نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان
جلد هشتم، شماره دوم، ۱۳۹۹
http://ejrr.gau.ac.ir
۱۲۵-۱٤٤
DOI: 10.22069/ejrr.2020.17916.1745

تعیین ترکیبات شیمیایی و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پنبه‌دانه عمل‌آوری شده با حرارت و تاثیر آن بر فراسنجه‌های خونی و عملکرد رشد بره‌های دالاق

[*]فرزاد قنبری[۱]، انیس کریم‌کشته[۲]، یوسف مصطفی‌لو[۱] و آشورمحمد قره‌باش[۱]

[۱]استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

[۲]دانش‌آموخته کارشناس‌ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۹۹/۱/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/٤/٤

چکیده

سابقه و هدف: نشخوارکنندگان پر تولید به‌مقدار بالای پروتئین عبوری در شکمبه نیاز دارند. محققین ارتباط بین افزایش تولید و کاهش تجزیه شکمبه‌ای پروتئین را گزارش کرده‌اند. پنبه‌دانه یک خوراک متداول در تغذیه نشخوارکنندگان به‌علت محتوی بالای الیاف، انرژی و پروتئین‌خام می‌باشد. اما تجزیه پذیری پروتئین‌خام این ماده خوراکی در شکمبه نسبتاً بالا می‌باشد. روش‌های مختلف عمل‌اوری خوراک برای کاهش تجزیه شکمبه‌ای پروتئین ارائه شده‌اند که از جمله می‌توان به فرایند حرارتی اشاره کرد. هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر عمل‌آوری حرارتی بر ترکیب شیمیایی و کینتیک تجزیه شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین‌خام پنبه‌دانه و تاثیر آن بر عملکرد رشد بره‌های دالاق بود.

مواد و روش‌ها: پنبه‌دانه مورد استفاده در این پژوهش به‌مدت ۱۵ دقیقه با درجه حرارت‌های ۱۱۵ و ۱۲۵ درجه سانتی گراد عمل‌آوری شد. پس از عمل‌آوری، ماده خشک، خاکستر و ماده آلی، عصاره اتری، پروتئین‌خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی مطابق با روش‌های استاندارد تعیین شدند. آزمایش تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین‌خام با تکنیک کیسه‌های نایلونی و با استفاده از سه راس گوسفند نر دالاق مجهز به فیستولای شکمبه‌ای انجام شد. قابلیت هضم برون‌تنی و فراسنجه‌های تخمیری نمونه‌ها با استفاده از روش کشت بسته تعیین شدند. آزمایش عملکردی به‌مدت ٥٦ روز و با استفاده ۱۸ راس گوسفند ٦ ماهه دالاق با میانگین وزن ۲/٦۹±۳٤/۷٥ کیلوگرم انجام شد. بره‌ها به ۳ گروه مساوی تقسیم شده و هر گروه یکی از جیره‌های (تیمار) حاوی پنبه‌دانه عمل‌آوری نشده، و عمل‌آوری شده با درجه حرارت ۱۱۵ و ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد را دریافت کردند. جیره‌ها ایزوکالریک و ایزونیتروژنوس بودند. صفات عملکردی شامل افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک اندازه گیری شدند. در پایان آزمایش، خون‌گیری از گوسفندان برای تعیین شکنندگی گلبول‌های قرمز، فراسنجه‌های خونی و آنزیم‌های کبدی انجام شد. تجزیه آماری داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری (۹/۱) SAS و رویه GLM انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار استفاده شد.

یافته‌ها: عمل‌آوری تاثیری برترکیب شیمیایی پنبه‌دانه نداشت (P>۰/۰٥). بخش سریع تجزیه، ثابت نرخ تجزیه و تجزیه پذیری موثر ماده خشک و پروتئین‌خام پنبه‌دانه در اثر فرایند حرارتی کاهش یافت (P< ۰/۰٥). تاثیر حرارت ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد در

[*]نویسنده مسئول: farzadghanbari@yahoo.com

کاهش تجزیه پذیری بیشتر از حرارت ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. به‌طوری‌که تجزیه‌پذیری موثر پروتئین‌خام در سرعت‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت از به‌ترتیب ۸٤/۸۸، ۷۹/۲٦ و ۷۵/۱۵ درصد در شاهد به ۸۳/۲٦، ۷۵/۷۹ و ۷۰/۸۱ درصد در نمونه عمل‌آوری شده با ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد و ۸۲/۳۲، ۷۳/۳٤ و ٦۷/٦۳ درصد در نمونه عمل‌آوری شده با ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. تیمار حرارتی تاثیری بر قابلیت هضم برون‌تنی، عامل تفکیک، توده میکروبی تولید شده و بازده آن نداشت. (P>۰/۰۵). اما بازده تولید گاز در اثر عمل‌آوری با حرارت ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد (٤۰/۷٦ میلی‌لیتر) نسبت به شاهد (٤۷/۰۲ میلی‌لیتر) کاهش یافت (P< ۰/۰۵). فرایند حرارتی پنبه‌دانه تاثیری بر صفات عملکردی دام‌ها نداشت (P>۰/۰۵). هر چند که افزایش وزن روزانه در گوسفندان تغذیه شده با پنبه‌دانه حرارت داده شده به‌طور قابل توجهی بالاتر از گروه شاهد بود. تغذیه پنبه‌دانه عمل‌آوری شده با حرارت تاثیری بر شکنندگی گلبول‌های قرمز خون، متابولیت‌های خونی و آنزیم‌های کبدی نداشت (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که هر چند عمل‌آوری با درجه حرارت‌های ۱۱۵ و ۱۲۵ درجه سانتی گراد در مدت زمان ۱۵ دقیقه باعث کاهش تجزیه‌پذیری موثر پنبه‌دانه در شکمبه شد، اما تاثیری بر فراسنجه‌های خونی و عملکرد بره‌ها نداشت. پژوهش‌های بیشتری برای تعیین میزان بهینه درجه حرارت و مدت زمان اعمال آن برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پنبه‌دانه لازم است.

واژه‌های کلیدی: پنبه‌دانه، عمل‌آوری حرارتی، عملکرد، کینتیک تجزیه شکمبه‌ای، بره‌های دالاق

مقدمه

تولید پنبه در ایران قدمت زیادی دارد. استان‌های گلستان، مازندران، خراسان، فارس و اردبیل مهم‌ترین تولیدکنندگان پنبه آبی و دیم در ایران به‌شمار می‌روند (۲۰). پس از برداشت پنبه، فراورده‌های فرعی حاصل از آن از جمله پنبه‌دانه می‌توانند به‌عنوان اجزای خوراکی در جیره نشخوارکنندگان استفاده شوند. نیاز بالا به انرژی و پروتئین در نشخوارکنندگان پرتولید، اهمیت تغذیه پنبه‌دانه کامل را به‌عنوان یک مکمل انرژی و پروتئین بیشتر می‌کند. این فراورده یک منبع خوراکی با ارزش برای گوسفند و بز به‌دلیل محتوی بالای مواد مغذی می‌باشد (٦).

در جیره نشخوارکنندگان پرتولید نسبت بالاتری از پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه (عبوری) بایستی لحاظ شود تا سطح مطلوب اسیدهای آمینه ضروری ورودی به روده تامین شود. بیان شده است که استفاده از پروتئین عبوری یک روش موثر برای بهبود فراهمی پروتئین در جیره غذایی دام می‌باشد (۳۵). دانه‌های روغنی منابع ارزشمند انرژی و پروتئین بوده که در تغذیه نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما تجزیه‌پذیری آن‌ها در شکمبه بالا می‌باشد (۳٤). محافظت پروتئین دانه‌های روغنی از تجزیه شکمبه‌ای، اثرات مثبتی بر عملکرد دام برجای خواهد گذاشت. در طی چند دهه گذشته، روش‌های مختلف عمل‌آوری دانه‌ها به‌منظور کاهش تجزیه پذیری پروتئین آن‌ها در شکمبه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (٤٦). این روش‌ها به‌صورت عمل‌آوری‌های شیمیایی (استفاده از الکل، زایلوز، اسیدهای آلی و معدنی، لیگنوسولفونات و فرمالدئید)، فیزیکی (استفاده از حرارت خشک، حرارت مرطوب و پرتوتابی) و یا ترکیب آن‌ها اعمال شده‌اند (٤۲).

حرارت دادن متداول‌ترین روش عمل‌آوری فیزیکی می‌باشد (۸). حرارت، تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه را به‌دلیل واسرشت کردن آن و یا به سبب تشکیل پیوندهای عرضی پروتئین- کربوهیدرات (واکنش مایلارد) و پروتئین- پروتئین کاهش می‌دهد.

بایستی در نظر داشت که استفاده از عمل‌آوری حرارتی ممکن است باعث ایجاد پیوندهای دائمی مقاوم به تجزیه شده و در نتیجه فرآهمی پروتئین را در سراسر دستگاه گوارش کاهش دهد. ضمن اینکه حرارت بیش از حد نیز سبب تخریب قابل توجه لیزین، سیستئین و آرژنین می‌شود. لیزین حساس‌ترین اسید آمینه به آسیب حرارتی بوده و در معرض تخزیب و کاهش فرآهمی قرار می‌گیرد. لیزین و متیونین دو اسید آمینه محدود کننده تولید شیر در گاوهای پرتولید می‌باشند (۲۷). تیواری و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که نسبت بالای مکمل پروتئین عبوری (کنجاله سویای حرارت داده شده) از شکمبه باعث افزایش تولید شیر گاوهای پرتولید در اوایل شیردهی شد (٤١). در یک مطالعه مشاهده شد که برشته کردن پنبه‌دانه کامل باعث کاهش محلولیت نیتروژن شکمبه‌ای از ۷۹ درصد به ۳۷ درصد شد. ضمن اینکه تولید آمونیاک در شکمبه با افزایش درجه حرارت اعمالی از ۱٤۰ درجه سانتی‌گراد به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور خطی کاهش یافت (۱۷). حداد و همکاران (۲۰۰۵) ارتباط غیرخطی مثبتی بین مصرف پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه و افزایش وزن روزانه مشاهده کردند (۱۸). محافظت پروتئین جیره از تجزیه شکمبه‌ای در نهایت منتج به افزایش فرآهمی روده‌ای اسیدهای آمینه محدود کننده (متیونین، لیزین) برای تولید شیر، گوشت و الیاف می‌شود (٤١). در پژوهش قنبری (۱۳۹۱) فرآیند حرارتی کنجاله پنبه‌دانه تاثیری بر شاخص‌های عملکردی بره‌ها نداشت (۱۲). فرآیند حرارتی کنجاله-های دانه روغنی به‌منظور افزایش نسبت پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه صورت می‌گیرد. عدم تاثیر فرآیند حرارتی ممکن است به‌دلیل عدم محافظت بهینه پروتئین، کاهش قابلیت ساخت پروتئین میکروبی، پایین بودن قابلیت هضم پس‌شکمبه‌ای پروتئینی غیر قابل تجزیه در شکمبه و کافی نبودن الگوی اسید آمینه‌ای پروتئین عبوری برای تامین نیازهای دام باشد (٤٥).

هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر عمل-آوری حرارتی بر ترکیبات شیمیایی و کینتیک تجزیه شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین‌خام پنبه‌دانه و تاثیر آن بر عملکرد بره‌های دالاق بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پاییز سال ۱۳۹۳ در دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. پنبه‌دانه مورد استفاده از منطقه داراب استان فارس خریداری شده و در کارخانه‌ای واقع در شهر اصفهان تحت عمل‌آوری حرارتی (برشته کردن) قرار گرفت. عمل‌آوری در دماهای ۱۱۵ و ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ دقیقه توسط دستگاه جت رستر انجام گرفت.

به‌منظور تعیین ترکیب شیمیایی، ابتدا نمونه‌های پنبه‌دانه مورد مطالعه با آسیاب آزمایشگاهی دارای غربال یک میلی‌متری آسیاب شدند. مقادیر ماده خشک، خاکستر، عصاره اتری و پروتئین‌خام مطابق با روش استاندارد[2] (۲۰۰۵) تعیین شدند (۳). الیاف نامحلول در شوینده خنثی با روش ون سوست و همکاران (۱۹۹۱) تعیین شد (٤٣).

اندازه‌گیری قابلیت هضم تیمارهای مختلف بر اساس روش کشت بسته انجام شد (٤٠). بدین منظور ابتدا نمونه‌ها با آسیاب چکشی دارای الک یک میلی-متری آسیاب شدند. سپس مقدار ۵۰۰ میلی‌گرم ازهر نمونه‌ی خشک شده داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته شد. برای هر نمونه سه تکرار در نظر گرفته شد. سه ویال هم بدون نمونه و به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. به‌طوری که کلیه مراحل بعدی روی ویال‌های شاهد نیز انجام گرفت. مایع شکمبه قبل از وعده‌ی

2 - Association of Official Analytical Chemists (AOAC)

خوراک صبح از سه را گوسفند مجهز به فیستولای شکمبه‌ای جمع‌آوری شده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید. بزاق مصنوعی مورد استفاده شامل پنج بخش: محلول بافری، محلول ماکرومینرال، محلول میکرومینرال، محلول رزازورین و محلول احیا بود. سپس مایع شکمبه و بزاق مصنوعی تهیه شده به‌نسبت ۲ با ۱ (۲ حجم بزاق مصنوعی و ۱ حجم مایع شکمبه) به‌داخل هر ویال اضافه شد (۲۶). سپس به‌مدت ۱۰ ثانیه به‌داخل هر ویال شیشه‌ای گاز دی اکسید کربن وارد نموده و درب آن به‌کمک درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی به‌طورکامل بسته شد. ویال‌ها درون حمام آب گرم در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و در فواصل زمانی معین و مساوی به‌مدت ۲٤ ساعت میزان گاز تولیدی نمونه‌ها اندازه گیری شد. پس از آن ویال‌ها از حمام آب گرم خارج شده به‌ظرف حاوی یخ منتقل شدند. نمونه‌های موجود در هر ویال، با استفاده از پارچه مخصوص صاف شده و محتویات هضم نشده از فاز مایع جدا شدند. سپس pH فاز مایع نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. پس از صاف کردن محتویات کشت ۲٤ ساعته، نمونه‌های حاصل به‌مدت ٤۸ ساعت در آون ٦۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس قابلیت هضم ظاهری نمونه‌ها محاسبه شد. توده میکروبی تولید شده با استفاده از رابطه ۱ برآورد شد (۲۲):

رابطه ۱ $MB\ (\text{میلی‌گرم}) = GP \times (PF - ۲/۲)$

در این رابطه، MB تولید توده میکروبی، GP میزان تولید گاز خالص بعد از ۲٤ ساعت (میلی‌لیتر) و PF عامل تفکیک (میلی‌گرم در میلی‌لیتر) هستند. عامل تفکیک برابر با نسبت میلی‌گرم ماده آلی حقیقی هضم شده بر میلی‌لیتر حجم گاز خالص تولیدی می‌باشد. بازده مقدار توده میکروبی با تقسیم توده میکروبی تولید شده بر مقدار ماده آلی حقیقی قابل تخمیر در پایان زمان انکوباسیون (۲٤ ساعت) محاسبه گردید (۲۲).

به‌منظور اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین‌خام پنبه‌دانه‌ی عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با حرارت، از تکنیک کیسه‌های نایلونی استفاده شد (۲٤). بدین منظور از ۳ راس گوسفند نر فیستولا گذاری شده‌ی نژاد دالاق (با میانگین وزن ۱/۵±٤۵ کیلوگرم) استفاده شد. دام‌ها در جایگاه‌های انفرادی نگهداری شده و دسترسی آزاد به جیره کاملاً مخلوط و آب داشتند. جیره دام‌ها مطابق استاندارد تکنیک کیسه‌های نایلونی در حد نگهداری تنظیم شده و روزانه دو نوبت در اختیار دام‌ها قرار می‌گرفت. کیسه‌های نایلونی مورد استفاده برای انجام آزمایش تجزیه‌پذیری از جنس داکرون (الیاف پلی‌استر مصنوعی) بودند. ابعاد کیسه‌ها ۲۰×۱۰ سانتی‌متر و قطر منافذ آن‌ها ٤۵ تا ۵۰ میکرون بود. نمونه‌ها توسط آسیاب آزمایشگاهی دارای غربال ۳ میلی‌متری آسیاب شدند. سپس مقدار ۳ گرم از هر نمونه داخل کیسه‌های نایلونی (با وزن مشخص) ریخته شد. به‌منظور قرار دادن کیسه‌ها در شکمبه از شیلنگ‌های لاستیکی استفاده شد. زمان‌های ٤، ۸، ۱٦، ۲٤ و ٤۸ و ۷۲ ساعت به‌منظور باقی‌ماندن کیسه‌های نایلونی حاوی نمونه‌های مواد خوراکی در شکمبه در نظر گرفته شدند. در ضمن برای برآورد مقدار ناپدید شدن مواد خوراکی در زمان صفر یا مقدار مواد محلول در آب، کیسه‌های حاوی نمونه‌های مواد خوراکی به‌مدت ۳۰ دقیقه با آب سرد شسته شدند. پس از پایان یافتن هر زمان انکوباسیون، کیسه‌های حاوی مواد باقی‌مانده از طریق فستولا از داخل شکمبه خارج شده و بلافاصله در آب سرد قرار داده شدند. این کار به‌منظور جلوگیری از تخمیر و همچنین شسته شدن ذرات خوراکی چسبیده به بیرون کیسه‌ها صورت گرفت. سپس کیسه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه با آب سرد

شسته شدند. به گونه‌ای که از آن‌ها آب شفاف خارج می‌شد. پس از شستشو، کیسه‌ها به‌مدت ٤٨ ساعت در آون ٦٥ درجه قرار داده شده تا خشک شوند. در نهایت مقدار نمونه باقی‌مانده در کیسه‌ها تعیین شد. درصد تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین‌خام در زمان‌های مختلف انکوباسیون از کم کردن مقدار باقی‌مانده در کیسه از نمونه اولیه به‌دست آمد.

برآورد فرآسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک و پروتئین‌خام با استفاده از نرم‌افزار *Fit curve* انجام شد. بدین‌منظور از رابطه غیرخطی ارسکوف و مک‌دونالد (۱۹۷۹) استفاده شد (۳۰، رابطه ۲):

رابطه ۲ $P= a+b\ (1-e^{-ct})$

در این رابطه P: پتانسیل تجزیه پذیری ماده خشک (پروتئین‌خام)، a: بخش سریع تجزیه (درصد)، b: بخش کند تجزیه (درصد)، e: عدد نپری، C: ثابت نرخ تجزیه (در ساعت) و t: زمان (ساعت) می‌باشد. برآورد مقدار تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک و پروتئین‌خام با استفاده از رابطه ۳ انجام شد (۳۰):

رابطه ۳ $ERD= a+(b\times c/c+k)$

در این رابطه ERD: تجزیه پذیری موثر (درصد) و k= نرخ عبور (درصد در ساعت) می‌باشد. a، b و c در رابطه ۲ توضیح داده شده‌اند.

آزمایش عملکردی به‌مدت ٥٦ روز و با استفاده ۱۸ راس بره دالاق ٦ ماهه با میانگین وزن ۲/٦۹±۳٤/۷٥ کیلوگرم انجام شد. گوسفندان به سه گروه مساوی (٦ راسی) به‌گونه‌ای تقسیم شدند که میانگین وزنی آن‌ها یکسان باشد (تصادفی سیستماتیک). تیمار ها شامل گروه دریافت کننده پنبه‌دانه عمل‌آوری نشده، گروه دریافت کننده پنبه‌دانه عمل آوری شده با حرارت ۱۱٥ درجه سانتی‌گراد و گروه دریافت کننده پنبه‌دانه عمل آوری شده با حرارت ۱۲٥ درجه سانتی گراد بودند. یک جیره پرواری بر اساس جداول استاندارد انجمن تحقیقات ملی ُبرای دام‌ها تنظیم گردید (جدول ۱). خوراک‌دهی در دو نوبت صبح (ساعت ۸) و عصر (ساعت ١٦) انجام می‌شد. بره‌ها در حد اشتها تغذیه می‌شدند. مقدار خوراک مصرفی به‌صورت روزانه محاسبه شد. بدین‌ترتیب، همه روزه قبل از خوراک‌دهی صبح، باقی‌مانده خوراک داده شده روز قبل جمع‌آوری و وزن می‌گردید. افزایش وزن روزانه از تفاوت وزن نهایی از وزن اولیه، تقسیم بر تعداد روزهای آزمایش محاسبه گردید. ضریب تبدیل خوراک از تقسیم میانگین ماده خشک مصرفی به میانگین افزایش وزن دام‌ها به‌دست آمد (۱۲).

در پایان دوره آزمایشی، خون‌گیری از گوسفندان از طریق سیاهرگ وداج صورت گرفت. برای اندازه‌گیری شکنندگی گلبول‌های قرمز، از هر گوسفند مقدار ٥ سی‌سی خون گرفته، و برای جلوگیری از لخته شدن درون لوله‌های آغشته به هپارین ریخته می‌شد. یک نمونه خون دیگر برای اندازه‌گیری نیتروزن اوره و پروتئین کل خون، و نیز آنزیم‌های کبدی شامل آسپارتات آمینو ترانسفراز و آلانین آمینو ترانسفراز از گوسفندان گرفته شد. این خون درون لوله‌های معمولی ریخته می‌شد تا پس از مدتی لخته شود. سپس توسط سانتریفوژ با دور ۳۰۰۰ و به‌مدت ٥ دقیقه، سرم آن جدا شده و برای اندازه‌گیری فراسنجه‌های مورد اشاره استفاده شد. همچنین یک نمونه خون برای شمارش گلبول‌های قرمز و شاخص‌های مربوط به آن، تعداد نوتروفیل‌ها و تعداد لنفوسیت‌ها از گوسفندان گرفته شد. به این ترتیب که ٥ سی‌سی خون از هر گوسفند گرفته و در درون

لوله‌های آغشته به ماده ضدانعقاد EDTA ریخته می‌شد تا به این صورت از لخته شدن آن‌ها جلوگیری شود. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند ومورد ارزیابی قرار می‌گرفتند (۱۳).

تجزیه داده‌های حاصل از این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۹/۱) (۲۰۰۳)، رویه GLM انجام شد (۳۲). برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی-دار استفاده شد. لازم به ذکر است که وزن اولیه بره‌ها به‌عنوان عامل کمکی (کواریت) در مدل قرار گرفت و به‌علت اینکه اثر آن معنی دار نبود، از مدل نهایی حذف گردید.

جدول ۱: اجزای تشکیل دهنده جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک)

Table 1. Ingredients of experimental Diets (% DM)

اجزای جیره Ingredients	تیمارها Treatments		
	شاهد[1] Control	۱۱۵ درجه سانتی‌گراد[2] 115 °C	۱۲۵ درجه سانتی‌گراد[3] 125 °C
دانه جو Barley grain	28.41	28.41	28.41
یونجه Alfalfa	21.3	21.3	21.3
پنبه‌دانه سالم[1] Whole cottonseed	28.41	-	-
پنبه‌دانه عمل‌آوری شده[2] Processed cottonseed	-	28.41	-
پنبه‌دانه عمل‌آوری شده[3] Processed cottonseed	-	-	28.41
کاه گندم Wheat straw	21.3	21.3	21.3
نمک Salt	0.07	0.07	0.07
جوش شیرین Sodium bicarbonate	0.07	0.07	0.07
کربنات کلسیم Calcium carbonate	0.36	0.36	0.36
مکمل ویتامینی-معدنی* Mineral- vitamin permix	0.07	0.07	0.07

* هر کیلوگرم حاوی ۹۹/۲ میلی‌گرم منگنز، ۵۰ میلی‌گرم آهن، ۸٤/۷ میلی‌گرم روی، ۱۰ میلی‌گرم مس، ۱ میلی‌گرم ید، ۰/۲ میلی‌گرم سلنیوم، ۹۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۹۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D و ۹۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E

* Each kg contains: 99.2 mg Mn, 50 mg Fe, 84.70 mg Zn, 10 mg Cu, 1 mg I, 0.2 mg Se, 9000 IU vit A, 9000 IU vit D and 9000 IU vit E

ترکیب شیمیایی جیره‌ها: پروتئین خام: ۱۳/٤۲ درصد، عصاره اتری: ۸/۱۵ درصد، کلسیم: ۰/۳۹ درصد، فسفر: ۰/۳٦ درصد، الیاف خام: ۲۱/۹۰ درصد، الیاف نامحلول در شوینده خنثی: ٤۰/۹۰ درصد، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی: ۲٦/۷۵ درصد، انرژی قابل متابولیسم: ۲/۵۸ مگاکالری بر کیلوگرم

Chemical composition of diets: CP: 13.42%, EE: 8.15%, Ca: 0.39%, P: 0.36%, CF: 21.90%, NDF: 40.90%, ADF: 26.75%, ME: 2.58 Mcal/kg

نتایج و بحث

اثرات حرارت دادن، بر ترکیبات شیمیایی پنبه‌دانه در جدول ۲ گزارش شده است. عمل‌آوری مذکور در دماهای متفاوت اثر معنی‌داری بر ترکیبات شیمیایی پنبه‌دانه نداشت (P >۰/۰۵).

در پنبه‌دانه عمل‌آوری نشده مقادیر ماده خشک، ماده آلی، خاکستر، پروتئین‌خام، چربی‌خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی به‌ترتیب ۹۶/۳۷، ۹۵/۹۲، ٤/۰۸، ۲۰/۸٦، ۲۱/۵۰، ۵۸/۰۰ درصد ماده خشک به‌دست آمد. در توافق با پژوهش حاضر، ال- عبید و همکاران (۲۰۰۸) ترکیب شیمیایی پنبه‌دانه شامل: ماده خشک، خاکستر، پروتئین‌خام و چربی‌خام را به‌ترتیب ۹۷/۵٦، ۳/٤۱، ۲۰/۳۹، ۱۸/۰۷ درصد ماده گزارش کردند (۱). همچنین غلامیان (۲۰۱۳) در بررسی ترکیب شیمیایی پنبه‌دانه، مقادیر ماده خشک، خاکستر، پروتئین‌خام، چربی‌خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی را به‌ترتیب ۹۷/۵۱، ۳/٦، ۱۸/٦، ۱۸/۱، ۵۸/۹۲ درصد به‌دست آورد (۱٦). اختلاف در مقادیر به‌دست آمده می‌تواند به‌خاطر اندازه ذرات نمونه، مقدار کرک‌های (لینت) دانه و شرایط آب و هوایی باشد (۱۹). در پژوهش حاضر، نتایج عمل‌آوری تفت دادن در دماهای ۱۱۵ و ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد تاثیری بر ترکیب شیمیایی پنبه‌دانه نداشت (P> ۰/۰۵). در تایید پژوهش حاضر فروغی و همکاران (۲۰۰٤) مشاهده کردند که عمل‌آوری حرارتی در دمای ۱٤۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲/۵ و ۲۰ دقیقه تاثیری بر ترکیب شیمیایی پنبه‌دانه نداشت (۹). همچنین تقی نژاد رودبنه و ابراهیمی (۲۰۱۰) مشاهده کردند که درجه حرارت ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه تاثیری بر ترکیب شیمیایی پنبه‌دانه نداشت (۳۸). مشاهده‌ای دیگر، تقی‌نژادرودبنه (۲۰۰۸) گزارش نمود که اثر معنی‌داری بین ترکیب شیمیایی پنبه‌دانه عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با حرارت در دمای ۱٤۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه وجود نداشت (۳۷). مبجیش و همکاران (۱۹۹۸) مشاهده کردند که ترکیب شیمیایی پنبه‌دانه عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده در دمای ۱۳۷ درجه سانتی‌گراد یکسان بود (۲۱). در مطالعه هاهم و همکاران (۲۰۱۳) اختلاف معنی‌داری در ترکیب پنبه‌دانه عمل‌آوری شده با درجه حرارت‌های مختلف (۷۹ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) در مدت زمان ۳۰ دقیقه اختلافی با نمونه‌های عمل‌آوری نشده مشاهده نشد (۱۹).

جدول ۲ - تاثیر عمل‌آوری حرارتی بر ترکیب شیمیایی پنبه‌دانه (درصد ماده خشک)

Table 2. Effect of heat processing on chemical composition of cottonseed (%DM)

اشتباه معیار میانگین SEM	تیمارها Treatments			صفت Trait
	۱۲۵ درجه سانتی‌گراد 125 °	۱۱۵ درجه سانتی‌گراد 115 °	شاهد Contro	
1.22	93.62	96.65	96.37	ماده خشک Dry matter
0.16	95.67	95.99	95.92	ماده آلی Organic matter
0.16	4.32	4.۰۰	4.08	خاکستر Ash
0.41	21.29	21.11	20.86	پروتئین‌خام Crude protein
0.75	22.75	23.25	21.50	عصاره اتری Ether extract
8.89	52.00	60.50	58.00	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber

فراسنجه‌های مختلف تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر ماده خشک پنبه‌دانه عمل‌آوری نشده (شاهد) و عمل‌آوری شده با فرایند حرارتی در جدول ۳ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود (P <۰/۰۵). فرایند حرارتی باعث کاهش بخش سریع‌تجزیه و افزایش بخش کند تجزیه ماده خشک نمونه‌ها شد. به‌طوری که مقدار این صفات از ۳۲/٦٤ درصد و ۲٤/۳۰۰ درصد در نمونه شاهد به ۳۰/۱۵ درصد و ۲۷ /۵۸ درصد در نمونه عمل‌آوری شده با درجه حرارت ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد و ۲٦/٦۷ درصد و ۳۰/۵۸ درصد در نمونه عمل‌آوری آوری شده با درجه حرارت ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد رسید. به‌همین ترتیب ثابت نرخ تجزیه در تیمارهای مورد اشاره نسبت به شاهد کاهش یافت (به‌ترتیب ۰/۱۲٦ و ۰/۱۰۷ در ساعت در برابر ۰/۱٦۱ در ساعت). مقدار تجزیه پذیری موثر ماده خشک در سرعت‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت در نمونه‌های عمل‌آوری نشده به‌ترتیب ۵٤/۲۵، ۵۱/۱۷ و ٤۸/۸٦ درصد به‌دست آمد. مقدار این صفات در نمونه‌های عمل‌آوری شده با درجه حرارت‌های ۱۱۵ و ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا کرد (به‌ترتیب ۵۳/۹۵، ٤۹/۹۰ و ٤۷/۰۲ درصد و ۵۲/٤۳، ٤۷/۵۰ و ٤٤/۱٦ درصد). تاثیر درجه حرارت ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد در کاهش این صفات بیشتر از درجه حرارت ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد بود.

جدول ۳: تأثیر عمل‌آوری حرارتی بر فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک پنبه‌دانه

Table 3. Effect of heat processing on different degradability parameters and effective degradability of cottonseed dry matter

تیمارها	بخش سریع تجزیه (درصد) a (%)	بخش کند تجزیه (درصد) b (%)	ثابت نرخ تجزیه (درساعت) c (h^{-1})	تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک (درصد) EDMD (%) در سرعت عبور(درصد درساعت) At outflow rate (%/h)		
				2	5	8
شاهد Control	32.64[a]	24.30[c]	0.161[a]	54.25[a]	51.17[a]	48.86[a]
۱۱۵ درجه سانتی‌گراد 115 °C	30.15[b]	27.58[b]	0.126[b]	53.95[a]	49.90[a]	47.02[a]
۱۲۵ درجه سانتی‌گراد 125 °C	26.67[c]	30.58[a]	0.107[c]	52.43[b]	47.50[b]	44.16[b]
اشتباه معیار میانگین SEM	1.05	0.66	0.01	0.29	0.44	0.53
سطح معنی‌داری P-value	0.0024	0.0016	0.0006	0.0084	0.0031	0.0023

در هر ستون اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P <۰/۰۵).

Means in a column with different superscripts are significantly different (P<0.05)
a: washout fraction, b: potentially degradable fraction, c: degradation rate of b fraction, EDMD: effective degradability of dry matter

نتایج مقایسه میانگین (جدول ٤) نشان داد که عمل‌آوری حرارتی بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر پروتئین‌خام پنبه‌دانه موثر بود (P <۰/۰۵). اعمال حرارت‌های ۱۱۵ و ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش بخش سریع‌تجزیه و افزایش بخش کند تجزیه پنبه‌دانه نسبت به شاهد شد (به‌ترتیب ٤۵/۷۱ و ٤۱/۷۹ درصد در برابر ٤۸/۷۳ درصد برای بخش سریع تجزیه، و ٤۵/۰۲ و ۵۰/۰۲ درصد

در برابر ٤١/٢١ درصد برای بخش کند تجزیه). ضمن اینکه اختلاف بین نمونه‌های حرارت داده شده با دمای ١١٥ درجه سانتی‌گراد و دمای ١٢٥ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار بود. تیمارهای حرارتی مورد اشاره به‌طور یک‌سانی ثابت نرخ تجزیه را نسبت به شاهد کاهش دادند (٠/١٠٢ و ٠/٠٨٦ در ساعت در برابر ٠/١٢٣ در ساعت). تجزیه پذیری موثر پروتئین‌خام در سرعت‌های عبور ٢، ٥ و ٨ درصد در ساعت در پنبه‌دانه عمل‌آوری نشده به‌ترتیب ٨٤/٨٨، ٧٩/٢٦ و ٧٥/١٥ درصد به‌دست آمد. عمل‌آوری حرارتی مقدار آن‌ها را کاهش داد. به این ترتیب که در نمونه‌های عمل‌آوری شده با دمای ١١٥ درجه سانتی گراد مقدار این صفات ٨٣/٢٦، ٧٥/٧٩ و ٧٠/٨١ درصد و در نمونه‌های عمل‌آوری شده با ١٢٥ درجه سانتی‌گراد مقدار آن‌ها به ٨٢/٣٢، ٧٣/٣٤ و ٦٧/٦٣ درصد به‌دست آمد. ضمن اینکه اختلاف داده‌های به‌دست آمده میان نمونه‌های عمل‌آوری شده با ١١٥ درجه سانتی‌گراد با نمونه‌های عمل‌آوری شده با درجه حرارت ١٢٥ درجه سانتی‌گراد در سرعت‌های عبور ٢، ٥ و ٨ درصد از لحاظ آماری معنی‌دار بود.

جدول ٤: تأثیر عمل‌آوری حرارتی بر فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین‌خام پنبه‌دانه

Table 4. Effect of heat processing on different degradability parameters and effective degradability of cottonseed crude protein

تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین‌خام (درصد) ECPD در سرعت عبور (درصد درساعت) At outflow rate (%/h)			ثابت نرخ تجزیه (درساعت) c (h^{-1})	بخش کند تجزیه (درصد) b (%)	بخش سریع تجزیه (درصد) a (%)	تیمارها
8	5	2				
75.15[a]	79.26[a]	84.88[a]	0.143[a]	41.21[c]	48.73[a]	شاهد Control
70.81[b]	75.79[b]	83.26[b]	0.102[b]	45.02[b]	45.71[b]	١١٥ درجه سانتی‌گراد 115 °C
67.63[c]	73.34[c]	82.32[b]	0.086[b]	50.02[a]	41.79[c]	١٢٥ درجه سانتی‌گراد 125 °C
0.73	0.61	0.34	0.01	0.71	0.58	اشتباه معیار میانگین SEM
0.0010	0.0014	0.0049	0.0004	0.0004	0.0005	سطح معنی‌داری P-value

در هر ستون اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P <٠/٠٥).

Means in a column with different superscripts are significantly different (P<0.05)
a: washout fraction, b: potentially degradable fraction, c: degradation rate of b fraction, ECPD: effective degradability of crude protein

در پژوهش حاضر عمل‌آوری حرارتی باعث کاهش فراسنجه‌های مختلف تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر ماده خشک و پروتئین‌خام پنبه‌دانه شد. مطابق با پژوهش حاضر، مابجیش و همکاران (٢٠٠٠) گزارش کردند که درجه حرارت ١٤٩ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٣٠ دقیقه، تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین‌خام پنبه‌دانه را کاهش داد (٢١). همچنین در مطالعه ال- اوبید و همکاران (٢٠٠٨) اعمال حرارت ١٥٠ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٦٠، ٩٠ و ١٥٠ درجه سانتی‌گراد به‌طور خطی فراسنجه‌های تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر ماده خشک و پروتئین‌خام پنبه‌دانه را کاهش داد (١).

محلولیت پروتئین به فعل و انفعال سطح آب- گریزی (پروتئین-پروتئین) و آب‌دوستی (پروتئین-

حلال) آن بستگی دارد (۳۹). در ساختار تاخورده طبیعی پروتئین‌های حلقوی، اسیدهای آمینه آب‌گریز در داخل زنجیره محبوس شده اند. فرایند حرارتی باعث باز شدن تاخوردگی پروتئین و واسرشتی آن می‌شود. بدین ترتیب باعث در معرض قرار دادن گروه‌های آب‌گریز (غیرقطبی) شده و سطح آب‌گریزی را افزایش می‌دهد. این باعث می‌شود که محلولیت پروتئین کاهش یابد. به‌عبارتی وقتی که در اثر حرارت ساختارهای دوم و سوم پروتئین باز می‌شوند، گروه‌های آب‌گریز واکنش داده و پیوندیابی با آب کاهش می‌یابد. کاهش تجزیه پذیری پروتئین‌خام در نتیجه حرارت‌دهی، به‌علت وقوع پیوند عرضی بین زنجیره‌های پلی‌پپتیدی، واسرشتی و به‌هم چسبیدگی پروتئین می‌باشد. زمانی‌که در اثر حرارت دهی ساختمان‌های دوم و سوم پروتئین‌ها باز می‌شوند، آن‌ها ممکن است که در اثر ایجاد پیوندهای عرضی، فعل و انفعالات الکترواستاتیک و تشکیل پیوندهای دی‌سولفیدی، تبدیل به توده‌هایی متراکم با وزن مولکولی بالا بشوند (۱۰).

بر خلاف نتایج پژوهش حاضر، در مطالعه تقی نژاد رود بنه و ابراهیمی (۲۰۱۰)، حرارت دادن پنبه‌دانه با دمای ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه تاثیری بر تجزیه پذیری و ماده خشک پنبه‌دانه نداشت (۳۸). این محققین بیان کردند که احتمالاً دما یا مدت زمان اعمال شده فرایند حرارتی برای نفوذ به مغز پنبه‌دانه واثر بر پروتئین‌های ذخیره‌ای و کاهشت جزیه پذیری پروتئین موثر نبوده است.

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) حاکی از عدم تاثر عمل‌آوری حرارتی بر قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، pH محیط کشت، عامل تفکیک و توده میکروبی تولید شده و بازده آن بود (P>۰/۰۵). مقدار گاز تولید شده پس از ۲٤ ساعت انکوباسیون در اثر عمل‌آوری با حرارت ۱۲۵ درجه سانتیگراد نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد (٤۰/۷٦ میلی‌لیتر در برابر ٤۷/۰۲ میلی‌لیتر، P< ۰/۰۵). اما درجه حرارت ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد تاثیر بر آن نداشت (P>۰/۰۵). عمل‌آوری حرارتی باعث کاهش بخش سریع‌تجزیه خوراک شده و به‌دنبال آن نیتروژن آمونیاکی کمتری تولید می‌شود. بدین ترتیب تجزیه پروتئین کاهش و تولید محصولات تخمیری از جمله گازها و اسیدهای چرب فرار کاهش می‌یابد (۱۱). در مطالعه سیف دواتی و تقی نژاد (۲۰۱۲) کاهش حجم تولید گاز در اثر عمل‌آوری حرارتی دانه برخی حبوبات مشاهده شد (۳۳).

در پژوهش حاضر عامل تفکیک در محدوده ۱٦/۸۵–۱۵/۹۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر قرار داشت. بلومل و همکاران (۱۹۹۷) مقدار عامل تفکیک را در خوراک‌های متعارف بین ۲/۷٤ تا ٤/٦۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش کردند (٤). بالا بودن عامل تفکیک در پژوهش حاضر می‌تواند به‌دلیل حضور عامل ضد تغذیه‌ای گوسیپول در پنبه‌دانه باشد. عامل تفکیک بالاتر از ۹/۳۹ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در برخی گیاهان حاوی عناصر ضد تغذیه‌ای گزارش شده است. این عوامل از آن جهت باعث بالا رفتن عامل تفکیک می‌شوند که ممکن است در جریان تخمیر و هضم، از نمونه خوراکی شسته شده و در ناپدید شدن ماده خشک سهیم شوند. بدون آنکه در فرایند تخمیر (تولید گاز) مشارکتی داشته باشند، یا اینکه این عوامل ضد تغذیه‌ای سبب جلوگیری از محلولیت سایر ترکیبات به‌خصوص پروتئین‌ها شده باشند. این در واقع باعث رقیق شدگی مواد مغذی شده و در ازای قابلیت هضم به‌دست آمده، تولید گاز و تولید پروتئین میکروبی صورت نگرفته است (۲۳).

جدول ۵: اثرات عمل‌آوری حرارتی بر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی، pH محیط کشت و فراسنجه‌های تخمیری پنبه‌دانه

Table 5. Effects of heat processing on dry matter and organic matter digestibility, pH and fermentation parameters of cottonseed

تیمارها Treatments	قابلیت هضم ماده خشک (درصد) DMD (%)	قابلیت هضم ماده آلی (درصد) OMD (%)	اسیدیته pH	عامل تفکیک (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) Partitioning factor (mg/ml)	بازده تولید گاز (میلی‌لیتر) Gas Yield (ml)	توده میکروبی تولید شده (میلی‌گرم به‌ازای هر گرم ماده خشک) Microbial biomass (mg/gDM)	بازده توده میکروبی تولید شده Efficiency of microbial biomass
شاهد Control	0.66	0.82	6.81	16.85	47.02[a]	342.90	0.87
۱۱۵ درجه سانتی‌گراد 115 °C	0.69	0.77	6.76	16.48	45.31[a]	320.16	0.86
۱۲۵ درجه سانتی‌گراد 125 °C	0.67	0.68	6.81	15.99	40.76[b]	281.06	0.86
اشتباه معیار میانگین SEM	0.03	0.07	0.03	1.73	1.30	35.02	0.01
سطح معنی‌داری P-value	0.75	0.41	0.54	0.94	0.02	0.48	0.92

در هر ستون اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P <۰/۰۵).

Means in a column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

مقایسه میانگین‌ها (جدول ٦) نشان داد فرایند حرارتی پنبه‌دانه تاثیری بر صفات عملکردی دام‌ها نداشت (P> ۰/۰۵). هر چند که افزایش وزن روزانه در گوسفندان تغذیه شده با پنبه‌دانه عمل‌آوری شده با درجه حرارت‌های ۱۱۵ و ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌طور قابل توجهی بالاتر از گروه شاهد بود (به‌ترتیب ۲۰۹/۳ و ۲۱۸/۳ گرم در برابر ۱۹۸/٤ گرم). محققین اثرات معنی‌دار محافظت پروتئین از تجزیه شکمبه‌ای را بر بهبود عملکرد رشد دام گزارش کرده‌اند. بیان شده‌است که با عبوری شدن پروتئین از شکمبه، اتلاف نیتروژن و انرژی از طریق سنتز اوره و آمونیاک کاهش یافته و اسید آمینه قابل دسترس بیشتری به روده می‌رسد (۷). اما در پژوهش حاضر علیرغم کاهش تجزیه شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین‌خام پنبه‌دانه در اثر حرارت‌دهی، عملکرد گوسفندان تحت تاثیر قرار نگرفت. همسو با این پژوهش، قنبری (۲۰۱۲) مشاهده کرد که عمل‌آوری کنجاله پنبه‌دانه با حرارت (۱۲۵ درجه سانتی‌گراد) تاثیری بر عملکرد پرواری بره‌های شال نداشت (۱۲). مابجیش و همکاران (۱۹۹۹) مشاهده کردند که عمل‌آوری حرارتی پنبه‌دانه تاثیری بر مصرف ماده خشک، ماده آلی و پروتئین‌خام گاوها نداشت (۲۱). حتی در بعضی مطالعات مصرف خوراک توسط فرایند حرارتی پنبه‌دانه کاهش پیدا کرده است (۱۲). برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پنبه‌دانه، اعمال درجه حرارت مناسب و زمان حرارت دهی بسیار مهم است. درجه حرارت بیش از حد باعث آسیب به مواد مغذی خوراک می‌شود. عدم تاثیر عمل‌آوری حرارتی بر صفات عملکردی گوسفندان می‌تواند به‌دلیل کاهش بازده تولید پروتئین میکروبی، و یا پایین بودن قابلیت هضم پس‌شکمبه‌ای پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه و کافی نبودن الگوی اسید آمینه‌ای پروتئین عبوری برای تامین نیازهای دام باشد (٤٥). اثر تیمار حرارتی بر قابلیت هضم پنبه‌دانه در پژوهش‌های مختلف متفاوت بوده است. در مطالعه پنا و همکاران (۱۹۸٦) حرارت تاثیری بر قابلیت هضم ماده آلی پنبه‌دانه نداشت (۳۱). در برخی پژوهش‌ها در اثر این فرایند قابلیت هضم کاهش یافته است. کاهش محلولیت و تجزیه‌پذیری

پنبه‌دانه حرارت داده شده (برشته شده) ممکن است باعث تسریع عبور الیاف با منشاء پنبه‌دانه به روده و کاهش قابلیت هضم گردد. حرارت‌دهی کنجاله‌پنبه‌دانه فراتر از آن مقداری که برای پیوند یافتن گوسیپول به گروه آمینوی لیزین لازم است، باعث اثر نامطلوب در استفاده از پروتئین شده است. بخشی از این کاهش در کیفیت پروتئین به‌علت کاهش قابلیت هضم آن و بخشی به خاطر کاهش فرآهمی لایزین می‌باشد (٤٧). رایت (۱۹۹۵) کاهش در قابلیت هضم ظاهری پروتئین‌خام و متعاقب آن افزایش نیتروژن خروجی از طریق مدفوع در اثر فرآیند حرارت‌دهی کنجاله کانولا را در گاوهای شیری مشاهد کرد که این‌ها را موید تشکیل فرآورده‌های غیر قابل هضم مایلارد در اثر این فرآیند دانست (٤٤). حرارت‌دهی گسترده دانه‌های روغنی در طی عمل‌آوری می‌تواند منجر به کاهش قابلیت هضم اسیدهای آمینه آن شود (۱۵). حرارت زیادی باعث کاهش زیست فرآهمی اسیدهای آمینه به‌ویژه اسید آمینه لیزین می‌شود (۸).

جدول ٦ : تاثیر عمل‌آوری حرارتی پنبه‌دانه بر صفات عملکردی بره‌های دالاق

Table 6. Effect of heat processing of cotton seed on performance traits of Dalagh lambs

صفت Trait	تیمارها Treatments			اشتباه معیار میانگین SEM	سطح معنی‌داری P-value
	شاهد Control	۱۱۵ درجه سانتی‌گراد 115 °C	۱۲۵ درجه سانتی‌گراد 125 °C		
وزن اولیه (کیلوگرم) Initial weight (kg)	37.67	36.46	36.33	2.76	0.93
وزن نهایی (کیلوگرم) Final weight (kg)	46.00	45.25	45.50	2.89	0.98
افزایش وزن روزانه (گرم) Daily weight gain (g)	198.4	209.3	218.3	12.06	0.52
ماده خشک مصرفی روزانه (کیلوگرم) Dry matter intake (kg)	1.262	1.258	1.261	0.06	0.44
ضریب تبدیل خوراک	6.31	5.99	5.73	0.85	0.73

در هر ستون اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P <۰/۰۵).

Means in a column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۷) نشان داد که تغذیه پنبه‌دانه عمل‌آوری شده با حرارت تاثیری بر شکنندگی گلبول‌های قرمز، تعداد گلبول‌های قرمز و شاخص‌های مربوط به آن، تعداد نوتروفیل‌ها و تعداد لنفوسیت‌ها و آنزیم‌های کبدی در گوسفندان نداشت (P > ۰/۰۵).

بر خلاف پژوهش حاضر، افزایش شکنندگی گلبول‌های قرمز خون در اثر تغذیه پنبه‌دانه در برخی پژوهش‌ها گزارش شده است (۳٦؛۲۵). دلیل افزایش شکنندگی گلبول‌های قرمز، وجود گوسیپول در پنبه‌دانه بیان شده است. گوسیپول از طریق واکنش با غشای دولایه‌ای فسفولیپیدی گلبول‌های قرمز باعث افزایش نفوذپذیری آن‌ها می‌شود. مطالعات برون‌تنی نشان داده‌اند که این ماده ضدتغذیه‌ای باعث توقف انتقال آنیون‌های غیر آلی از جمله سولفات، فسفات و کلراید شده و باعث تغییر در ساختار پروتئین‌های غشا و افزایش شکنندگی گلبول‌های قرمز می‌شوند (۱۳).. پژوهش‌گران در مطالعات خود کاهش محتوی گوسیپول کل و آزاد پنبه‌دانه و فرآورده‌های آن را در اثر فرآیند حرارتی گزارش کرده‌اند. حرارت دادن می

تواند گوسیپول آزاد پنبه‌دانه را به شکل متصل (پیوند یافته) تبدیل کرده و مسمومیت آن را کاهش دهد. حرارت بالا برای تشکیل پیوند ماندگار بین گوسیپول و سایر مولکول‌ها مناسب است (۳۸). همسو با پژوهش حاضر، براگا و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده کردند که استفاده از کنجاله پنبه‌دانه حرارت داده شده با فرایند اکستروژن تاثیری بر تعداد گلبول‌های قرمز و فراسنجه‌های مربوط به آن از جمله غلظت هموگلوبین، حجم فشرده سلولی، حجم متوسط گلبولی و غلظت متوسط هموگلوبین در گلبول‌های قرمز نداشت (۵).

جدول ۷ : تاثیر عمل‌آوری حرارتی بر فراسنجه‌های خونی و آنزیم‌های کبدی بره‌های دالاق

Table 7. Effect of heat processing on blood parameters and hepatic enzymes of Dalagh lambs

سطح معنی داری P-value	اشتباه معیار میانگین SEM	تیمارها Treatment			فراسنجه Parameter
		۱۲۵ درجه سانتی‌گراد 125 °C	۱۱۵ درجه سانتی‌گراد 115 °C	شاهد Control	
0.687	0.16	6.57	6.58	6.40	شکنندگی گلبول قرمز (گرم در لیتر) Osmotic fragility (g/l)
0.755	0.30	7.59	7.73	7.92	شمار گلبول قرمز ($\times۱۰^{۶}$/µl) RBC ($\times10^{6}$/µl)
0.417	0.23	8.70	9.02	8.60	غلظت هموگلوبین (گرم بر دسی‌لیتر) Hb (g/dl)
0.462	1.10	29.68	31.65	30.87	حجم فشرده سلولی (درصد) PCV (%)
0.898	2.78	39.00	39.17	40.67	نوتروفیل (درصد) Neu (%)
0.962	2.97	59.17	59.67	58.50	لنفوسیت (درصد) Lym (%)
0.259	1.03	39.21	41.26	38.69	حجم متوسط گلبولی (فمتولیتر) MCV (fl)
0.394	0.69	29.35	28.56	27.99	غلظت متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز (درصد) MCHC (%)
0.350	0.04	1.15	1.18	1.09	غلظت متوسط هموگلوبین در گلبول قرمز (پیکوگرم) MCH (pg)
0.695	12.49	106.30	121.10	110.40	آسپارتات آمینوترانسفراز (واحد بر لیتر) AST (u/l)
0.808	2.08	22.77	23.70	21.77	آلانین آمینوترانسفراز (واحد بر لیتر) ALT (u/l)
0.867	0.32	7.13	6.97	7.20	پروتئین کل (گرم بر دسی‌لیتر) Total protein (g/dl)
0.109	1.59	22.99	25.86	20.72	نیتروژن اوره‌ای خون (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Blood urea nitrogen (mg/dl)

در هر ستون اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P <۰/۰۵).

Means in a column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

در مطالعه حاضر غلظت نوتروفیل و لنفوسیت در پنبه‌دانه عمل‌اوری نشده به‌ترتیب۴۰/۶۷ و ۵۸/۵۰ درصد به‌دست آمد که مشابه با مقادیر به‌دست آمده در مطالعه انصح و همکاران (۲۰۱۱) بود (۲). فرایند حرارتی تاثیری بر درصد این سلول‌های خونی نداشت (به‌ترتیب ۳۹/۱۷ و ۵۹/۶۷ برای نمونه حرارت داده شده با دمای ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد و ۳۹/۰۰ و ۵۹/۱۷ درصد برای نمونه حرارت داده شده با دمای ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد). اما در پژوهش براگا و همکاران (۲۰۱۲) استفاده از پنبه‌دانه اکسترود شده باعث کاهش تعداد لنفوسیت‌ها و نوتروفیل‌ها در گوسفند شد (۵). بیان شده است که گوسیپول موجود در کنجاله پنبه‌دانه اثرات سمی بر لنفوسیت‌های خون داشته و آن‌ها را ازبین می‌برد. این اثر باعث کاهش پاسخ‌های ایمنی در حیوان می‌شود. در این پژوهش غلظت آسپارتات آمینو ترانسفرار و آلانین آمینو ترانسفراز در نمونه‌های عمل-آوری نشده و حرارت داده شده تفاوتی با یکدیگر نداشتند. آسپارتات آمینوترانسفراز از آنزیم‌های حساس است که در درجه اول منعکس کننده نکروز سلول‌های کبدی و توقف جریان صفرا است و در تشخیص بیماری‌های خطرناک کبدی مانند تورم کبد مفید است (۱٤). افزایش سطح آسپارتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز سرم ممکن است در اثر افزایش نفوذپذیری سلول‌های کبدی به‌دنبال صدمه به غشا آن و ترشح آنزیم‌ها به خارج باشد. در یک پژوهش در بره‌های تغذیه شده با پنبه-دانه غطلت آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز افزایش یافت. در مقابل سطح آلبومین و پروتئین کل سرم کاهش پیدا کرد (۲۸). عمده اثرات پنبه‌دانه بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون به‌علت اختلال فعالیت کبدی عنوان شده است. اما مطابق با پژوهش حاضر، براگا و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده کردند که تغذیه پنبه‌دانه عمل‌آوری شده با حرارت تاثیری بر غلظت آنزیم‌های کبدی مورد اشاره نداشت (۵). احتمالاً در پژوهش حاضر غلظت گوسیپول موجود در پنبه‌دانه (عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده) به اندازه‌ای نبوده که بر باعث تغییر در متابولیت‌های خونی، غلظت سلوهای خونی و فراسنجه‌های مربوطه و آنزیم‌های کبدی شود.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، عمل‌آوری با درجه حرارت‌های ۱۱۵ و ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ دقیقه، علیرغم اینکه باعث کاهش تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک و پروتئین‌خام پنبه‌دانه در شکمبه شد، اما تاثیری بر فراسنجه‌های خونی و عملکرد بره‌ها نداشت. پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های بیشتری برای تعیین میزان بهینه درجه حرارت و مدت زمان اعمال آن برای بهبود ارزش تغذیه‌ای پنبه‌دانه انجام پذیرد.

References

1.Alobeid, H., Dragomir, C., Stoica, I. and Smaranda, P. 2008. Effect of heat treatment duration on ruminal degradation and digestibility of whole nonlinted cottonseeds. Archiva Zootechnica. 11: 41-48.

2.Ansah, T., Teye, G.A. and Addah, W. 2011. Effect of whole- cottonseed supplementation on growth performance and hematological properties of Djallonke sheep in the dry season. Journal of Animal and Feed Research. 5: 155-159.

3.AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.

4. Blummel, M., Makkar, P.S. and Becker, K. 1997. *In vitro* gas production: a technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 77: 24-34.

5.Braga, A.P., Maciel, M.W., Guerra, D.G.F., Maia, I.S.A.S., Oloris, S.C.S. and Soto-Blanco, B. 2012. Extruded-expelled cottonseed meal decreases lymphocyte counts in male sheep. Revue de Medecine Veterinaire. 3: 147-152.

6.Demir, H. and Can. A. 2019. Effect of various levels of dietary whole cottonseed on blood parameters and performance of Awassi lambs under heat stress. South African Journal of Animal Science. 49: 50-55.

7.El-Ayek, El-Moghazy, M.M. and Areda, H. A. 2019. Effect of feeding different levels from heat protected soybean meal protein in diets of growing Rahmani lambs on digestibility coefficients, feeding. Journal of Animal and Poultry Production. 10: 127-132.

8.Fathi Nasri, M.H., 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.

9.Forooghi, A.R., Valizadeh, R., Naserian, A.A and Danesh-Mesgaran, M. 2004. Effect of grinding and heating of cottonseed on milk production and composition of Holstein dairy cows. Journal of Agricultural Sciences and Technology. 2: 181-195. (In Persian).

10.Garrison, W.M. 1987. Reaction mechanism in the radiolysis of peptides, polypeptides, and proteins. Chemical Reviews. 87: 381-398.

11.Getachew, G., Robinson, P.H., De Peters, E.J. and Taylor, S.J. 2004. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminants feed. Journal of Animal Feed Science and Technology. 111: 57-71.

12.Ghanbari, F. 2012. Effects of oilseeds meal processing with ionizing radiations of gamma ray and electron beam on runem degradation kinetics and performance indices of fattening sheep. Degree Dissertation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

13.Ghanbari, F., Ahangari, Y.J., Ghoorchi, T. and Hasani, S. 2006. An investigation on the effects of cottonseed meal gossypol on some hematological parameters in Atabay rams. Journal of Agricultural Sciences. 3: 623- 633. (In Persian).

14.Ghandehari, M., Khodaei- Motlagh, M. and Kezemi-Bonchenari, M. 2018. Effect of supplementation of chromium, Monensin and their combination on some blood metabolites, liver enzymes and insulin on close-up Holstein dairy cows. Research on Animal Production. 20: 5360. (In Persian).

15.Gharaghani, H., Zaghari, M., shahhoseini, G. and Moravej, H. 2008. Effect of gamma irradiation on antinutritional factors and nutritional value of canola meal for broiler chickens. Asian–Australian Journal of Animal Science. 21: 1479-1485.

16.Gholamian, S. 2013. Effect of different levels of cottonseed on fattening performance and blood parameters of male Dalagh lambs. MSc Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian).

17.Gurbuz, Y., Demir, O.L., Yigit, M.F. and Karats, E. 2017. Fffect of heat processing on nutritional value of whole cottonseed. XVI International Symposium. Journal of Animal Feed Science and Technology.

18.Haddad, S.G., Mahmoud, K.Z., Talfaha, H.A., 2005. Effect of varying levels of dietary undegradable protein on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs fed on high wheat straw diets. Small Ruminant Research. 58: 231-236.

19.Hahm, S.W., Son, H., Seong-Gwang, B., Kwon, H., Kim, W., Oh, Y.K. and Son, Y. S. 2013. A nutritional evaluation of whole cottonseed removed germination ability by heat treatment. Journal of Korean Society of Grasslan and Forage Science.

20.Khajehpour, M.R. 2008. Principles and foundations of agriculture. Jahade Daneshgahi, Isfahan University. 398 Pp. (In Persian).

21.Mabjeesh, S.J., Galindez, J., Kroll, O. and Arieli, A. 2000. The effect of roasting nonlinted whole cottonseed on milk

production by dairy cows. Journal of Dairy Science. 10: 2557-2563.

22Makkar H.P.S. 2010. "*In vitro* screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis" in "*In vitro* screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies". Springer, Dordrecht, 107-144.

23.Makkar, H.P.S., Blummel, M. and Becker, K. 1995. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glysols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. British Journal of Nutrition. 73: 897-913.

24.Mehrez, A. and orskov, E.R. 1977. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. Journal of Agricultural Scicence. 88: 645-650.

25.Mena, H., Santos, J.E.P., Huber, J.T., Tarazon, M. and Calhoun, M.C. 2008. The effects of varying gossypol intake from whole cottonseed and cottonseed meal on lactation and blood parameters in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. 87: 2506-2518.

26.Menke, K.H., Raab, L., Solewski, A., Steingass, H., Fritz, D. and Schneider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. Journal of Agriculture Science. 93: 217-222.

27.Moshtaghi Nia, S.A. and Ingalls, J.R. 1995. Influence of moist heat treatment on ruminal and intestinal disappearance of amino acid from canola meal. Journal of Dairy Science. 78: 1552-1560.

28.Nagalakshmi, D., Sastry, V.R.B., Agrawal, D.K. and Katiyar, R.C. 2001. Haematological and immunological response in lambs fed on raw and variously processed cottonseed meal. Asian-Australian Journal of Animal Science. 14: 21-29.

29.NRC, 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminant; sheep, goat; cervids and New World Camelids. National Academy Press.

30.Orskov, E.R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rumenrate of passage. Journal of Agricultural Science. Cambridge. 92: 499-503.

31.Pena, F., Tagari, H. and Satter, L.D. 1986. The effect of heat treatment of whole cottonseed on site and extent of protein digestion in dairy cow. Journal of Animal Science. 62: 1423-1433.

32.SAS.2003. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Institute, Cary, NC, USA.

33.Seifdavati, J. and Taghizadeh, A. 2012. Effect of moist heat on *in vitro* gas production parameters of some of legume seeds. Journal of Petroleum and Gas Exploration Research. 2: 61-68.

34. Shawrang, P. 2006. An Investigation on the Effects of Gamma Irradiation on Ruminal and Postruminal Disappearance of Feedstuffs Using Nylon Bag and SDS-PAGE Techniques. Degree Dissertation, University of Tehran. Iran. (In Persian)

35.Singh, A., Sidhu, S. and Singh, P. 2019. Bypass protein technology: A review. Journal of Pharma Innovation. 8: 150-153.

36.Solaiman, S.G., Gurng, N.K., McCrary, Q., Goyal, H. and McElhenny, W.H. 2009. Feeding performance and blood parameters of male goats kids fed EasiFlo cottonseed. Small Ruminant Research. 81: 137145.

37.Taghinejad- Roudbaneh, M. 2008. Study of the effects of physical processing (Gamma irradiation, microwaving and roasting) on protein degradability of soybean and cottonseed. Degree Dissertation, Islamic Azad University, Tehran. Iran. (In Persian)

38.Taghinejad- Roudbaneh, M. and Ebrahimi, S.R. 2010. Effects of roasting cotton seed on its gossypol content, ruminal degradability and *in vitro* protein digestibility. Journal of Agricultural Sciences. 13: 95- 106.

39. Taha, F.S. and Mohamed, S.S. 2004. Effect of different denaturating methods on lipid-protein complex formation. Lebensm-Wiss. Technology. 37: 99-104.

40.Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. and France,

J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Journal of Animal Feed Science and Technology. 48: 185-97.

41. Tiwari, M.R., Jha, P.K., Pant, S.R., Acharrya, M.P. and Shrestha,B.K. 2018. Effect of bypass protein supplement on milk production in Jersey cows. Bangladesh Journal of Animal Science. 47: 98-104.

42.Tuncer, S.D. and Sacakli, P. 2003. Rumen degradability characteristics of xylose treated canola and soybean meals. Journal of Animal Feed Science and Technology. 107: 211-218.

43.Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583-3597.

44.Wright, C.F. 1995. The evaluation of heat and lignosulfonate treated canola meal and sources of rumen undegradable protein for lactating cows. B. Sc. Thesis. University of British Columbia. 103 Pp.

45.Wright, C.F., Von Keyserlingk, M.A.G., Swift, M.L. and Fisher, L.J. 2005. Heat and lignosulfonate-treated canola meal as a source of ruminal undegradable protein for lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. 88: 238-243.

46.Yoruk, M.A., Aksu, T., Gul, M. and Bolat, D. 2006. The effect of soybean meal treated with formaldehyde on amount of protein in the rumen and absorption of amino acid from small intestines. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science. 30: 457-463.

47.Yu, F., McNabb, W.C., Barry, T.N. and Moughan, P.J. 1996. Effect of heat treatment upon the reactivity of cottonseed condensed tannins. Journal of Agricultural Science. 72: 263-272.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Ruminant Research, Vol. 8(2), 2020
http://ejrr.gau.ac.ir

Determination of chemical composition and ruminal degradability parameters of heat treated cottonseed and its effect on blood parameters and growth performance of Dalagh lambs

***F. Ghanbari[1], A. Karim Koshte[2], Y. Mostafaloo[1] and A.M. Gharehbash[1]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Animal Science, Agriculture and Natural Resources Faculty, Gonbad Kavous University, [2]M.Sc. Graduated, Dept. of Animal Science, Agriculture and Natural Resources Faculty, Gonbad Kavous University
Received: 04/15/2020; Accepted: 06/24/2020

Abstract

Background and objectives: High producing ruminants require a significant amount of rumen escape protein. Researches have reported a correlation between increased yield and decreased ruminal degradation of crude protein (CP). Cottonseed is a common feedstuff for ruminants due to its high fiber, energy and protein. But the CP degradability of this ingredient is relatively high in the rumen. Several feed processing methods have been developed to decrease ruminal CP degradation such as heat treatment. The aim of this study was to investigate the effect of heat treatment on chemical composition and rumen degradation kinetics of dry matter (DM) and CP of cottonseed and its effect on Dalagh lambs growth performance.

Materials and methods: The cottonseed used in this study was processed for 15 minutes at temperatures of 115 and 125 °C. After processing, dry matter (DM), ash and organic matter (OM), ether extract (EE), crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF) were determined according to standard procedures. Degradability trial of DM and CP was done by nylon bag technique using three rumen fistulated male Dalagh sheep. *In vitro* digestibility and fermentation parameters were determined with batch culture method. Performance trial was performed for 56 days using 18 six- month old Dalagh sheep with a mean weight of 34.75 ± 22.69 kg. The lambs were divided into three equal groups and each group received one of the diets contained unprocessed cottonseed and heat processed cottonseed at temperatures of 115 and 125 °C. The diets were isocaloric and isonitrogenous. Performance traits including weight gain, feed intake and feed conversion ratio were measured. At the end of experiment, blood samples were taken from sheep to determine the osmotic fragility of red blood cells, blood parameters and hepatic enzymes. Statistical analysis of data of this experiment was performed using SAS (9.1) software and GLM procedure.

Results: Processing had no effect on chemical composition of cottonseed ($P < 0.05$). Washout fraction, degradation rate of b fraction and effective degradability of DM and CP decreased by heat processing ($P < 0.05$). The effect of 125 °C on reducing degradability was greater than that of 115 °C. So that effective degradability of CP at rumen out flow rates of 2, 5 and 8 percent/h reduced from 84.88, 79.26 and 75.15 percent in control to 83.26, 75.79 and 70.81 percent and 82.32, 73.34 and 67.63 percent in samples processed with 115 and 125 °C, respectively. Heat treatment had no effect on *in vitro* digestibility of dry matter and organic matter, partitioning factor, microbial mass production and its efficiency ($P > 0.05$). But gas yield was decreased ($P < 0.05$) by 125 °C heat treatment (40.76 ml) compared to control (47.02). Heat processing had no effect on performance traits of animals ($P > 0.05$). However, the daily weight gain in sheep fed heat treated cottonseed was significantly higher than control. Heat treated cottonseed

*Corrresponding author; farzadghanbari@yahoo.com

nutrition had no effect on osmotic fragility of red blood cells, blood metabolites and hepatic enzymes.

Conclusion: The results of this study showed that although processing with temperatures of 115 and 125 °C for 15 minutes reduced the effective degradability of cottonseed in the rumen, but had no effect on blood parameters and performance of lambs. Further research is needed to determine the optimum temperature and duration of application to improve the nutritional value of cotton seed.

***Keywords*:** Cottonseed, Dalagh lambs, Heat processing, Performance, Ruminal degradation kinetics