مقاله علمی پژوهشی/نشریه پژوهش‌های علوم دامی/ جلد ۳۳ شماره ۲/ سال۱۴۰۲/ صفحات ۹۳ تا ۱۰۵
DOI: 10.22034/AS.2022.41844.1583

تعیین فراسنجه‌های تخمیر و گوارش‌پذیری تفاله گوجه‌فرنگی در مقایسه با سبوس‌گندم در شرایط برون‌تنی

زهرا امینی‌فرد[1*] و علی کیانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۵

[1] دانشجوی دکتری تغذیه دام گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان
[2] دانشیار تغذیه دام گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان
*مسئول مکاتبه: Email: ZAminifard5@gmail.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: ارزش غذایی تفاله گوجه‌فرنگی به عنوان یک فراورده فرعی کشاورزی جهت استفاده در تغذیه دام ارزیابی شد. **هدف**: این تحقیق به منظور تعیین فراسنجه‌های تولید گاز و گوارش‌پذیری تفاله گوجه‌فرنگی در مقایسه با سبوس‌گندم در شرایط برون‌تنی انجام شد. **روش کار**: ابتدا ترکیبات شیمیایی و فراسنجه‌های تولید گاز تفاله گوجه‌فرنگی و سبوس گندم تعیین شدند. سپس تفاله گوجه‌فرنگی با سطوح صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد (بر اساس ماده‌خشک) جایگزین سبوس گندم در جیره بره‌های پرواری شد و اثر این جایگزینی بر گوارش‌پذیری شکمبه‌ای ماده‌آلی، انرژی قابل‌متابولیسم و فراسنجه‌های تخمیر شامل pH، نیتروژن آمونیاکی، تولید پروتئین‌میکروبی و اسیدهای‌چرب فرار کوتاه‌زنجیر مورد بررسی قرار گرفت. **نتایج**: مقادیر ماده‌آلی، خاکستر، پروتئین‌خام، عصاره‌اتری، الیاف‌نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی تفاله گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۹۴/۱، ۵/۹، ۱۷/۲، ۱۲/۱، ۶۳ و ۴۲ درصد ماده‌خشک بود. در آزمایش حاضر تفاله گوجه‌فرنگی در مقایسه با سبوس گندم دارای مقادیر بیش‌تر پروتئین‌خام، عصاره اتری، الیاف‌نامحلول در شوینده خنثی و الیاف‌نامحلول در شوینده اسیدی نسبت به سبوس گندم بود. تفاله گوجه‌فرنگی در مقایسه با سبوس گندم پتانسیل تولید گاز، نرخ تولید گاز، گوارش‌پذیری ماده‌خشک و ماده‌آلی کم‌تری داشت ($P<0/05$) ولی ضریب تفکیک و تولید پروتئین‌میکروبی تفاله گوجه‌فرنگی بیش‌تر از سبوس گندم بود. با این‌حال pH و نیتروژن آمونیاکی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P>0/05$). افزایش سطح تفاله گوجه‌فرنگی در جیره باعث افزایش تولید پروتئین‌میکروبی شد ($P<0/05$) ولی روی تولید گاز، انرژی قابل‌متابولیسم و فراسنجه‌های تخمیری تاثیر معنی‌داری نداشت ($P<0/05$). **نتیجه‌گیری نهایی**: به‌طور کلی استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی تا ۱۰ درصد ماده‌خشک در جیره بره پرواری به صورت جایگزین با سبوس گندم تاثیر منفی بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای نداشت. بنابراین با توجه به ترکیبات شیمیایی و قیمت ارزان‌تر آن نسبت به سبوس گندم، استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی تا ۱۰ درصد ماده‌خشک در جیره بره پرواری به صورت جایگزین با سبوس گندم می‌تواند در کاهش هزینه جیره مفید باشد.

واژگان کلیدی: بره پرواری، پروتئین‌میکروبی، تخمیر، تفاله گوجه‌فرنگی، سبوس‌گندم، ضریب‌تفکیک

مقدمه

استفاده از محصولات فرعی صنایع مواد غذایی در تغذیه دام روش کارآمدی برای ارتقا مواد کم کیفیت به مواد غذایی با کیفیت بالا است (الفرینک و همکاران ۲۰۰۸). استفاده از این مواد در تغذیه حیوانات از یک طرف اثرات منفی زیست محیطی این محصولات فرعی را کاهش داده و باعث حذف برنامه‌های پر هزینه مدیریتی جهت حذف ضایعات می‌شود و از طرف دیگر سودآوری و ارزش‌گذاری محصولات کشاورزی را بهبود می‌دهد. تفاله گوجه‌فرنگی به‌عنوان مهم‌ترین پسماند کارخانه‌های گوجه‌فرنگی شامل پوست، دانه و پالپ گوجه‌فرنگی است (پیریتی و همکاران ۲۰۱۳) و حدود پنج تا ۱۰ درصد وزن میوه را تشکیل می‌دهد (طهماسبی و دیانی ۲۰۱۵). در کشور ایران سالانه حدود ٦/۹ میلیون تن گوجه‌فرنگی تولید می‌شود که ۵۷۵ هزار تن تفاله گوجه‌فرنگی به عنوان پسماند تولید می‌شود (آمارنامه کشاورزی ۲۰۱۹).

ترکیبات شیمیایی تفاله گوجه‌فرنگی تولیدی در نقاط مختلف کشور قبلا توسط سایر محققین با اختلافاتی به‌ویژه در بخش عصاره اتری و الیاف گزارش شده است (بشارتی و همکاران ۲۰۰۸ و آقاجان‌زاده و همکاران ۲۰۱۰). به‌طور کلی در مطالعات مقادیر پروتئین‌خام تفاله گوجه‌فرنگی بین ۱۵ تا ۲۵ درصد، الیاف بین ۲۵ تا ۵۰ درصد، عصاره اتری بین ٥/٤ تا ۲۰/۵ درصد و مواد معدنی آن بین ٤/٤ تا ٦/۸ درصد گزارش شده است (دلوال و همکاران ۲۰۰٦). از دیگر ترکیبات موجود در تفاله گوجه‌فرنگی می‌توان به حضور فلاوانون‌ها (نارینژنین و مشتقات گلیکوزیله شده) و فلاونول‌ها (کوئرستین، روتین و مشتقات گلیکوزیله کامپفرول) اشاره کرد (لیگال و همکاران ۲۰۰۳). همچنین تفاله گوجه‌فرنگی حاوی غلظت‌های بالایی از کاروتنوئیدها (عمدتا لیکوپن)، ویتامین E و C می‌باشد که می‌توانند هنگام استفاده در تغذیه دام (ابوشیتا و همکاران ۲۰۰۰) و یا با افزودن مستقیم به محصولات گوشتی فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی را به‌وجود آورند (کوریا و همکاران ۲۰۱۷).

آزمایش‌های متعددی پتانسیل استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی در تغذیه دام در شرایط درون‌تنی را بررسی کرده‌اند (دنک و کن ۲۰۰٦؛ کوریا و همکاران ۲۰۱۷ و والنتی و همکاران ۲۰۱۸). افزودن تفاله گوجه‌فرنگی تا سطح ۱۵ درصد در جیره گاو شیری، بدون تأثیر منفی بر تولید شیر استفاده شده است (طهماسبی و دیانی ۲۰۱۵). مطالعه صفری و همکاران (۲۰۱۱) نیز سطح ۱۰ درصد استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی در جیره گاوهای پرتولید را گزارش کردند. تفاله گوجه‌فرنگی تا ۳۰ درصد جیره در تغذیه میش‌های آواسی استفاده شده است (عمر ۲۰۱۰). گزارش‌هایی مبنی بر تاثیر مثبت استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی در تغذیه بره‌های پرواری نیز وجود دارد (ضیایی و مولایی ۲۰۱۰ و والنتی و همکاران ۲۰۱۸). در آزمایشی جایگزینی کنجاله سویا با تفاله خشک گوجه‌فرنگی روی مصرف خوراک گاوهای گوشتی تأثیری نداشت، اما شاخص‌های مختلف تخمیر شکمبه تغییر یافت. افزایش مصرف تفاله خشک گوجه‌فرنگی باعث افزایش مقادیر pH شکمبه و غلظت آمونیاک شد، اما غلظت اسیدهای‌چرب فرار و تعداد باکتری‌های شکمبه بدون تغییر باقی ماند. قابلیت هضم ظاهری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی تحت تأثیر افزودن تفاله گوجه‌فرنگی به جیره قرار نگرفت (یوانگ‌کلانگ و همکاران ۲۰۱۰). با این وجود مطالعات روی استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی و جایگزینی آن با سبوس گندم در جیره بره پرواری محدود است. بنابراین در این تحقیق ابتدا ترکیبات شیمیایی تفاله گوجه‌فرنگی تعیین شد و سپس تاثیر جایگزینی تفاله گوجه‌فرنگی با بخش سبوس گندم جیره بر فراسنجه‌های تولید گاز و گوارش‌پذیری مواد مغذی در شرایط برون‌تنی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

تعیین ترکیب شیمیایی تفاله گوجه فرنگی

تفاله گوجه‌فرنگی مورد آزمایش از کارخانه روژین تاک شهر کرمانشاه تهیه شد. پس از خشک شدن نمونه‌های تفاله گوجه‌فرنگی در سایه، نمونه‌ها با آسیاب دارای الک یک میلی‌متری آسیاب شد. میزان ماده‌خشک تفاله در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد (روش ۹۳۴.۰۱؛ انجمن رسمی شیمی‌دانان کشاورزی[1]، ۱۹۹۰) میزان خاکستر در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد (روش ۹۴۲۲.۰۵؛ AOAC ۱۹۹۰) و ماده‌آلی از اختلاف بین وزن ماده‌خشک نمونه اولیه با وزن خاکستر به دست آمد. برای اندازه‌گیری عصاره‌اتری از روش سوکسله استفاده گردید (روش ۹۲۰.۳۹؛ AOAC ۱۹۹۰). میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF_{OM}) بر اساس روش استاندارد (AOAC ۱۹۹۰) تعیین شد و الیاف نامحلول در شوینده خنثی ($aNDF_{OM}$) نیز بر اساس روش (ون‌سوست و همکاران ۱۹۹۱) محاسبه شد. پروتئین‌خام نمونه‌ها با استفاده از دستگاه میکروکلدال پس از سنجش میزان نیتروژن موجود اندازه‌گیری شد (روش ۹۸۸.۰۵؛ AOAC ۱۹۹۰).

آزمایش تولید گاز

ابتدا آزمایش تولید گاز تفاله گوجه‌فرنگی و سبوس گندم (دو تیمار آزمایشی، ۱۰ تکرار در هر تیمار) مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور مایع شکمبه از دو رأس گوسفند فیستولاگذاری شده (با وزن ۰/۲ ± ۴۷ کیلوگرم) تهیه شد. دام‌های مذکور حداقل به مدت دو هفته با جیره غذایی حاوی ۶۰ درصد علوفه و ۴۰ درصد کنسانتره تغذیه شدند. جیره گوسفندان فیستولادار حاوی ۴۰ درصد کاه گندم، ۱۰ درصد سیلاژ ذرت، ۱۰ درصد یونجه خشک، ۲۷ درصد بلغور ذرت، ۱۱ درصد سبوس گندم، ۰/۹ درصد اوره، ۰/۵۵ درصد کربنات‌کلسیم، ۰/۲۵ درصد مواد معدنی و ویتامین و ۰/۲۵ درصد نمک بر حسب ماده‌خشک بود که بر اساس جداول احتیاجات تغذیه‌ای تنظیم شد (کمیته تحقیقات ملی آمریکا[2]، ۲۰۰۷). مایع شکمبه قبل از خوراک‌دهی وعده صبح توسط پمپ خلا جمع‌آوری شد. مایع شکمبه در یک فلاسک عایق که توسط گاز دی‌اکسید کربن بی‌هوازی شده بود با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد (در کمتر از ۳۰ دقیقه) به آزمایشگاه منتقل گردید. قبل از تزریق به داخل ویال‌های آزمایشی، محتویات شکمبه توسط چهار لایه پارچه نخی صاف گردید. آزمایش تولید گاز در سه دوره[3] مجزا انجام شد. ابتدا مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم نمونه کاملاً خشک آسیاب شده با اندازه ذرات یک میلی‌متر به داخل هر ویال ریخته شد. سپس، به هر ویال که از قبل دمای آن با قرار دادن در بن‌ماری به ۳۹ درجه سانتی‌گراد رسیده بود، مقدار پنج میلی‌لیتر مایع شکمبه صاف شده و ۲۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی اضافه شد. جهت اطمینان از ایجاد شرایط بی‌هوازی، گاز دی‌اکسیدکربن به شیرابه شکمبه صاف شده و بزاق مصنوعی قبل و بعد از تزریق به داخل ویال‌ها تزریق شد. در هر دوره تعداد سه ویال نیز به عنوان بلانک (بدون نمونه و فقط حاوی بزاق مصنوعی و مایع شکمبه) در نظر گرفته شد. بعد از پرس کردن درب ویال‌ها با درپوش پلاستیکی و درب فلزی، ویال‌ها در بن‌ماری با دمای حدود ۳۹ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۹۶ ساعت انکوبه شدند. میزان گاز تولیدی ویال‌ها توسط دستگاه فشارسنج دیجیتال در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از شروع انکوباسیون ثبت شد. فراسنجه‌های تولید گاز با استفاده از رابطه $P = b(1 - e^{-ct})$ برآورد شد (ارسکف و مکدونالد ۱۹۷۹). در رابطه مذکور b حجم گاز تولیدی از بخش تخمیرپذیر نمونه (میلی‌لیتر)، c نرخ تولید گاز در ساعت، t مدت زمان انکوباسیون بر حسب

[1] AOAC

[2] NRC

[3] Run

ساعت و P حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر) در زمان مورد نظر است.

به منظور تعیین گوارش‌پذیری شکمبه‌ای ماده‌خشک و ماده‌آلی، انرژی قابل‌متابولیسم نمونه و تعیین فراسنجه‌های تخمیر شامل pH، نیتروژن آمونیاکی، تولید پروتئین‌میکروبی و اسیدهای‌چرب فرار، تعداد پنج ویال در هر تیمار در نظر گرفته شد. درب این ویال‌ها پس از ۲٤ ساعت انکوباسیون (ورکو و همکاران ۲۰۱۰) و پس از ثبت حجم گاز تولیدی باز شد. pH محتویات هر ویال به وسیله دستگاه pH متر (مدل ۷٤٤؛ شرکت متروم سوئیس) اندازه‌گیری شد. محتویات هر ویال با ۲۰۰۰g به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. مایع رویی جدا شد و بقایای هر ویال جمع‌آوری و خشک گردید. میزان گوارش‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک از اختلاف وزن سوبسترای اولیه و وزن بقایا پس از انکوباسیون محاسبه شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی، پنج میلی‌لیتر از نمونه سوپرناتانت با یک میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال مخلوط شد و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. میزان نیتروژن آمونیاکی با استفاده از معرف‌های فنول و هیپوکلریت اندازه‌گیری شد (برودریک و کنگ ۱۹۸۰).

گوارش‌پذیری شکمبه‌ای ماده‌آلی و انرژی قابل‌متابولیسم جیره‌های آزمایشی به ترتیب بر اساس معادلات زیر تخمین زده شد (منک و استینگس ۱۹۸۸). ضریب تفکیک (PF) نیز به صورت نسبت ماده‌آلی ناپدید شده واقعی به میلی‌لیتر گاز تولیدی در طول انکوباسیون محاسبه شد.

IVOMD (%) = 14.88 + 0.889 GAS +0.45 CP + 0.0651 XA

ME (MJ/kg DM) = 2.20 + 0.136 GAS + 0.057 CP + 0.0029 CP^2

در این معادلات IVOMD[1] میزان گوارش‌پذیری ماده‌آلی؛ GAS میزان گاز خالص تولیدی برای ۲۰۰ میلی‌گرم سوبسترا پس از ۲٤ ساعت انکوباسیون؛ CP میزان پروتئین‌خام به صورت گرم در ۱۰۰ گرم ماده‌خشک؛ XA خاکستر به صورت گرم در ۱۰۰ گرم ماده‌خشک می‌باشد.

تولید پروتئین میکروبی (MPS) طبق رابطه زیر تخمین زده شد (بلومل و همکاران ۱۹۹۷).

MPS (mg/g DM) = mg ADS - (ml gas × 2.2 mg/ml)

ADS^2 سوبسترای هضم شده ظاهری و ۲/۲ عامل استوکیومتری بر حسب میلی‌گرم کربن، هیدروژن و اکسیژن مورد نیاز برای سنتز اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر است. غلظت اسیدهای‌چرب کوتاه‌زنجیر بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (گتاچو و همکاران ۲۰۰۲).

SCFA (mmol/g DM) = 0.0222GP - 0.00425

جایگزینی تفاله گوجه‌فرنگی با سبوس گندم در جیره پرواری

در آزمایش دوم تولید گاز، تفاله گوجه‌فرنگی در پنج سطح صفر (شاهد)، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد جایگزین سبوس گندم جیره غذایی بره‌های پرواری شد. اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف تفاله گوجه‌فرنگی در جدول ۱ ارائه شده است. در این مرحله همه فراسنجه‌های آزمایش اول اندازه‌گیری شدند با این تفاوت که به دلیل کنسانتره‌ای بودن جیره‌های غذایی (ورکو و همکاران ۲۰۱۰)، فراسنجه‌های تخمیر در زمان ۱٦ ساعت پس از انکوباسیون تعیین شد.

[1] *In vitro* Organic Matter Disappearance
[2] Apparently digested substrate

Table 1- Feed components and chemical compounds of the experimental diets containing different levels of tomato pomace (TP)

	Level of TP in experimental diets (% of DM)				
	0	2.5	5	7.5	10
Ingredients					
Alfalfa hay	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0
Barley, ground	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
Corn, ground	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8
Soybean meal	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76
Wheat bran (WB)	10.0	7.50	5.00	2.50	0.00
Tomato pomace (TP)	0.00	2.50	5.00	7.50	10.0
$Caco_3$	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
NaCl	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
$NaHCO_3$	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Di calcium phosphate	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
Vitamin-mineral premix[1]	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Chemical composition (% of DM)					
Dry matter	90.6	90.1	89.6	89.2	89
Crude protein	14.5	14.5	14.6	14.6	14.6
Neutral detergent fiber	26.0	26.1	26.2	26.4	26.5
Acid detergent fiber	15.9	16	16.1	16.7	17.4
Metabolisable energy (Mcal/kg DM)	2.68	2.67	2.66	2.66	2.66

[1]Contained (per kg): 99.2 mg Mn, 50 mg Fe, 84.7 mg Zn, 1 mg Cu, 1 mg I, 0.2 mg Se2, 9000 IU vitamin A, 2000 IU vitamin D and 18 IU vitamin E (Roshd-Daneh, Karaj, Iran)

تجزیه آماری

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تولید گاز، تخمیر و گوارش‌پذیری نمونه‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی با استفاده از رویه مختلط و توسط نرم‌افزار آماری SAS (۹/۲) با استفاده از مدل آماری زیر صورت گرفت:

$$Y_{ijk}= \mu + T_i + R_j + e_{ijk}$$

در این مدل Y_{ijk}، μ، T_i، R_j و e_{ijk} به‌ترتیب رکورد مشاهده شده، میانگین کل، اثر تیمار آزمایشی iام، اثر دوره آزمایش jام و اثر خطای آزمایشی بود. مقایسه میانگین داده‌های به دست آمده با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد. از مقایسات اورتوگونال برای تعیین اثرات خطی و غیر خطی جایگزینی تفاله گوجه‌فرنگی استفاده شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی و فراسنجه‌های هضم و تخمیر تفاله گوجه فرنگی

نتایج مربوط به آنالیز شیمیایی تفاله گوجه‌فرنگی در مقایسه با سبوس گندم در جدول ۲ گزارش شده است. مقدار ماده‌آلی و پروتئین‌خام تفاله گوجه‌فرنگی به ترتیب ۹۴/۱ و ۱۷/۲ درصد ماده‌خشک بود. الیاف‌نامحلول در شوینده خنثی، الیاف‌نامحلول در شوینده اسیدی و خاکستر تفاله گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۶۳، ۴۲ و ۵/۹ درصد ماده‌خشک بود. نتایج برخی از آزمایشات روی ترکیبات شیمیایی تفاله گوجه‌فرنگی در جدول ۲ نشان می‌دهد از نظر مقادیر الیاف‌نامحلول در شوینده خنثی، الیاف‌نامحلول در شوینده اسیدی و خاکستر تقریبا مشابه با نتایج جداول NRC (۲۰۰۷) است. در آزمایش حاضر تفاله گوجه‌فرنگی در مقایسه با سبوس گندم دارای مقادیر بیش‌تری پروتئین و عصاره‌اتری بود. در پژوهش‌های قبلی مقدار پروتئین‌خام تفاله گوجه‌فرنگی بین ۱۷ تا ۲۴ درصد گزارش شده است (ابوشیتا و همکاران ۲۰۰۰). طهماسبی و دیانی (۲۰۱۵) نیز بیان کردند پروتئین تفاله گوجه‌فرنگی از لحاظ ترکیب اسیدهای آمینه، جایگزین مطلوبی برای کنجاله تخم پنبه می‌باشد. همچنین این نکته را هم باید مدنظر داشت که تفاله گوجه‌فرنگی علاوه بر دارا بودن الیاف قابل تخمیر و مقدار قابل توجه پروتئین (کیونگ‌لین و همکاران ۲۰۱۴) در مقایسه با سبوس گندم دارای ترکیبات مهمی

از جمله کاروتنوئیدها مانند لیکوپن است که حضور آن‌ها در فراورده‌های دامی می‌تواند برای سلامت مصرف‌کننده مهم باشد.

Table 2- Chemical composition of the tomato pomace (TP) and wheat bran (WB)

	TP					WB	
		NRC(2007)	Besharati et al (2008)	Aghajanzadeh et al (2010)	Mirzaei et al (2011)		NRC(2007)
Dry matter (% of DM)	92	75.3	96.5	92	96.3	88	89.1
Organic matter (% of DM)	94.1	94.5	87.5	93	96.6	93.3	93.7
Crude protein (% of DM)	17.2	19.3	21.6	22.2	26.4	17	17.3
Ether extract (% of DM)	12.1	13.3	6.9	15	15.9	3.9	4.3
Neutral detergent fiber (% of DM)	63	60	67.4	49.2	50.6	47.5	42.6
Acid detergent fiber (% of DM)	42	47.8	57.8	39.6	34.5	14.5	15.5
Ash (% of DM)	5.9	5.5	12.5	7	3.4	6.7	6.3

مقایسه فراسنجه‌های تولید گاز تفاله گوجه‌فرنگی با نتایج سایر محققین روی تفاله گوجه‌فرنگی و با سبوس گندم در جدول ۳ نشان می‌دهد که تفاله گوجه‌فرنگی پتانسیل تولید گاز کم‌تری نسبت به سبوس گندم دارد (۵۳ در مقابل ۵۹ میلی‌لیتر). همچنین نرخ تولید گاز در تفاله گوجه کم‌تر بود (۰/۰۱ در مقابل ۰/۰۱۵ میلی‌لیتر در ساعت). حجم کل گاز تولیدی تفاله گوجه‌فرنگی در زمان‌های مختلف در مقایسه با سبوس گندم کم‌تر بود (P<۰/۰۵). این کاهش تولید گاز تفاله نسبت به سبوس می‌تواند در نتیجه محتوای بالای الیاف‌نامحلول تفاله نسبت به سبوس باشد که زمان بیش‌تری را لازم دارد تا برای تخمیر در اختیار میکروارگانیسم‌ها قرار گیرد (بشارتی و همکاران ۲۰۰۸). از طرف دیگر دیواره سلولی همبستگی منفی با گاز تولیدی در تمام مدت زمان انکوباسیون و فراسنجه‌های تخمینی دارد. کینتیک گاز تولیدی به نسبت بخش محلول و غیر محلول ذرات خوراکی وابسته است. این همبستگی منفی بین حجم گاز تولیدی و دیواره سلولی ممکن است ناشی از کاهش فعالیت‌های میکروبی باشد، که با افزایش زمان انکوباسیون شرایط محیطی که برای آن‌ها زیان‌آور می‌باشد، افزایش پیدا می‌کند و با افزایش نسبت بخش محتوای دیواره سلولی لیگنینی شده، تخمیر کم‌تر شده و منجر به کاهش در تولید گاز می‌شود (نیتیپوت و سومارت ۲۰۰۳). به نظر می‌رسد عامل اثر گذار دیگر بر تولید گاز و سایر فراسنجه‌های تخمینی، چربی موجود تفاله گوجه‌فرنگی باشد زیرا چربی توانایی اثر مهارکنندگی مستقیم روی باکتری‌های تجزیه‌کننده الیاف و پرتوزوآها دارد یا اثر حفاظتی که روی ذرات الیافی به واسطه چسبیدن مستقیم چربی‌ها روی ذرات مواد خوراکی ایجاد شده و در نتیجه کاهش تخمیر توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه را موجب شود (ابوبکر و همکاران ۲۰۱۳).

مقدار گاز تولیدی بر حسب میلی‌لیتر به ازای هر میلی‌گرم ماده‌آلی هضم شده (PF) در تفاله گوجه‌فرنگی ۱/۸۷ و سبوس گندم ۱/٦٦ به دست آمد (جدول ٤). شاخص ضریب تفکیک نسبت ماده‌آلی ناپدید شده واقعی به میلی‌لیتر گاز تولیدی در طول انکوباسیون را نشان می دهد (بلومل و ارسکف ۱۹۹۳). به عبارت دیگر ضریب تفکیک بیانگر این است که چه مقدار ماده‌آلی تجزیه شده به سمت تولید اسیدهای‌چرب فرار یا تولید

پروتئین‌میکروبی رفته است. در واقع ضریب تفکیک بالاتر نشان دهنده این است که تجزیه‌پذیری مواد به جای تولید گاز به سمت تولید پروتئین‌میکروبی و اسیدهای‌چرب فرار هدایت شده است (بلومل و ارسکف ۱۹۹۳) که در این آزمایش ضریب تفکیک منجر به تولید پروتئین میکروبی شده است و مقدار تولید پروتئین‌میکروبی در تفاله گوجه‌فرنگی را نسبت به سبوس گندم افزایش داده است.

در این آزمایش گوارش‌پذیری ماده‌خشک و ماده‌آلی تفاله گوجه‌فرنگی کم‌تر از سبوس بود که علت آن را می‌توان مرتبط با ترکیبات پلی‌فنولیک موجود در تفاله گوجه‌فرنگی دانست (چوی و همکاران ۲۰۱٤)، زیرا ثابت شده است تانن‌ها می‌توانند از یک طرف از طریق کمپلکس با مواد مغذی و از طرف دیگر با تحت تاثیر قرار دادن فعالیت میکروارگانیسم‌ها، از هضم میکروبی جلوگیری نمایند (تیمان و همکاران ۲۰۰۸). در آزمایش حاضر فراسنجه‌های تخمیری pH و نیتروژن آمونیاکی شکمبه تفاله گوجه‌فرنگی و سبوس نیز معنی‌دار نبود (P<۰/۰۵). با این حال در مطالعه حاضر با وجود محتوای پروتئینی بالاتر تفاله گوجه‌فرنگی نسبت به سبوس گندم، نیتروژن آمونیاکی تفاله نسبت به سبوس حدود ۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر کم‌تر از سبوس بود که علت این امر احتمالا وجود مواد ثانویه نظیر ترکیبات پلی‌فنولیک به ویژه تانن‌ها در تفاله گوجه‌فرنگی باشد (کارا ۲۰۱٦) زیرا این مواد توانایی باند شدن با بخشی از پروتئین‌خام خوراک را داشته و منجر به کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای آن‌ها می‌شوند (دوسی و همکاران ۲۰۰۹).

Table 3- *In vitro* gas production parameters of the tomato pomace (TP) and wheat bran (WB)

Parameters	Feed ingredients		SEM	P-value	TP		
	TP	WB			Besharati et al (2008)	Aghajanzadeh et al (2010)	Mirzaei et al (2011)
GP_{24}	32.3[b]	35.5[a]	0.73	0.03	143	48.7	49.2
GP_{48}	41[b]	45.5[a]	0.92	0.02	164	60	60.7
GP_{72}	44.8[b]	51[a]	1.06	0.01	-	-	65.4
TGP	47.9[b]	54.4[a]	0.83	<0.01	-	-	69.5
b	53[b]	59[a]	2.28	0.02	165	62.8	64.8
c	0.01[b]	0.015[a]	0.001	0.02	0.07	0.12	0.10

GP_{24}, gas production after 24 h incubation; GP_{48}, gas production after 48 h incubation; GP_{72}, gas production after 72 h incubation; GP_{96}, gas production after 96 h incubation; TGP, volume of gas production (GP) after 96 h of incubation (ml/250 mg sample); b, GP from the fermentable fraction (ml); c, rate constant of GP (ml/h); SEM, standard error of the mean

Table 4- *In vitro* fermentation and digestibility parameters of the tomato pomace (TP) and wheat bran (WB)

Parameters	Feed ingredients		SEM	P-value	TP		
	TP	WB			Besharati et al (2008)	Aghajanzadeh et al (2010)	Mirzaei et al (2011)
PF	1.87[a]	1.66[b]	0.07	0.04	1.99	-	-
IVDMD	59.3[b]	69[a]	1.15	0.02	-	-	-
IVOMD	59.4[b]	69.3[a]	1.08	0.02	56.1	62.4	62
SCFA	0.53[b]	0.70[a]	0.13	0.03	0.76	0.86	0.86
MP	170	164	1.4	0.08	-	-	-
ME	1.08[b]	1.33[a]	0.32	0.03	2.26	2.81	2.16
pH	6.23	6.34	0.85	0.12	-	-	-
Ammonia-N (mg/dl)	16.1	16.4	0.72	0.1	-	-	-

PF, partitioning factor (mg/ml); IVDMD, *in vitro* dry matter disappearance (%); IVOMD, *in vitro* organic matter disappearance (%); SCFA, short chain fatty acid (mmol/g DM); MP, microbial protein (mg/g DM); ME, estimated metabolisable energy (Mcal/kg DM); SEM, standard error of the mean

آزمایش دوم جایگزینی سطوح مختلف تفاله گوجه‌فرنگی با سبوس گندم در جیره بره‌های پرواری در شرایط برون‌تنی

فراسنجه‌های تولید گاز جیره‌های پرواری حاوی سطوح مختلف تفاله گوجه‌فرنگی جایگزینی با سبوس گندم در جدول ٥ نشان داده شده است. نرخ تولید گاز در جیره‌های حاوی تفاله گوجه‌فرنگی معنی‌دار بود (P<۰/۰٥). پتانسیل تولید گاز تحت تاثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (P>۰/۰٥). همچنین اختلاف معنی‌داری در گاز تولیدی زمان ٢٤، ٤٨ ، ٧٢ و کل گاز تولیدی جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف تفاله گوجه‌فرنگی مشاهده نشد (P>۰/۰٥) با این وجود روند کاهشی در تولید گاز تمام زمان‌های انکوباسیون، پتانسیل تولید گاز و کل گاز تولیدی مشاهده شد.

فراسنجه‌های تخمیری و گوارش‌پذیری جیره‌های حاوی سطوح مختلف تفاله گوجه‌فرنگی در جدول ٦ نشان می‌دهد که با افزایش سطح تفاله گوجه‌فرنگی در جیره بره‌های پرواری مقادیر ضریب تفکیک و تولید پروتئین‌میکروبی به صورت خطی افزایش پیدا کرد اما تولید اسیدهای‌چرب کوتاه‌زنجیر به صورت خطی کاهش یافت. افزایش تولید پروتئین‌میکروبی با انکوباسیون تفاله گوجه‌فرنگی احتمالاً مرتبط با وجود ترکیبات فنولیک تفاله گوجه‌فرنگی می‌باشد. مشخص شده است که در نشخوارکنندگان تانن‌ها در غلظت کم (کم‌تر از ٤ درصد ماده‌خشک جیره) با تعدیل نمودن شرایط تخمیر شکمبه از طریق کند نمودن آزادسازی نیتروژن، ممکن است سبب بهبود تولید پروتئین میکروبی شوند. نتایج آزمایش نشان داد با افزودن تفاله گوجه‌فرنگی گوارش‌پذیری ماده‌خشک و ماده‌آلی کاهش یافت. این کاهش به نظر می‌رسد بیش‌تر مربوط به بخش دیواره سلولی تفاله نسبت به سبوس گندم باشد. زیرا تفاله گوجه‌فرنگی دارای کربوهیدرات‌هایی با هضم کندتری نسبت به سبوس می‌باشد که می‌تواند روی هضم تاثیر بگذارند. احتمالاً یکی دیگر از دلایل کاهش قابلیت هضم در جیره‌های حاوی تفاله گوجه‌فرنگی، محتوای چربی آن باشد. مقدار چربی در تفاله گوجه‌فرنگی در آزمایش حاضر ۱۲/۱ درصد و در سبوس گندم ۳/۹ درصد بود (جدول ۲). مقدار چربی تفاله گوجه‌فرنگی بسته به شیوه فرآوری و نوع واریته، متفاوت گزارش شده است (دلوال و همکاران ۲۰۰٦ و یوانگ‌کلانگ و همکاران ۲۰۱۰). کامرا و همکاران (۲۰۰۱) مقدار اسیدچرب اشباع تفاله گوجه‌فرنگی را حدود ۲۰ درصد و اسیدهای‌چرب غیراشباع آن را ٧٦ درصد گزارش کردند. چربی‌ها می‌توانند توسط چهار مکانیسم اصلی پوشش فیزیکی الیاف توسط چربی‌ها، کمبود کاتیون‌ها با توجه به شکل صابون‌های نامحلول، مهار فعالیت میکروبی شکمبه و تغییر جمعیت میکروبی شکمبه، روی هضم و تخمیر شکمبه‌ای اثر بگذارند (ابوبکر و همکاران ۲۰۱۳). علاوه‌بر این ترکیباتی نظیر تانن (کارا ۲۰۱٦) در تفاله گوجه‌فرنگی می‌تواند قابلیت هضم دیواره سلولی را با باند کردن آنزیم‌های باکتریایی و یا تشکیل کمپلکس‌های غیرقابل هضم با کربوهیدرات‌های دیواره سلولی کاهش دهد (تیمان و همکاران ۲۰۰۸). افزودن تفاله گوجه‌فرنگی به جیره‌های آزمایشی روی pH و نیتروژن آمونیاکی شکمبه اثر معنی‌داری نداشت (P>۰/۰٥). با این حال با افزایش سطوح تفاله در جیره، کاهش عددی در pH مشاهده شد که این کاهش pH می‌تواند به دلیل ماهیت اسیدی تفاله گوجه‌فرنگی باشد (طهماسبی و دیانی ۲۰۱٥؛ برزمینی و همکاران ۲۰۱۷). در آزمایشی صفری و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند تفاله سیلو شده و تفاله خشک گوجه‌فرنگی، pH و نیتروژن آمونیاکی شکمبه را تحت تأثیر قرار نداد، همچنین طهماسبی و دیانی (۲۰۱٥) گزارش کردند که استفاده از سطوح تفاله گوجه فرنگی pH و نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه گاوها تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارند.

Table 5- *In vitro* gas production parameters of the experimental diets containing different levels of tomato pomace (TP)

	Level of TP in the diet (% of DM)						contrast	
	0	2.5	5	7.5	10	SEM	Linear	Quadratic
GP_{16}	47.9[a]	47.4[a]	45.8[ab]	45.6[ab]	44.1[b]	1.74	0.04	0.07
GP_{24}	59.3	59.1	57.9	57.6	57.0	1.83	0.18	0.39
GP_{48}	68.8	68.3	68.2	66.8	66.4	1.7	0.37	0.06
GP_{72}	74.1	73.1	72.7	72.0	71.6	1.68	0.33	0.04
TGP	76.3	75.6	75.4	75.1	74.8	1.62	0.38	0.32
b	76.1	75. 8	75.2	75.0	74.9	1.7	0.24	0.76
c	0.055[a]	0.052[ab]	0.056[a]	0.052[ab]	0.049[b]	0.001	0.03	0.76

GP_{16}, gas production after 16 h incubation; GP_{24}, gas production after 24 h incubation; GP_{48}, gas production after 48 h incubation; GP_{72}, gas production after 72 h incubation; TGP, Total gas production after 96 h of incubation (ml/250 mg sample); b, Gas produced from the fermentable fraction (ml); c, rate constant of gas production (ml/h); SEM, standard error of the means

Table 6- *In vitro* fermentation and digestibility parameters of the experimental diets containing different levels of tomato pomace (TP)

	Level of TP in the diet (% of DM)						contrast	
	0	2.5	5	7.5	10	SEM	Linear	Quadratic
PF	2.94[b]	2.98[b]	3.2[b]	3.21[b]	3.22[a]	0.08	0.03	0.76
IVDMD	68.8[a]	68.7[a]	67.2[ab]	65.6[b]	66.2[ab]	0.88	0.01	0.69
IVOMD	70.2[a]	68.8[ab]	67.4[abc]	65.8[bc]	64.9[c]	1.16	<0.01	0.4
SCFA	5.99[a]	5.93[a]	5.31[b]	5.25[b]	5.17[b]	0.1	<0.001	0.2
MP	106[b]	108[b]	119[a]	123[a]	125[a]	6.65	0.03	0.59
ME	2.02	2	2.17	2.09	2.01	0.097	0.33	0.42
pH	6.51	6.51	6.48	6.46	6.48	0.02	0.19	0.74
Ammonia-N (mg/dl)	14.0	14.7	13.5	13.2	13.7	1.16	0.17	0.53

PF, partitioning factor (mg/ml); IVDMD, *in vitro* dry matter disappearance (%); IVOMD, *in vitro* organic matter disappearance (%); SCFA, short chain fatty acid (mmol/g DM); MP, microbial protein (mg/g DM); ME, estimated metabolisable energy (Mcal/kg DM); SEM, standard error of the means

نتیجه گیری

به‌طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده از ترکیبات شیمیایی و فراسنجه‌های تولید گاز تفاله گوجه‌فرنگی در این تحقیق، می‌توان گفت که استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی به عنوان یک محصول فرعی کشاورزی تا سطح ۱۰ درصد جیره باعث بهبود ضریب تفکیک و تولید پروتئین‌میکروبی شد بدون آن که اثر منفی روی سایر فراسنجه‌های تخمیری شکمبه داشته باشد. بنابراین با توجه به قیمت ارزان‌تر، استفاده از تفاله گوجه‌فرنگی تا ۱۰ درصد ماده‌خشک در جیره بره پرواری به صورت جایگزین با سبوس گندم می‌تواند در کاهش هزینه جیره مفید باشد. هر چند که آزمایش‌های تکمیلی مرتبط برای بررسی ترکیبات ضدتغذیه‌ای احتمالی تفاله گوجه‌فرنگی و همچنین آزمایش مزرعه‌ای روی دام زنده ضروری به نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

از مسئولین محترم دانشگاه لرستان جهت فراهم نمودن زمینه آزمایش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

Abubakr AR, Alimon AR, Yaakub H, Abdullah N and Ivan M, 2013. Digestibility, rumen protozoa, and ruminal fermentation in goats receiving dietary palm oil by-products. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 12: 147–154.

Abushita A, Daood H and Biacs P, 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48(6):2075-2081.

Aghajanzadeh-Golshani A, Maheri-Sis N, Mirzaei-Aghsaghali A and Baradaran-Hasanzadeh A, 2010. Comparison of nutritional value of tomato pomace and brewer's grain for ruminants using in vitro gas production technique. Asian Journal of Animal Veterinary Advances 5(1):43-51.

Anonymous, 2019. Information and Communication Technology Center of the Ministry of Jihad Agriculture 2: 401

Association of Official Analytical Chemists, 1990. Official methods of analysis, K. Helrich, 15th ed., AOAC, Arlington, VA.

Barzamini H, MostafalooY, Bayat Kouhsar J and Ghanbari F, 2017. Investigation of chemical composition, fermentation characteristics and gas production of tomato pomace ensiled with sugar beet pulp and dried citrus pulp. Livestock Research (Quarterly). 5(2): 1-15.

Besharati M, Taghizadeh A, Janmohammadi H and Moghadam GHA, 2008. Evaluation of some by-products using in situ and in vitro gas production techniques. American Journal of Animal Veterniary Sciences 3(1): 7-12.

Blummel M and Ørskov ER, 1993. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. Animal Feed Science Technology 40: 109-119.

Blümmel M, Steingaβ H and Becker K, 1997. The relationship between *in vitro* gas production, in vitro microbial biomass yield and 15 N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. British Journal of Nutrition 77(6): 911-921.

Broderick G and Kang J, 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. Journal of dairy science 63(1): 64-75.

Cámara M, Del Valle M, Torija ME and Castilho C, 2001. Fatty acid composition of tomato pomace. Acta Horticulturae 542: 175-181.

Choi SH, Kim DS, Kozukue N, Kim HJ, Nishitani Y, Mizuno M, Levin CE and Mendel F, 2014. Protein, free amino acid, phenolic, β-carotene, and lycopene content, and antioxidative and cancer cell inhibitory effects of 12 greenhouse-grown commercial cherry tomato varieties. Journal of Food Composition and Analysis 34, 115-127.

Correia C, Alfaia C, Madeira M, Lopes P, Matos T, Cunha L, Prates J and Freire J, 2017. Dietary inclusion of tomato pomace improves meat oxidative stability of young pigs. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 101(6): 1215-1226.

Del Valle M, Cámara M and Torija ME, 2006. Chemical characterization of tomato pomace. Journal of the Science of Food and Agriculture 86(8): 1232-1236.

Denek N and Can A, 2006. Feeding value of wet tomato pomace ensiled with wheat straw and wheat grain for Awassi sheep. Small Ruminant Research 65(3): 260-265.

Doce RR, Hervás G, Belenguer A, Toral PG, Giráldez FJ and Frutos P, 2009. Effect of the administration of young oak (Quercus pyrenaica) leaves to cattle on ruminal fermentation. Animal Feed Science and Technology 150: 75–85.

Elferink E, Nonhebel S and Moll H, 2008. Feeding livestock food residue and the consequences for the environmental impact of meat. Journal of Cleaner Production 16(12): 1227-1233.

Getachew G, Makkar H 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 Sciences 139(3): 341-352.

Kara K, 2016. Effect of dietary fiber and condensed tannins concentration from various fibrous feedstuffs on *in vitro* gas production kinetics with rabbit fecal inoculum. Journal of Animal and Feed Sciences, 25, 266-272.

Le Gall G, Colquhoun IJ, Davis AL, Collins GJand Verhoeyen ME, 2003. Metabolite profiling of tomato (Lycopersicon esculentum) using 1H NMR spectroscopy as a tool to detect potential unintended effects following a genetic modification. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51(9): 2447-2456.

Menke KH and Steingass H, 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.

Mirzaei-Aghsaghali A, Maheri-sis N, Mansouri H, Razeghi ME, Safaei AR, Aghajanzadeh-Golshani A and Alipoor K, 2011. Estimation of the nutritive value of tomato pomace for ruminant using in vitro gas production technique. African Journal of Biotechnology 10(33): 6251-6256.

Nitipot P and Sommart K, 2003. Evaluation of ruminant nutritive value of cassava starch industry by products, energy feed sources and rough ages using *in vitro* gas production technique. In: Proceeding of Annual Agricultural Seminar for year 2003, 27-28 January, KKU. Pp: 179-190.

NRC, 2007. National Research Council, Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Washington (DC, USA): National Academy of Sciences

Omar MIM, 2010. Utilization of fleabane (Conyza bonariensis) in fattening rations of awassi lambs. masters of animal production, Faculty of Graduate Studies, An-Najah National University, Nablus, Palestine.

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

Peiretti P, Gai F, Rotolo L, Brugiapaglia A and Gasco L, 2013. Effects of tomato pomace supplementation on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. Meat science 95(2): 345-351.

Qingling W, Li Z, Chunmian M and Shiling L, 2014. Study on the physiochemical properties and structural characteristics of the dietary fiber in tomato pomace. Modern Food Science and Technology 30: 60-64.

Safari R, Valizadeh R, Bayat Kouhsar J, Nasserian AA and Tahmasebi AA, 2011. The effect of feeding diets containing dried or ensiled tomato pomace on Holstein dairy cattle performance. Iranian Journal of Animal Science Research 2: 91-99.

Tahmasbi R and Dayani O, 2015. Feeding mixed corn plant and different levels of tomato pomace silageand its effect on performance of Holstein cows. Journal. of Ruminant Research 3(1): 71-86.

Tieman TT, Avila P, Ramirez G, Lascano CE, Kreuzer M and Hess HD, 2008. *In vitro* ruminal fermentation of tanniniferous tropical plants: Plant specific tannin effects and counteracting of PEG. Animal Feed Science and Technology 146: 222-241.

Valenti B, Luciano G, Pauselli M, Mattioli S, Biondi L, Priolo A, Natalello A, Morbidini L and Lanza M, 2018. Dried tomato pomace supplementation to reduce lamb concentrate intake: Effects on growth performance and meat quality. Meat Science 145: 63-70.

Van Soest Pv, Robertson J and Lewis B, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74(10): 3583-3597.

Vercoe PE, Makkar HP and Schlink AC, 2010. *In vitro* screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies. Springer.

Yuangklang C, Vasupen K, Wongsuthavas S, Bureenok S, Panyakaew P, Alhaidary A, Mohamed H and Beynen A, 2010. Effect of replacement of soybean meal by dried tomato pomace on rumen fermentation and nitrogen metabolism in beef cattle. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 5(3): 256-260.

Ziaei N and Molaei S, 2010. Evaluation of nutrient digestibility of wet tomato pomace ensiled with wheat straw compared to alfalfa hay in kenilani sheep. Journal of Animal and Veterinary Advances 9(4): 771-773.

Determination of fermentation and digestibility parameters of tomato pomace in comparison with wheat bran under *in vitro* conditions

Z Aminifard[1*] and A Kiani[2]

Received: September 19, 2020 Accepted: August 27, 2022
[1]PhD Student, Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, khorramabad, Iran
[2]Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University
[*]Corresponding author: E mail: ZAminifard5@gmail.com

پژوهش‌های علوم دامی Animal Science Research

Journal of Animal Science/vol.33 No.2/ 2023/pp 93-105
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.2022.41844.1583

Introduction: Using agro-Industrial by-products in animal nutrition is an efficient way to improve low quality materials to high quality feeds. Agro-industrial by-products are wasted often and their disposal may cause environmental problems, as they are perishable and potential pollutants. Tomato pomace (TP) is the main waste of tomato factories. In Iran, about 6.9 million tons of tomatoes are produced annually, from that about 575,000 tons of TP is produced. TP, as a by-product, is a good source of vitamin B1, B2 and a reasonable source of vitamin A. Additionally, TP contains important compounds such as carotenoids such as lycopene, which their presence in animal products can be important for consumer health. TP can be used as promising protein and fiber sources in ruminant nutrition. The chemical composition of TP in different parts of the country has already been reported. There are some discrepancies among the results in term of chemical composition. Different results obtained by various studies could be due to the different analytical methods used as well as differences in processing conditions. A few experiments have examined the potential use of TP in ruminant diets. For example, TP has been used in dairy cows without any negative effect on milk production. There are also reports of a positive effect of using TP in fattening lambs. However, information about the effect of TP on ruminal fermentation and digestibility parameters is lacking. The aim of this study was to determine the chemical composition and nutritional value of dried TP and its replacement with wheat bran (WB) *in vitro*.

Materials and methods: Initially the TP was prepared from Rojin Tak factory in Kermanshah. After that, TP samples have dried in the shade, and transported to the laboratory. Chemical composition and gas production parameters of TP and WB were measured using conventional methods. Dry matter (DM), ash, Ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and crude protein (CP) of the samples were determined. In the first gas production experiment, ruminal fluid was obtained from two male Lori sheep (live weight 47 ± 0.2 kg) fitted with permanent rumen cannula. Samples (250 mg on a DM basis and particle size 1 mm) were accurately weighed into 100 ml serum bottles. Each bottle was filled with 5 mL strained rumen fluid and 20 mL buffer solution, closed with a butyl rubber stopper, sealed with aluminum crimp, shaken and placed in a water-bath at 39°C. Gas production (ml/250 mg sample) after 24 h (GP_{24}), 48 h (GP_{48}), 72 h (GP_{72}) and 96 h (GP_{96}) incubation were determined. two parameters of b (GP from the fermentable fraction (ml)) and c (rate constant of GP (ml/h)) were calculated based on gas production at 16 h The gas volume produced was recorded at 2, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 48, 72 and 96 h using a digital pressure transducer. Fermentation parameters were determined after 24 h of

incubation. Bottles were placed in an ice bath to stop fermentation and gradually warmed up to 25°C. The gas production volume was recorded and pH determined. From each bottle, a sub sample of supernatant (5 mL) was immediately preserved with 5 mL of HCl 0.1 N and stored at -20°C for ammonia-nitrogen (NH3-N) analysis. Fermentation residues were oven dried at 60°C for 48 h to estimate the DM disappearance. Furthermore, the *in vitro* dry matter (IVDMD) and organic matter disappearance (IVOMD), short chain fatty acid (SCFA; mmol/g DM), microbial protein (MP; mg/g DM) and estimated metabolisable energy (ME; Mcal/kg DM) of TP were measured and compared to those of wheat barn (WB). In the second gas production experiment, the effects of 0 (control), 2.5, 5, 7.5 and 10% (dry matter basic) levels of TP substituted with WB on fattening lambs diet were investigated (on based nutrient requirements). In this section, fermentation parameters were determined only at 16 h after incubation.

Results and discussion: The results showed that organic matter, ash, CP, NDF and ADF of TP were 940, 59, 172, 630 and 420 g/kg DM, respectively. In the present experiment, TP had more CP, EE, NDF and ADF than WB ($P<0.05$). TP showed lower gas production potential and gas production rate than WB ($P<0.05$). TP showed lower GP_{24}, GP_{48}, GP_{72} and GP_{96} than WB ($P<0.05$). The inclusion of TP in diets linearly increased partitioning factor and MP ($P<0.05$), but it linearly decreased IVDMD, IVOMD, SCFA and ME ($P<0.05$). The partitioning factor and microbial protein production of TP was higher than WB ($P<0.05$). It seems that low gas production for TP compared to WB was resulted due to high content of insoluble fiber in the TP, which requires more time for attachment and fermentation of microorganisms. Complete replacement of TP with WB increased partitioning factor and microbial protein production ($P<0.05$), with no negative effect on gas production, metabolizable energy and fermentation parameters ($P>0.05$). Increased microbial protein production with TP incubation is presumably related to the presence of phenolic compounds in TP. It has been shown that in low-concentration, tannins may improve microbial protein production by modulating rumen fermentation conditions. The experimental results showed that by adding TP, digestibility of dry matter and organic matter decreased. This reduction seems to be related to the higher cell wall part of the TP as compared to WB. It appears that carbohydrates in TP are digested slower than those in WB. This could be overcome by some chemical treatments. Another reason for the reduced digestibility of TP diets is probably due to higher fat content of TP.

Conclusion: In overall, using TP in the diets of fattening lambs had no negative effect on rumen fermentation parameters; therefore, based on chemical composition and lower price of TP compared to WB, using TP up to 10% of diets might be economically useful in lamb fattening.

Keywords: Fattening lamb, Fermentation, Microbial protein, Partitioning factor, Tomato pomace, Wheat bran