایشگاهی باشد (جان پولاد و همکاران ۲۰۰۵).

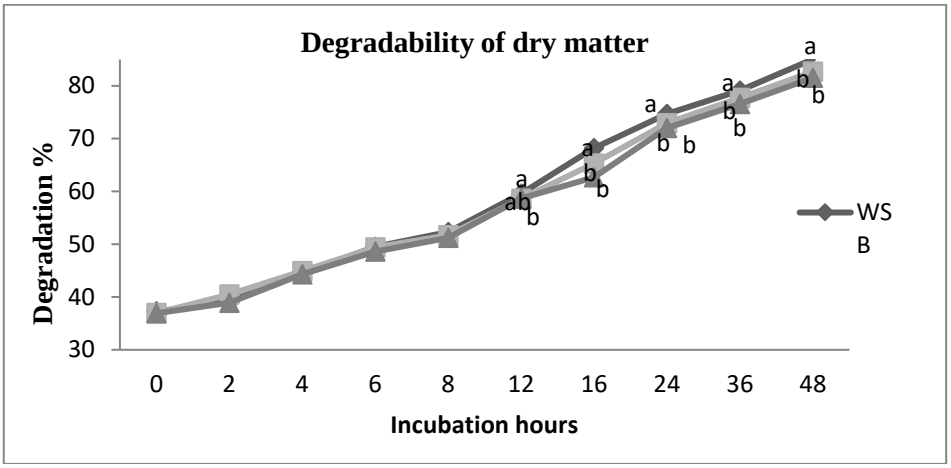

Figure 2- Degradability curve of dry matter, whole soybean (WSB), extruded soybean (ESB), roasted soybean (RSB)

Table 4- Effect of heat processing of soybean in gas production method (ml/g DM)

Incubation time(h)	Whole	Roasted	Extruded	SEM	P-value
2	47.20	47.38	47.73	0.84	0.903
4	91.27	89.93	90.38	2.04	0.896
6	134.35	133.45	134.09	1.28	0.88
8	163.19	162.43	162.82	1.05	0.88
12	203.76	202.05	204.82	2.29	0.703
16	231.39 [a]	207.74 [b]	211.19 [b]	1.54	0.0001
24	240.93 [a]	226.11 [b]	227.32 [b]	1.5	0.0001
36	273/10 [a]	263/04 [b]	265.19 [ab]	2.77	0.0011
48	286.39 [a]	275.31 [b]	276.97 [b]	1.83	0.0001
72	299.25 [a]	285.02 [b]	287.48 [b]	1.8	0.0001
96	309.76 [a]	297.01 [b]	299.38 [b]	2.31	0.0006

- Non-similar letters in each row has a significant difference (P <0.05)

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک به روش کیسه های نایلونی: نتایج حاصل از آنالیز فراسنجه‌های ماده خشک در جدول ٥ گزارش شده است. فرآوری حرارتی تاثیری بر بخش سریع التجزیه (a) نداشت اما بخش کند تجزیه (b) را در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد (P<۰/۰٥). نتایج ما هماهنگ با گزارشات فتحی و همکاران (۲۰۰٤) بود که گزارش کردند، بخش سریع تجزیه (a) ماده خشک دانه‌های سویای خام و برشته شده در واریته های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری باهم ندارند. همچنین این محققین گزارش کردند که بخش با تجزیه‌پذیری آهسته (b) ماده خشک دانه‌های سویای خام و برشته شده نیز تفاوت چندانی باهم نداشت ولی ثابت نرخ تجزیه (c) شدیدا تحت تاثیر تفت دادن قرار گرفته و کاهش یافته بود. کاهش بخش با تجزیه‌پذیری آهسته و ثابت ماندن بخش سریع التجزیه و همچنین ثابت تجزیه پذیری (c) در آزمایش حاضر بیانگر این موضوع است که فرآوری حرارتی، بخش عبوری را در دانه سویا افزایش داده است. جان پولاد و همکاران (۲۰۰٥) گزارش کردند فرآوری حرارتی در آون و اوتوکلاو در دانه و کنجاله سویا موجب کاهش بخش سریع قابل تجزیه (a) و کند قابل تجزیه (b) در ماده خشک آنها شد، البته فرآوری به وسیله اوتوکلاو تاثیر معنی‌داری بر بخش سریع تجزیه (a) نداشت. نووآک و همکاران (۲۰۰٥) گزارش کردند اکسترود کردن دانه سویا در دماهای مختلف موجب

کاهش بخش سریع تجزیه (a) ماده خشک و ثابت نرخ تجزیه (c) شد، همچنین در مطالعه آنها اکسترود کردن موجب افزایش بخش کند قابل تجزیه (b) ماده خشک در دانه سویای اکسترود شد. چوینارد و همکاران (۱۹۹۷a) و کروس و همکاران (۱۹۹۲) همچنین کاهش بخش محلول در دانه سویای فرآوری شده نسبت به دانه خام را گزارش کردند. صادقی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند تفت دادن کنجاله سویا موجب کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک می‌شود همچنین آنها از کاهش بخش سریع تجزیه (a) و ثابت نرخ تجزیه (c) ماده خشک هنگام تفت دادن کنجاله سویا در برابر کنجاله سویای فرآوری نشده در مطالعات خود، گزارش کردند. تقی‌نژاد و ابراهیمی (۲۰۱۰) گزارش کردند بخش c پنبه دانه تفت داده شده در ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ و ۱۵ دقیقه با یکدیگر تفاوتی نداشتند، اما نسبت به گروه کنترل کاهش یافت. گانش و گیریو (۱۹۹۰) گزارش کردند تفت دادن و فلیک کردن سویا بخش a را کاهش داد. زمان و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند، تفت دادن دانه سویا و لوپین باعث کاهش تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک و نیتروژن شد و باعث عبوری شدن پروتئین گردید. فتحی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعات خود کاهش نرخ تجزیه در دانه سویای واریته سحر و ویلیامز را هنگام برشته کردن و برشته کردن همراه با ذخیره‌سازی را به ترتیب ۷۵ و ۳۸/۸ درصد و ۶۳/۳ و ۵۶/۷ درصد گزارش کردند. ثابت نرخ تجزیه (c) در این آزمایش برای دانه سویای تفت داده و اکسترود شده کمتر از دانه سویای خام بود ولی این تفاوت از نظر آماری معنی دار نبود که این برآورد با یافته‌های فتحی و همکاران (۲۰۰۸)، صادقی و همکاران (۲۰۰۵) و جان پولاد و همکاران (۲۰۰۵) مغایرت داشت.

Table 5- Effect of heat processing on *in situ* dry matter digestibility of soybean

Comparison (%)	Whole	Extruded	Roasted	SEM	P-Value
Rapidly degradable (a)	35.17	36.01	35.55	0.541	0.48
Slowly degradable (b)	54.34^{a}	51.21^{b}	50.80^{b}	0.993	0.03
(a+b)	89.32	87.16	86.35	2.17	0.19
Constant degradable rate (c) (h^{-1})	0.048	0.049	0.052	0.003	0.69
Effective degradability [1](%)					
2	74.22^{a}	72.60^{b}	71.57^{c}	0.354	0.006
5	62.70^{a}	61.60^{b}	60.62^{c}	0.301	0.001
8	56.47^{a}	55.70^{a}	54.80^{b}	0.307	0.005

1- Effective degradability of dry matter of seeds at passage rates (K) of 2, 5 and 8 (%) - Non-similar letters in each row has a significant difference (P <0.05).

تاثیر فرآوری حرارتی دانه سویا بر تجزیه‌پذیری پروتئین به روش کیسه‌های نایلونی: نتایج مربوط به تجزیه‌پذیری پروتئین در شکل ۳ ارائه شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌گردد از اوایل ساعت-های انکوباسیون تفاوت در تجزیه‌پذیری پروتئین خام بین تیمارها معنی‌دار می‌باشد که این تفاوت می‌تواند از اثرات مثبت فرآوری حرارتی دانه سویا حکایت داشته باشد. پروتئین سویا غنی از لیزین، متیونین، والین و ایزولوسین است که از اسیدهای آمینه محدود کننده در تولید شیر محسوب می‌شوند، بنابراین عبوری شدن پروتئین و قابل دسترسی بودن در قسمت‌های پایین دستگاه گوارش در تغذیه حیوانات پرتولید از نظر تغذیه-ای امری مهم به شمار می‌آید (نووآک و همکاران ۲۰۰۵). در مطالعه‌ی استرن و همکاران (۱۹۸۵) اکسترود کردن سویا در دمای ۱۴۹درجه سلسیوس تجزیه پذیری پروتئین در شکمبه را در مقابل سویای فرآوری نشده با حرارت کاهش داد. استرن و همکاران (۱۹۸۵) همچنین گزارش کردند اکسترود کردن جریان اسیدهای آمینه

قابل دسترس در روده را افزایش می‌دهد. چوینارد و همکاران (۱۹۹۷a) و کروس و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند در سویاهای حرارت داده شده، تجزیه پذیری بخش محلول (a) در شکمبه کاهش می‌یابد. در مطالعه نووآک و همکاران (۲۰۰۵) اکسترود کردن سویا در دماهای ۱٤٥، ۱٥٥و ۱٦٥سلسیوس تجزیه‌پذیری موثر پروتئین در شکمبه را به ترتیب ۳۳/۱۰، ۳۲/۹۰ ،۳۷/٦۰ درصد کاهش داد، همچنین در دمای بالا قابلیت هضم اسیدآمینه در روده کوچک مخصوصا متیونین و گلایسین افزایش یافت. در آزمایش حاضر اکسترودکردن و تفت‌دادن دانه سویا میزان تجزیه‌پذیری پروتئین‌خام را در ساعت ۱٦ انکوباسیون به ترتیب ۳ و ٤ درصد کاهش داد همچنین مقدار کاهش در ساعت ٤۸ انکوباسیون به ترتیب ٦ و ۱۲ درصد مشاهده گردید. نتایج آزمایش حاضر با یافته‌های، نووآک و همکاران (۲۰۰٥) و استرن و همکاران (۱۹۸٥)، که گزارش کردند اکسترود کردن دانه سویا موجب کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین آن در شکمبه می‌شود موافق بود و تفاوت در میزان تجزیه‌پذیری پروتئین دانه سویای اکسترود شده در این آزمایش با سایر گزارش‌ها را می‌توان دلایل متعدد از جمله به دمای فرآوری و واریته‌ی مورد استفاده نسبت داد. دمای زیاد اکستروژن ممکن است پروتئین سویا را دناتوره کند که می‌تواند موجب کاهش تجزیه آن در شکمبه شود. آلدریچ و همکاران (۱۹۹٥) و استرن و همکاران (۱۹۸٥) گزارش کردند که فرآوری سویا با حرارت، قابلیت هضم پروتئین را در لوبیا کاهش داد که علت آن را از بین رفتن تریپسین در این فرآوری ذکر کردند، در حالی که اوریاس و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که به دلیل هضم بیشتر دانه در شکمبه، تریپسین ممانعتی در هضم و جذب ایجاد نمی‌کند. همچنین فلاویو و آپنتن (۱۹۹۷) با استفاده از شدت انتشار آلینیونافالن ۸ – اسید سولفونیک به عنوان کاوشگر فلورسنس هیدروفوبیک اثر فرآیند حرارتی بر ساختمان پروتئین‌های منداب را مطالعه و گزارش کردند که فرآیند حرارتی سبب ایجاد تغییرات ساختمانی در پروتئین‌ها و افزایش آبگریزی سطح پروتئین می‌شود. افزایش آبگریزی سطح پروتئین به دلیل جدا شدن پیوندهای هیدروژنی و سایر پیوندهای ضعیف غیر کوالانسی و در نتیجه تغییر ساختمان پروتئین (دناتوره شدن) و تغییر موقعیت اسیدهای آمینه است. انتقال اسیدهای آمینه آبگریز از درون به سطح مولکول سبب آبگریزی سطح مولکول پروتئین و کاهش دسترس بودن آن برای آنزیم‌های پروتئولیتیک می‌شود(فلاویو و آپنتن ۱۹۹۷). آلدریچ و همکاران (۱۹۹٥) نشان دادند که فعالیت بازدارنده تریپسین در اثر تفت دادن در سویا کاهش می‌یابد این نتیجه نشان می‌دهد که نشخوار کنندگان همانند تک معده‌ایها ممکن است به اثرات این بازدارنده حساس باشند. گونزالئز و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند فول فت سویای اکسترود شده (پر چرب)، پروتئین خام غیر قابل تجزیه کمتری در مقایسه با فول فت تست[1] شده دارد که با یافته‌های فالدت و همکاران (۱۹۹۲) موافق بود. جان پولاد و همکاران (۲۰۰٥) گزارش کردند فرآوری کنجاله سویا در آون تاثیر زیادی بر عبوری شدن پروتئین نسبت به فرآوری در اوتوکلاو دارد. فتحی و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک سویای تفت داده شده در شکمبه با افزایش تجزیه‌پذیری آن در روده جبران می‌شود، آنها گزارش کردند، ناپدید شدن روده‌ای پروتئین خام دانه سویای تفت داده شده به اندازه‌ای افزایش یافت که علی رغم تجزیه‌پذیری بالای دانه سویای خام در شکمبه، ناپدید شدن پروتئین دانه‌های تفت‌داده شده در کل دستگاه گوارش بیشتر از دانه سویای خام باشد. جان پولاد و همکاران (۲۰۰٥) گزارش کردند فرآوری دانه و کنجاله سویا در آون موجب کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در طول انکوباسیون به جز ساعت ۱٦ شد، همچنین آنها گزارش کردند حرارت دادن در آون تاثیر معنی‌داری بر تجزیه‌پذیری پروتئین در دانه سویا بعد از ساعت ۸ انکوباسیون نداشت. صادقی و همکاران

[1]-Toasted soybean

(۲۰۰۵) گزارش کردند بین قابلیت هضم پروتئین عبوری کنجاله سویای فرآیند نشده و تفت داده شده تفاوت معنی‌دار مشاهده شد و همچنین فرآیند تفت دادن در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه تجزیه-پذیری پروتئین خام در شکمبه و قابلیت هضم آزمایشگاهی را کاهش داد. بر خلاف نتایج حاضر و سایر گزارش‌ها (برنارد و همکاران ۱۹۹۰، دمجانس ۱۹۹۵ و گانش و گریو ۱۹۹۰) میر و همکاران (۱۹۸٤) گزارش کردند تفت دادن در ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت یا در ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه اثری بر تجزیه پذیری پروتئین کنجاله سویا ندارد.

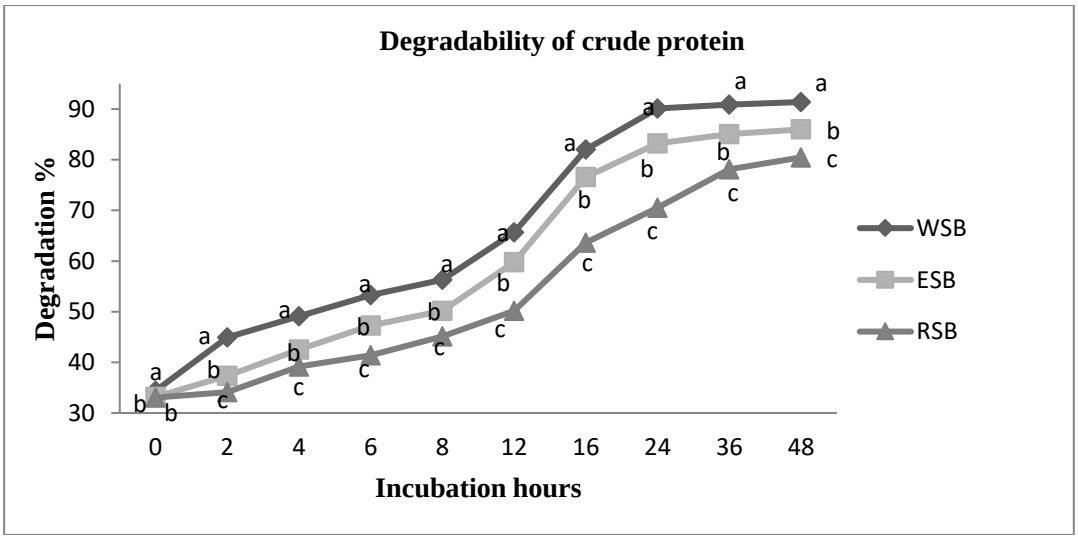

Figure 3- Degradability curve of crude protein, whole soybean (WSB), extruded soybean (ESB) and roasted soybean (RSB)

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین به روش کیسه-های نایلونی:

با توجه به نتایج گزارش شده در جدول ٦ مشاهده میشود که هر دو نوع فرآوری (اکسترود کردن و تفت دادن) تاثیر معنی‌داری بر کاهش بخش سریع قابل تجزیه (a) در دانه سویا داشته است. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود تفاوت معنی‌داری بین بخش کند قابل تجزیه (b) تیمارهای آزمایشی وجود ندارد. همچنین با توجه به کاهش در بخش قابل تجزیه (a+b) هنگام فرآوری دانه سویا می توان بیان کرد، میزان پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه ولی قابل استفاده در قسمت‌های پایین‌تر دستگاه گوارش در دانه سویای فرآوری شده بیشتر از دانه سویای خام می باشد. سالوناس و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند اکسترود کردن دانه سویا بر خلاف کنجاله سویا موجب کاهش سریع قابل تجزیه (a) شد ولی افزایش در بخش کند قابل تجزیه (b) و کاهش در ثابت نرخ تجزیه (c) با کنجاله سویا مشابه بود. بر اساس نتایج گزارش شده در جدول ٥ کاهش معنی‌داری در ثابت نرخ تجزیه (c) بین دانه سویای فرآوری شده و خام رخ داده است که این کاهش در بین اکسترود کردن و تفت دادن نیز متفاوت و معنی دار می باشد، به طوری که مقدار ثابت نرخ تجزیه (c) در تفت دادن کمتر از اکسترود کردن می-باشد و این تفاوت نشان می‌دهد دانه سویای تفت داده شده احتمالا میزان پروتئین عبوری بیشتری نسبت به دانه سویای اکسترود شده می‌تواند داشته باشد علت تفاوت زیاد بین سویای اکسترود شده و تفت داده در مقدار ثابت نرخ تجزیه (c) درآزمایش حاضر را می‌توان به پایین بودن دمای اکسترود نسبت داد. فتحی و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند که تفت دادن دانه سویای واریته

های سحر و ویلیامز سبب کاهش معنی‌داری در ثابت نرخ تجزیه (c) در ماده خشک و پروتئین خام شد همچنین در این مطالعه نسبت ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام هر دو واریته کاهش معنی‌داری نسبت به دانه سویای خام داشت. صادقی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند تفت دادن کنجاله سویا موجب کاهش بخش سریع تجزیه (a) و ثابت نرخ تجزیه (c) پروتئین خام شد. نووآک و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند اکسترود کردن داته سویا در دماهای ۱۴۵، ۱۵۵، ۱۶۵ درجه سلسیوس موجب کاهش بخش سریع تجزیه (a) و ثابت نرخ (c) و همچنین افزایش بخش کند قابل تجزیه در پروتئین خام شد. جان پولاد و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند فرآوری دانه سویا در آون و اتوکلاو موجب کاهش معنی دار ثابت نرخ تجزیه (c) نسبت به دانه سویای خام شد ولی این تفاوت بین این دو نوع فرآوری معنی‌دار نبود، همچنین آن‌ها گزارش کردند فرآوری دانه سویا در آون و اتوکلاو موجب کاهش بخش کند قابل تجزیه (b) شد. جان پولاد و همکاران (۲۰۰۵) همچنین گزارش کردند فرآوری کنجاله سویا در آون و اتوکلاو تاثیر معنی‌داری بر کاهش ثابت نرخ تجزیه (c) در پروتئین نداشت.

Table 6- Effect of heat processing on in situ degradability of soybean crude protein

Comparison (%)	Whole	Extruded	Roasted	SEM	P-Value
Rapidly degradable (a)	33.70[a]	29.63[b]	29.96[b]	0.0291	0/0001
Slowly degradable (b)	62.62	62.04	60.86	1.139	0.464
(a+b)	96.33[a]	91.69[b]	90.73[b]	1.84	0.0004
Constant degradable rate (c) h^{-1}	0.071[a]	0.064[b]	0.041[c]	0.001	0.0001
		Effective degradability (%)			
2	82.60[a]	77.07[b]	71.05[c]	0.294	0.0001
5	70.50[a]	64.70[b]	57.52[c]	0.495	0.0001
8	64.22[a]	57.42[b]	50.72[c]	0.738	0.0001

1- Effective degradability of dry matter of seeds at passage rates (k) of 2, 5 and 8 (%) - Non-similar letters in each row has a significant difference (P <0.05).

نتیجه گیری کلی

در آزمایش حاضر اکسترود کردن و تفت دادن دانه سویا میزان گاز تولیدی را از ساعت ۱۶ انکوباسیون به بعد کاهش داد، این کاهش در مقدار گاز تولیدی هنگام فرآوری نشان از کاهش تجزیه‌پذیری دانه سویای فرآوری با حرارت در شکمبه را دارد. همچنین مشاهده گردید که، دانه سویای تفت داده شده و اکسترود شده میزان تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه را کاهش دادند به طوری که کاهش در میزان تجزیه‌پذیری پروتئین هنگام تفت دادن دانه سویا بیشتر از دانه سویای اکسترود شده بود و این کاهش در میزان تجزیه‌پذیری پروتئین بیانگر این است که استفاده از حرارت می‌تواند گزینه مناسب جهت فرآوری دانه‌های روغنی با پروتئین بالا باشد. ثابت نرخ تجزیه (c) بین بین دانه سویای فرآوری شده در مقابل دانه خام نشان دهنده موضوع فوق می باشد. با توجه به کاهش بیشتر این نرخ در روش تفت دادن نسبت به اکسترود کردن می توان این موضوع را بیان کرد که احتمالا دانه سویای تفت داده شده نسبت به اکسترود شده میزان پروتئین عبوری بیشتری به روده داشته باشد، که این موضوع می تواند هم از لحاظ تغذیه ای و هم از لحاظ اقتصادی برای واحدهای گاوداری مفید باشد.

سپاسگزاری

در آخر از تمامی کارکنان و مدیریت ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان و ساختمان ۲ دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز جهت مساعدت‌های فراوان تشکر و قدردانی می-گردد.

منابع مورد استفاده

Abedini M, 2011. A review of the methods for processing and producing full-fat soybean. Journal of the World of Cultivation and Industry 69:43-50.

Aldrich CG, Merchen NR, Parsons CM, Hussein HS, Ingram S and Clodfelter JR, 1997. Assessment of post ruminal amino acid digestibility of roasted and extruded whole soybeans with the precision-fed rooster assay. Journal of Animal Science75: 3046–3051.

Aldrich CG, Merchen NR, Nelson D R and Barmore JA, 1995. The effect of roasting temperature applied to whole soybeans on site of digestion by steers. Protein and amino acid digestion. Journal of Animal Science 73: 2131–2140.

AOAC 2002. Official Methods of Analysis. 17th Edn. AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA.

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- 3236.

Canbolat O, Kamalak A, Efe E, Sahin M and Ozkan C. O. 2005. Effect of heat treatment on in situ rumen degradability and in vitro gas production of full-fat soyabeans and soyabean meal. South African Journal of Animal Science 35: 186-194.

Cheftel JC, 1986. Nutritional effects of extrusion-cooking. Food Chemistry 20: 263-283.

Chouinard PY, Girard V and Brisson G J, 1997a. Performance and profiles of milk fatty acids of cows fed full fat, heat-treated soybeans using various processing methods. Journal of Dairy Science 80:334-342.

Cros P, Vernay M, Bayourthe C and Moncoulon R, 1992. Influence of extrusion on ruminal and intestinal disappearance of amino acids in whole horsebean. Canadian Journal of Animal Science72: 359-366.

Deacon MA, De Boer G and Kennelly J J, 1988. Influence of Jet-Sploding and Extrusion on Ruminal and Intestinal Disappearance of Canola and Soybeans. Journal of Dairy Science 71: 745-753.

Demjanec B, Merchen NR, Cremin J D, Aldrich CG and Berger L I, 1995. Effect of roasting on site and extent of digestion of soya bean meal by sheep: I. Digestion of nitrogen and amino acids. Journal of Animal Science 73: 824-834.

El-Waziry AM, Nasser ME and Sallam SMA, 2005. Processing methods of soybean meal. 1-Effect of roasting and tannic acid treated-soybean meal on gas production and rumen fermentation in vitro. Journal of Applied Sciences Research 1- 313

Faldet M A and Satter LD, 1991. Feeding heat-treated full fat soybeans to cows in early lactation. Journal of Dairy Science 74:30-47.

Fathi MH, Danesh Mesgaran M, Valizadeh R, Nikkhah A, Emami MR and Heravi Mousavi AR, 2004. Effect of heating (roasting) on chemical composition, nitrogen fractions, degradability coefficients and ruminal-intestinal disappearance of dry matter and crude protein of two varieties (Sahar and Williams) of whole soybean grain. Journal of Agricultural Sciences and Technology 20:23-35.

Fedorak PM and Hrudey SE, 1983. A Simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultuvesin serum bottles. Envirin Technol let, 4: 425-435.

Finley JW, 1989. Effects of processing on proteins: an overview. In: Phillips, R.D., Finley, J.W. (Eds.), Protein Quality and the Effects of Processing, Marcel Dekker, New York, pp. 1–7.

Folawiyo YL and Apenten RK, 1997. The effect of heat-and acid-treatment on the structure of rapeseed albumin (napin). Food Chemistry 58: 237-243.

Ganesh D and Grieve DG, 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.

Getachew G, Makkar HPS and Becker K, 2002. Tropical browses: contents of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and in vitro gas production. The Journal of Agricultural Science 139:341-352.

González J, Andrés S, Rodríguez CA and Alvir MR, 2002. In situ evaluation of the protein value of soybean meal and processed full fat soybeans for ruminants. Animal Research 51: 455-464.

Liardon R and Hurrell RF ,1983. Amino acid racemization in heated and alkali-treated proteins. Journal of Agricultural and Food Chemistry 31: 432–437.

McDougall EI, 1948. The composition and output of sheep in saliva. Bio Chem. Journal 43:99-109.

Melcion J.P and Poel A. F. B 1993. Process technology and antinutritional factors: principles, adequacy and process optimization. library.wur.nl

Menke KH, 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal Research and Development 28: 7-55.

Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D and Schneider W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. The Journal of Agricultural Science, 93: 217-222.

Mir Z, MacLeod GK, Buchanan-Smith JG, Grieve DG and Grovum WL, 1984. Methods for protecting soybean and canola proteins from degradation in the rumen. Canadian Journal of Animal Science 64: 853-865.

Mustafa AF, McKinnon JJ and Christensen DA, 2000. Protection of canola (low glucosinolate rapeseed) meal and seed protein from ruminal degradation–Review. Asian-Australasian Journal of Animal Science 13: 535-542.

Nasri MH, France J, Danesh Mesgaran M and Kebreab E, 2008. Effect of heat processing on ruminal degradability and intestinal disappearance of nitrogen and amino acids in Iranian whole soybean. Livestock Science 113: 43-51.

Nowak W, Michalak S and Wylegala S, 2005. In situ evaluation of ruminal degradability and intestinal digestibility of extruded soybeans. Czech Journal of Animal Science 50: 281-287.

Orias F, Aldrich CG, Elizalde JC, Bauer L and Merchen NR, 2002. The effects of dry extrusion temperature of whole soybeans on digestion of protein and amino acids by steers. Journal of Animal Science 80: 2493-2501.

Ørskov ER and McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. The Journal of Agricultural Science 92: 499-503.

Parand E, Taghizadeh A, 2009. Examination of digestibility of processed barley grain with different methods, using gas production technique with two sources of Inocola. Journal of Agricultural Sciences ,Tabriz University, Iran, 20: 1-13.

Paya H, Taghizadeh A, Janmohammadi H and Moghaddam GA, 2007. Nutrient Digestibility and Gas Production of Some Tropical Feeds Used in Ruminant Diets Estimated by the in vivo and in vitro Gas Production Techniques. American Journal of Animal and Veterinary Sciences 2: 108-113.

Plegge SD, Berger LL, Fahey GC, 1985. Effect of roasting temperature on the proportion of soybean meal nitrogen escaping degradation in the rumen. Journal of Animal Science. 61:1211–1218.

Reddy PV, Morrill JL and Nagaraja TG, 1994. Release of freefatty acids from raw or processed soybeans and subsequent effects on fiber digestibilities. Journal of Dairy Science 77:3410–3416.

Sadeghi AA, Nikkhah A and Shawrang P, 2005. Effects of heat processing on ruminal protein degradation of soybean meal. Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University, Iran, 33:1-12.

Salunkhe DK, Chavan JK, Adsule R.N and Kadam, S.S, 1992. Soybean. In World oilseeds; chemistry, technology, and utilization. New York: Nostrand Reinhold, 9-58.

Sarvari S, Hosseinkhani A, Taghizadeh A, Janmohammadi H, Daghighkia H and mohammadzadeh H, 2015. The effects of variety and time of roasting on chemical composition and estimate fermentation and physical parameters of barley grain using invitro gas production technique. Journal of Agricultural Sciences,Tabriz University, Iran, 25: 1-12.

Solanas EM, Castrillo C, Jover M and de Vega A, 2008. Effect of extrusion on in situ ruminal protein degradability and in vitro digestibility of undegraded protein from different feedstuffs. Journal of the Science of Food and Agriculture 88: 2589-2597.

Stern MD, Santos KA, Satter LD, 1985. Protein degradation in rumen and amino acid absorption in small intestine of lactating dairy cattle fed heat-treated whole soybeans. Journal Dairy Science, 68: 45–56.

Taghinejad Roudbaneh M, Ebrahimi SR , 2010. Effects of roasting cotton seed on its gossypol content, ruminal degradability and in Vitro protein Digestibility. Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Iran, 13:95-106.

Tellez G, Higgins SE, Donoghue AM and Hargis BM, 2006. Digestive physiology and the role of microorganisms. Journal of Applied Poultry Research 15:136-144.

VanDijk MJ, ODell GD, Perry PR and Grimesl W, 1983. Extruded versus raw ground soybeans for dairy cows in early lactation. Journal of Dairy Science 66:2521-2525.

Voragen AGJ, Gruppen H, Marsman GJP and Mul A J, 1995. Effect of some manufacturing technologies on chemical, physical and nutritional properties of feed. In Recent advances in animal nutrition, eds. Garnsworthy, P.C., and Cole, D.J.A. Nottingham: Univeristy Press, 93-126.

Zaman MS, Mc Niven MA, Grimmelt B, Macleod JA, 1995. Effect of roasting of lupins (Lupins albus) and high protein variety of soybeans(AC proteus) on chemical composition and in situ dry matter and nitrogen disappearance in dairy cows. Journal of Animal Feed Science Technology 51:329-335.

Effect of different soybean processing methods on ruminal disappearance of crude protein and dry matter

B Hajimohammadi Darabi[1], A Hosseinkhani[2*], A Taghizadeh[2] and H Mohammadzadeh[2]

Received: July 8, 2017 Accepted: September 29, 2018
[1]MSc graduated, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2]Associated professor, Professor and Assistant professor respectively, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[*]Corresponding author: Email: ahosseinkhani@tabrizu.ac.ir

پژوهش‌های علوم دامی Animal Science Research
Journal of Animal Science/vol.31 No.4/ 2022/pp 125-142
https://animalscience.tabrizu.ac.ir
OPEN ACCESS

© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
DOI: 10.22034/AS.2022.21658.1389

Introduction: Dietary protein is the most important factor determining milk N efficiency, urinary N losses, and consequently, ammonia emissions from dairy cow manure. High crude protein of the diet will decrease N efficiency of the cow through increased N losses in manure (Mustafa et al 2000). It seems that a nutritional management could be a suitable method to control N loss. Ration for high producing dairy cows can be safely balanced with low CP content if a suitable source of rumen undegradable protein selected in the diet. Therefore, it is essential to use feedstuff having more intestinal digestibility than rumen degradability. Wholesoybeans contain anti-nutritional factors such as protease inhibitors, lectins, phenolic compounds and phytates (Salunkhe et al 1992). Soy protein is rich in lysine, methionine, valine, and isoleucine, which include the first, second and third limiting amino acids in milk production. Thus, thermal processed soybean may play an effective role in fulfilling protein requirements delivering essential amino acids while having higher efficiency. The aim of this study was to determine the effect of different heat-processing methods on rumen degradability of protein and dry matter of soybean using *in situ* and gas production techniques.
Material and methods: Heat-treated soybean samples were obtained from two commercial animal feed producer companies. Experimental treatments included 1) control: whole soybean with no processing (WS) 2) roasted: roasting for 20 min at 156°C (RS) and 3) extruded soybean: extruded for ninety seconds at 130°C with 25% moisture (ES). Prior to proximate analyses samples were oven-dried at 60°C for 48 hours. Chemical composition of samples was determined according to prescribed procedures of AOAC (2005). Samples (n = 3) were oven-dried at 135°C for 2h and DM was calculated (AOAC, 2005; Method 930.15). Samples were analyzed for ash at 600°C for 2 h (AOAC, 2005; Method 942.05). N content was determined using Kjeldahl (Foss Electric, Copenhagen, Denmark) (AOAC, 2005; Method 984.13). Cell-wall content of samples (acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF)) were determined according to the method of Van Soest et al. (1991) using heat-stable α-amylase (Number A3306, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO). Ether extract (EE) content determined according to AOAC method (AOAC, 2005; Method 920.39). Dry matter fermentation and disappearance of samples were determined using *in-vitro* gas production and *in sacco* techniques, respectively. The collected data was analyzed in completely randomized design using SAS 9.2 software. The gas production technique was according to Fedorah and Hrudey (1983). Briefly, 200 mg of each dried sample (ground in a Wiley Mill adjusted to 2 mm screening) was weighed and transferred to the 50 mL glass vials. Prepared buffer (McDougall 1948) with the

obtained rumen liquor from two fistulated Ghezel lamb were loaded to the vials. Samples were incubated for 2, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 36, 48 and 72 hours. Kinetics of digestion were estimated using the following model: $Gp = A (1-e^{-ct})$. Ruminal degradability of feed samples was measured using two fistulated Ghezel lamb. The *in situ* technique was used to determine dry matter and protein degradability. About 500 mg of the samples were weighed and transferred to nylon bags having the mesh size of 50 µm, then bags were incubated in 4 replications (two bags of each sample for each incubation hour in the rumen of every lamb) for 0, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 36, 48 and 72 hours. Achieved data from the disappearance of dry matter and crude protein of the bags were used to describe the degradation kinetics of dry matter and crude protein using the model of $y = a + b (1-e^{-ct})$.

Results and discussion: The result indicated that heat processing, reduced dry matter digestibility of soybean ($P< 0.05$). Cumulative gas production during fermentation was 309.8, 299.4 and 297.0 for the whole, roasted and extruded soybean, respectively. There was no significant difference between treatments during the initial hours of incubation, but documented data after 16 hours of incubation showed significant differences among the treatments which continued until the end of incubation hours ($P <0.05$). Estimated nutritive parameters such as metabolizable energy (ME), net energy for lactation (NEl), short chain fatty acids (SCFA) and organic dry matter digestibility (OMD) showed significant reduction ($P < 0.05$) in both processing methods. Changes in the structure of soybean proteins by heat-processing as well as reduced ruminal digestibility of the protein by ruminal microorganisms reducing dry matter fermentation can explain the lower amount of gas production in roasted and extruded soybean in the present study. Lower fermentation resulted to reduction in estimated ME, NEL, DOM and SCFA of the feedstuffs. Results showed that roasting and extruding can reduce degradability rate of crude protein. It seems that heating of soybean during processing can cause changes in the structure of protein in which hydrogen and non-covalent bonds are broken and changes the conformation by altering amino acid locations (Folawiyo and Apenten 1997). Degradation rate (c) of crude protein of whole, extruded and roasted soybean were 0.071, 0.064, 0.041 per hour, respectively. It seems that because of lower degradation rate, roasted soybean should have less ruminal degradation and consequently higher rumen undegradable protein (RUP) than extruded soybean. The great difference in degradation rate (c) between extruded and roasted soybean in the present experiment can be attributed to the lower temperature in the extrusion versus roasting of soybean. However, no significant differences were found for C fractions of dry matter among the experimental feedstuffs.

Conclusion: Extruding and roasting of soybean can reduce both, accumulative amount, and rate of gas production and thereby fermentation of soybean after 16 hours of incubation in the rumen, contribute to more passage of this protein source to the small intestine of ruminants. Lower degradation rate of crude protein for the roasted soybean can result in higher amount of protected undegradable protein in the small intestine. However, high heat damage to protein should be considered. Nonetheless, increasing N efficiency and reduced N from dairy excreta could contribute to healthier environment.

Keywords: Heated soybean, Ghezel ram, Microbial protein, Nylon bag, Protein degradation