13 (2) 67-74, Summer 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Chemical Composition and *In Vitro* Digestibility of Pomegranate Byproducts in Ruminant diet

Zeynab Naraghi Rad, Seyed Mehdi Ghoreishi *, Shahryar Kargar

Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Key Words

Chemical composition
Pomegranate by-products
Gas production technique
Silage
In vitro digestibility

Abstract

Introduction: Digestibility of feeds can be measured using *in vivo* (direct method) and *in vitro* methods. The aim of this study was to measured chemical composition and *in vitro* digestibility of dried pomegranate seed pulp and pomegranate by-products silage by gas production technique. This research was conducted in the Department of Animal Sciences, Shiraz University.

Materials & Methods: The experimental diets include dried pomegranate seed pulp (DPS), pomegranate seed pulp silage (fresh pomegranate seed pulp with 2% urea; FPS), pomegranate pulp silage (mixture of same amount of peel and seed pulp with 2% urea and 3% wheat straw; PPS+U), and the same silage mixture without urea (PPS). The chemical composition (protein, fat, neutral detergent fiber (NDF), and acid detergent fiber (ADF)) and volume of gas production were measured.

Result: The results showed the highest percentage of protein (23.33) and fat (16.75) were found in PPS+U and FPS, respectively. The dried pomegranate seed pulp had the maximum amount of NDF and ADF. The maximum gas production volume during 24 hours was found in dried pomegranate seed pulp. The constant gas production rate per hour (c) was not significantly different between the treatments, but other fermentation parameters were higher in DPS than other samples.

Conclusion: In general, our results showed that DSP, despite higher amount of NDF, has higher gas production and more energy, and also the PPS+U, is an appropriated protein feed, that these two pomegranate by-products can be tested in *in vivo* studies by replacement for some part of the forage and concentrate in ruminant rations.

* Corresponding Author's email: smghoreishi@shirazu.ac.ir

Received: 17 June 2020; Reviewed: 21 August 2020; Revised: 20 September 2020; Accepted: 21 October 2020
(DOI): 10.22034/aej.2020.135375

مقاله پژوهشی

ترکیب شیمیایی و گوارش‌پذیری آزمایشگاهی پسماندهای انار با روش تولید گاز در تغذیه نشخوارکنندگان

زینب نراقی‌راد، سیدمهدی قریشی**، شهریار کارگر

گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

کلمات کلیدی

ترکیب شیمیایی
پسماندهای انار
روش تولید گاز
سیلاژ
گوارش‌پذیری آزمایشگاهی

چکیده

مقدمه: گوارش‌پذیری خوراک‌ها با استفاده از دام زنده (روش مستقیم) و یا با روش آزمایشگاهی، ازجمله روش تولید گاز، اندازه‌گیری می‌شود. این پژوهش با هدف اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی و گوارش‌پذیری آزمایشگاهی تفاله دانه خشک انار و سیلاژ تفاله انار به‌روش تولید گاز در گروه علوم دامی دانشگاه شیراز انجام شد.

مواد و روش‌ها: تیمارها شامل تفاله خشک دانه انار، سیلاژ تفاله دانه انار (تفاله تازه دانه انار به‌همراه ۲ درصد اوره)، سیلاژ تفاله انار با اوره (مخلوط برابر پوسته و تفاله دانه به‌همراه ۲ درصد اوره و ۳ درصد کاه گندم) و همین مخلوط سیلاژ، بدون اوره بود. ترکیب شیمیایی (پروتئین، چربی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و اسیدی (ADF)) و حجم گاز تولیدی اندازه‌گیری شد.

نتایج: یافته‌ها نشان دادند بیش‌ترین درصد پروتئین (۲۳/۳۳) و چربی (۱۶/۷۵) به‌ترتیب در سیلاژ مخلوط پوسته و تفاله دانه با اوره و سیلاژ تفاله دانه انار بود. تفاله دانه خشک انار دارای بیش‌ترین درصد NDF و ADF بود. بیش‌ترین میانگین حجم گاز تولیدی در ۲۴ ساعت در تیمار تفاله دانه خشک انار بود. سرعت تولید گاز در هر ساعت (c) میان تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت، اما دیگر فراسنجه‌های تخمیر در تفاله دانه خشک انار بیش‌تر از دیگر تیمارها بود.

نتیجه‌گیری و بحث: به‌طورکلی یافته‌ها نشان دادند تفاله دانه خشک انار با وجود NDF بالاتر، تولید گاز بالاتر و انرژی بیش‌تری داشت. هم‌چنین سیلاژ مخلوط پوسته و تفاله دانه با اوره، خوراک پروتئینی مناسبی است که می‌توان از این دو پسماند انار به‌عنوان جایگزین بخشی از علوفه و کنسانتره جیره، در آزمایش‌های برون‌تنی استفاده کرد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: smghoreishi@shirazu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۸ خرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۳۱ مرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۳۰ شهریور ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۳۰ مهر ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/aej.2021.135375

مقدمه

به‌کارگیری فرآورده‌های جانبی کشاورزی در جیره نشخوارکنندگان در صنعت دامپروری، با هدف کاهش هزینه‌های تغذیه، کاهش وابستگی دام به دانه‌ها و کاهش آلودگی محیط زیست، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Vasta و همکاران، ۲۰۰۸). با فرآوری فرآورده‌های جانبی می‌توان آن‌ها را جایگزین بخشی از خوراک‌های رایج در صنعت دامپروری کرد (Delavar و همکاران، ۲۱۰۴). در پژوهش‌های مختلف گزارش‌هایی از به‌کارگیری فرآورده‌های جانبی کشاورزی مانند تفاله زیتون، تفاله چغندرقند و تفاله میوه‌ها، برای جایگزینی در تغذیه نشخوارکنندگان بدون آثار منفی بر عملکرد دام‌ها منتشر شده است. با این‌حال، برخی از این منابع تغذیه‌ای ترکیب‌های ثانویه مانند تانن دارند که غلظت زیاد آن‌ها در جیره می‌تواند بر دام‌ها اثر منفی داشته باشند (Min و همکاران، ۲۰۰۳). یکی از فرآورده‌های جانبی، پسماندهای انار است. انار با نام علمی *Punica granatum L.* از خانواده Punicaceae، درختچه بومی منطقه مدیترانه است. تقریباً در تمام استان‌های کشور دیده می‌شود. ایران از نظر تولید انار در دنیا، مقام نخست را دارد (Abassi و همکاران، ۲۰۰۸). تولید تفاله دانه و پوست انار در ایران بیش از ۱۲۰۰۰۰ تن در سال برآورد شده است (Mirzaei-Aghsaghali و همکاران، ۲۰۱۱). ویژگی‌های گوناگون بیولوژیکی مانند اثرات ضدمیکروبی، ضداسهال، ضدقارچ و نیز ویژگی‌های آنتی‌اکسیدان قوی در انار گزارش شده است. در پوست و آب انار ترکیب‌های فنولی گوناگونی مانند فلاوونوییدها (آنتوسیانیدین، کاتچین) و تانن قابل آبکافت (پونیکالین، پونیکالاجین، اسید گالیک و اسید الاجیک) وجود دارند (Abarghuei و همکاران، ۲۰۱۳). ترکیب شیمیایی انار در پژوهش‌های گوناگون متفاوت گزارش شده است. درصد ماده خشک، پروتین خام، NDF و خاکستر در سیلاژ تفاله دانه انار به‌ترتیب ۴۲/۷۶، ۱۱/۶۵، ۶۲/۰ و ۲/۰۵ درصد (Taher-Maddah و همکاران، ۲۰۱۲a)، در تفاله دانه انار به‌ترتیب ۶۹/۵۴، ۱۴، ۴۳/۰ و ۷/۷ درصد گزارش شده است (Emami و همکاران، ۲۰۱۵) و مقدار ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، فیبر خام، چربی خام و عصاره بدون نیتروژن (NFE) در دانه انار به‌ترتیب ۹۴/۸، ۹۶/۸ ، ۱۱/۴، ۳۸/۹، ۱ و ۴۵/۵ گزارش شده‌اند (Feizi و همکاران، ۲۰۰۵). یافته‌های پژوهش Taher-Maddah و همکاران (۲۰۱۲a) که به‌روش تولید گاز روی سیلاژ تفاله دانه و تفاله دانه خشک انار انجام شده نشان دادند که تولید گاز در سیلاژ تفاله دانه بیش‌تر از تفاله دانه انار بود. هم‌چنین گوارش‌پذیری ماده آلی، انرژی قابل سوخت‌وساز و انرژی لازم برای تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در سیلاژ دانه بیش‌تر از دانه خشک انار بودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که اسیدی شدن دانه انار ارزش غذایی آن را بیش‌تر می‌کند. در پژوهشی دیگر (Taher-Maddah و همکاران، ۲۰۱۲b) ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای سیلاژ پوست و پوست خشک انار به‌روش تولید گاز اندازه‌گیری شد و مشخص شد که تولید گاز در ساعت‌های صفر تا ۱۲ افزایش داشتند اما در ساعت‌های دیگر تفاوت معنی‌داری دیده نشد (Ebrahimi و همکاران، ۲۰۱۳). پژوهش‌های مختلف، سودمندی به‌کارگیری پسماندهای انار در جیره نشخوارکنندگان را نشان داده‌اند. آگاهی از ارزش تغذیه‌ای جیره‌های دارای پسماند انار می‌تواند محدودیت‌های به‌کارگیری این ترکیب‌ها در جیره را مشخص کند، بنابراین هدف از این پژوهش تعیین ترکیب‌های شیمیایی و اندازه‌گیری گوارش‌پذیری آزمایشگاهی پسماندهای انار به روش تولید گاز بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه تغذیه گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال ۱۳۹۵ انجام شد. مراحل انجام پژوهش در زیر آورده شده است:

آماده‌سازی سیلوها: این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۸ تکرار به‌ازای هر تیمار انجام شد. تفاله انار (پوسته و دانه)، به‌صورت جداگانه از کارخانه سن‌ایچ شهرستان ساوه و تفاله خشک دانه انار از کارخانه نارنی شهرستان نی‌ریز تهیه شد. تیمارها شامل: ۱- تفاله دانه خشک انار، ۲- سیلاژ تفاله دانه انار (تفاله تازه دانه انار به‌همراه ۲ درصد اوره)، ۳- سیلاژ تفاله انار با اوره (مخلوط پوست و دانه به نسبت برابر به همراه ۳ درصد کاه گندم و ۲ درصد اوره) و ۴- سیلاژ تفاله انار بدون اوره (مخلوط پوست و دانه به نسبت برابر به همراه ۳ درصد کاه گندم) بود. درصد کاه و اوره افزوده شده براساس As-fed (وزن تر) محاسبه شد. پیش از آماده‌سازی سیلاژ، ماده خشک نمونه‌ها به‌وسیله آون الکتریکی اندازه‌گیری شد (ماده خشک تفاله تر دانه ۳۱ درصد و پوست تر ۴۰ درصد بود). برای ایجاد شرایط بی‌هوازی بهتر، ابتدا نایلون‌های پلاستیکی با اندازه بزرگ در داخل بشکه‌های درب‌دار ۲۰ لیتری قرار داده شد و پس از ریختن اجزای سیلاژ داخل بشکه‌ها و فشرده کردن، درب نایلون‌های پلاستیکی گره زده شد و درب بشکه‌ها بسته شدند. سیلوها پس از ۵ ماه باز شدند (Eliyahu و همکاران، ۲۰۱۵).

اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی: نمونه‌ها پس از خشک شدن با آون (به‌مدت ۴۸ ساعت دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد) با آسیاب چکشی (Ogawa Seiki. Tokyo Japan) دارای الک یک‌میلی‌متر آسیاب شدند. پروتئین خام با دستگاه کلدال (شرکت PECO، ساخت کشور ایران)، خاکستر با کوره الکتریکی و چربی خام با دستگاه سوکسله (مدل BUCHI810 ساخت کشور سوئیس) براساس روش‌های استاندارد

(AOAC، ۱۹۹۵) اندازه‌گیری شد. الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) به‌روش van Soest و همکاران (۱۹۹۱) با دستگاه فایبرتک (ساخت شرکت پکوفود کشور ایران) اندازه‌گیری شدند.

کربوهیدرات‌های غیرالیافی (NFC) از رابطه زیر محاسبه شد:

کربوهیدرات‌های غیرالیافی(٪)=۱۰۰-[Ash(٪)+EE(٪) +NDF(٪)+ CP(٪)]

آزمون تولید گاز: آزمون تولید گاز به‌روش Menke و Staingass (۱۹۹۸) انجام شد. شیرابه شکمبه از دو رأس گوسفند نر نژاد مهربان با میانگین وزنی ۴/۵±۵۱/۰ کیلوگرم گرفته شد. گوسفندان با جیره تنظیم شده بر پایه جداول احتیاجات NRC (۲۰۰۷) شامل: ۴۸/۳۹ درصد سیلاژ ذرت، ۷/۷۴ درصد یونجه،۱/۹۴ درصد کاه، ۲۵/۸۱ درصد جو، ۸/۷۷ درصد ذرت، ۵/۴۲ درصد کنجاله سویا و۱/۹۴ درصد مکمل مواد معدنی تغذیه شدند. شیرابه شکمبه در شرایط بی‌هوازی با فلاسک دربدار به سرعت به آزمایشگاه منتقل شد و ابتدا در دستگاه مخلوط‌کن در حضور گاز کربن‌دی‌اکسید کاملاً مخلوط و با پارچه متقال ۴ لایه صاف شد. سپس این مایع به ارلن دارای بافر در حضور گاز کربن‌دی‌اکسید با نسبت ۲:۱ (دو بخش بافر و یک بخش شیرابه شکمبه) افزوده شد. پس از آن، ۳۰ میلی‌لیتر از این محلول به شیشه‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری که از قبل ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه در آن‌ها ریخته شده بود افزوده شد. درب شیشه‌ها پس از گازدهی با کربن‌دی اکسید با درپوش پلاستیکی و آلومینیومی بسته شد و شیشه‌ها در بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. حجم گاز تولیدی در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت یادداشت شدند. برای کنترل داده و حذف خطای ناشی از گاز تولیدی در اثر عمل میکروارگانیسم‌ها، ۸ نمونه بلانک (حاوی شیرابه شکمبه و بافر بدون نمونه آزمایشی) در بن‌ماری قرار داده شد. برای هر نمونه ۸ تکرار درنظر گرفته شد. داده‌های تولیدگاز با مدل Ørskov و McDonald (۱۹۷۹) و از فرمول زیر برازش شدند: $P = b\,(1-e^{-ct})$

در این معادله P، میزان گاز تولید شده (میلی‌لیتر به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) در زمان t (ساعت)، b، حجم گاز تولیدی و c، نرخ تولید گاز و t، زمان تولید گاز را نشان می‌دهد. مقدار انرژی قابل سوخت و ساز، گوارش‌پذیری ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر با استفاده از فرمول‌های زیر به‌دست آمد:

= انرژی قابل سوخت‌وساز (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)

$$۲/۲ + ۰/۱۳۶\ GP_{24} + ۰/۰۰۵۷\ CP + ۰/۰۰۲۸۵۹\ CP^{۲}$$

= درصد گوارش‌پذیری ماده آلی

$$۱۴/۸۸ + ۰/۸۸۹\ GP_{24} + ۰/۴۴۸\ CP + ۰/۰۶۵\ Ash$$

=اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول)

$$۰/۰۲۲۲\ GP_{24} - ۰/۰۰۴۲۵$$

در رابطه‌های فوق GP_{24}، حجم گاز تولیدی تجمعی به میلی‌لیتر در ۲۴ساعت‌انکوباسیون، CP، درصد پروتئین خام و Ash، درصد خاکستر است.

واکاوی آماری داده‌ها: داده‌های به‌دست‌آمده، بانرم‌افزار SAS ۹,۰ و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM واکاوی شد. مدل آماری که در این آزمایش استفاده شده بدین گونه بود:

$$Yij = \mu + Ti + eij$$

در این مدل Yij، مقدار هر مشاهده، μ، میانگین کل، Ti، اثر تیمار و eij، خطای آزمایش بود. میانگین‌ها با روش میانگین حداقل مربعات (LSMEANS) و در سطح معنی‌داری پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج

ترکیب شیمیایی: یافته‌های ترکیب‌های شیمیایی تیمارها در جدول ۱ آمده است. درصد ماده خشک در دو تیمار سیلاژ تفاله دانه انار (۳۳/۷۸) و سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار با اوره (۳۴/۸۲) تفاوت معنی‌داری نداشت و بیش‌ترین ماده خشک در تیمار تفاله دانه خشک انار دیده شد (۹۶/۰۰). تیمار سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار با اوره بیش‌ترین میانگین درصد پروتئین را داشت (P<۰/۰۵). درصد پروتئین خام در سیلاژ تفاله دانه انار با دو تیمار سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار بدون اوره و تفاله دانه خشک انار تفاوت معنی‌دار نشان نداد اما با تیمار سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار با اوره تفاوت معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). بیش‌ترین درصد NDF و ADF در تفاله دانه خشک انار و کم‌ترین آن در سیلاژ تفاله دانه انار دیده شد.

یافته‌های مقایسه میانگین حجم گاز تولیدی در ساعت‌های متفاوت انکوباسیون در جدول ۲ آمده است. الگوی گاز تولیدی تیمارها در ساعت‌های مختلف در شکل ۱ آورده شده است. حجم گاز تولیدی پس از ۲ ساعت انکوباسیون بین سه تیمار سیلاژ تفاله دانه انار، سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار بدون اوره و تفاله دانه خشک انار تفاوت معنی‌داری نداشت و بیش‌ترین میانگین مربوط به تیمار تفاله دانه خشک انار بود. با افزایش زمان انکوباسیون تولید گاز در چهار تیمار روند افزایشی داشت. در ساعت‌های مختلف انکوباسیون (۲ تا ۴۸ ساعت) میان حجم گاز تولیدی در دو نمونه سیلاژ تفاله دانه انار و سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار بدون اوره تفاوت معنی‌داری نبود و بیش‌ترین میانگین حجم گاز تولیدی در نمونه تفاله دانه خشک انار دیده شد.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی سیلاژ پسماندهای انار و تفاله دانه خشک انار

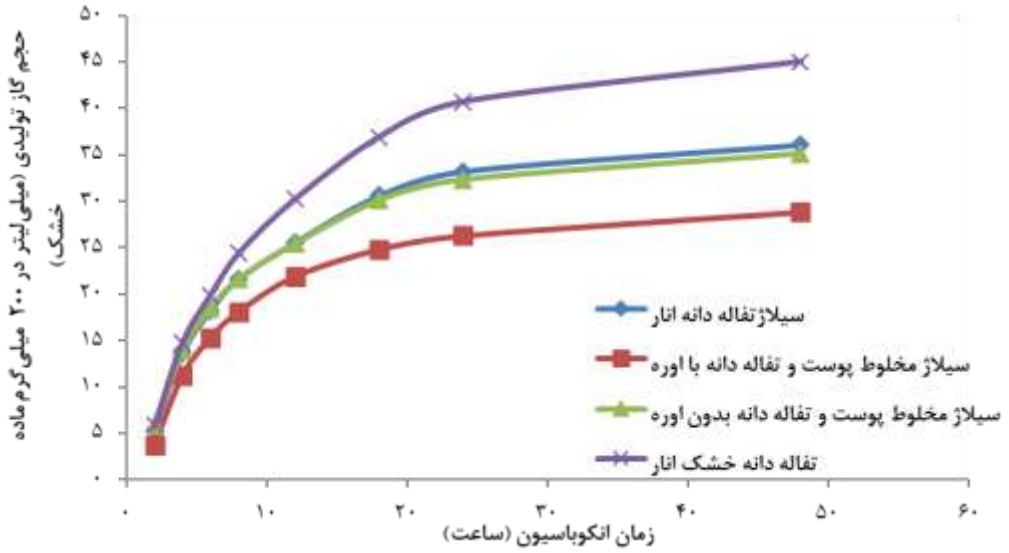
فراسنجه (درصد ماده خشک)	پسماندهای آزمایشی				SEM[1]	P-value[2]
	سیلاژ تفاله دانه انار	سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار با اوره	سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار بدون اوره	تفاله دانه خشک انار		
ماده خشک	۳۳/۸^{c}	۳۴/۸^{c}	۳۸/۷^{b}	۹۶/۰^{a}	۰/۲۱	<۰/۰۱
پروتئین خام	۱۶/۶^{bc}	۲۳/۳^{a}	۱۷/۶^{b}	۱۵/۷^{c}	۰/۲۶	<۰/۰۱
NDF	۳۴/۱^{c}	۳۶/۱^{b}	۲۷/۲^{d}	۴۹/۲^{a}	۰/۱۴	<۰/۰۱
ADF	۱۹/۴^{c}	۲۱/۶^{b}	۱۴/۹^{d}	۳۲/۴^{a}	۰/۲۶	<۰/۰۱
کربوهیدرات‌های غیرالیافی (NFC)	۲۸/۶^{b}	۲۳/۵^{c}	۳۹/۴^{a}	۱۹/۱^{d}	۰/۶۲	<۰/۰۱
خاکستر	۳/۸^{b}	۵/۰^{a}	۴/۸^{a}	۳/۸^{b}	۰/۲۱	۰/۰۳
چربی خام	۱۶/۸^{a}	۱۲/۰^{b}	۱۱/۵^{b}	۱۲/۶^{b}	۰/۳۷	۰/۰۲

a، b، c و d: میانگین‌های دارای بندواژه‌های همانند در هر ردیف تفاوت معنی‌داری ندارند (p>۰/۰۵). ۱: خطای استاندارد میانگین‌ها. ۲: سطح معنی‌داری.

جدول ۲: مقایسه میانگین حجم گاز تولیدی(میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) بین نمونه‌های آزمایشی در ساعت‌های متفاوت انکوباسیون

زمان (ساعت)	پسماندهای آزمایشی				SEM[1]	P-value[2]
	سیلاژ تفاله دانه انار	سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار با اوره	سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار بدون اوره	تفاله دانه خشک انار		
۲	۵/۴ ^{b}	۳/۷ ^{c}	۵/۹ ^{ab}	۶/۳ ^{a}	۰/۲۳	<۰/۰۱
۴	۱۳/۶ ^{b}	۱۱/۲ ^{c}	۱۳/۹ ^{ab}	۱۴/۸ ^{a}	۰/۴۴	<۰/۰۱
۶	۱۸/۲ ^{a}	۱۵/۳۹ ^{b}	۱۸/۵ ^{a}	۱۹/۹ ^{a}	۰/۸۶	۰/۰۱
۸	۲۱/۶ ^{a}	۱۸/۱ ^{b}	۲۱/۶ ^{a}	۲۴/۴ ^{a}	۰/۹۷	۰/۰۱
۱۲	۲۵/۵ ^{a}	۲۰/۹ ^{b}	۲۵/۴ ^{a}	۳۰/۲ ^{a}	۱/۵۶	۰/۰۳
۱۸	۲۵/۶ ^{b}	۲۳/۵ ^{c}	۲۹/۱ ^{b}	۳۶/۹ ^{a}	۱/۷۰	<۰/۰۱
۲۴	۳۳/۲ ^{b}	۲۶/۳ ^{c}	۳۲/۳ ^{b}	۴۱/۷ ^{a}	۱/۹۴	<۰/۰۱
۴۸	۳۶/۱ ^{b}	۲۸/۸ ^{c}	۳۵/۱ ^{b}	۴۵/۳ ^{a}	۲/۲۳	۰/۰۲

a، b، c و d: میانگین‌های دارای بندواژه‌های همانند در هر ردیف تفاوت معنی‌داری ندارند (p>۰/۰۵). ۱: خطای استاندارد میانگین‌ها ۲: سطح معنی‌داری.



شکل ۱: نمودار الگوی گاز تولیدی نمونه‌ها در ساعت‌های مختلف

فراسنجه‌های تولید گاز نمونه‌ها در جدول ۳ نشان داده شده‌اند. یافته‌ها نشان دادند به‌جز نرخ ثابت تولید گاز، دیگر فراسنجه‌ها تحت تاثیر تیمار قرار گرفتند (P<۰/۰۵). بیش‌ترین مقادیر در این فراسنجه‌ها مربوط به تفاله دانه خشک انار بود (P<۰/۰۵) و دیگر فراسنجه‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

جدول ۳: فراسنجه‌های تولید گاز در چهار تیمار آزمایشی

فراسنجه‌ها	پسماندهای آزمایشی			SEM[1]	P-value[2]
	سیلاژ تفاله دانه انار	سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه با اوره	سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه بدون اوره	تفاله دانه خشک انار		
ضریب b[3]	۳۴/۳ b	۲۸/۶ b	۳۳/۴ b	۴۶/۸ a	۲/۳۹	۰/۰۲
ضریب c[4]	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۰۶	۰/۶۱
اسیدهای چرب کوتاه زنجیر[5]	۰/۷ b	۰/۶ b	۰/۷ b	۰/۹ a	۰/۴۳	<۰/۰۱
انرژی قابل سوخت‌وساز[6]	۸/۴ b	۹/۶ a	۸/۵ b	۹/۵ a	۰/۲۶	۰/۰۱
قابلیت هضم ماده آلی[7]	۵۲/۱ b	۴۹/۵ b	۵۱/۸ b	۵۹/۲ a	۲/۰۶	۰/۰۲

a، b، c و d: میانگین‌های دارای بندواژه‌های همانند در هر ردیف تفاوت معنی‌داری ندارند (p>۰/۰۵). ۱) خطای استاندارد میانگین‌ها ۲) سطح معنی‌داری، ۳) پتانسیل تولید گاز ۴) سرعت تولید گاز در هر ساعت، ۵) ۰/۰۰۴۲۵ – ۰/۰۰۲۲۲ GP24 = اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول)، ۶) ۰/۰۰۲۸۵۹ CP۲ + ۰/۰۰۵۷ CP + ۰/۱۳۶ GP24 + ۲/۲ = انرژی قابل سوخت‌وساز (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)، ۷) ۰/۰۶۵ Ash + ۰/۴۴۸ CP + ۰/۸۸۹ GP24 + ۱۴/۸۸ = درصد گوارش‌پذیری ماده آلی

بحث

ترکیب شیمیایی و اندازه‌گیری گوارش‌پذیری برون‌تنی شاخص ارزشمندی برای ارزیابی اولیه خوراک‌ها هستند، هر چند تأیید یافته‌های ارزش غذایی آن‌ها نیازمند پژوهش‌های درون‌تنی است (Delavar و همکاران، ۲۰۱۴). روش‌های مختلف برای ارزیابی ترکیب شیمیایی و اندازه‌گیری گوارش‌پذیری وجود دارد که از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین این روش‌ها می‌توان روش حیوان زنده، کیسه‌های نایلونی و روش آزمایشگاهی را نام برد (آقاجانزاده‌گلشنی و همکاران، ۱۳۹۹). ترکیب‌های شیمیایی تفاله انار به نوع رقم انار، منطقه کشت، آب و هوا، بلوغ و روش پرورش آن بستگی دارد (Ozkan، ۲۰۰۲). در پژوهش Ebrahim Pour و همکاران (۲۰۱۴) مشابه به آزمایش حاضر، مقدار پروتئین خام سیلاژ تفاله پوست و دانه انار بدون اوره حدود ۱۱ درصد و در سیلاژ تفاله پوست و دانه انار غنی شده با ۵ درصد اوره مقدار ۳۹/۳ درصد بود. مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و کربوهیدرات‌های غیرالیافی در چهار تیمار تفاوت معنی‌داری نشان دادند (p<۰/۰۵) و بیش‌ترین مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و هم‌چنین کربوهیدرات‌های غیرالیافی به‌ترتیب در تفاله دانه خشک انار و سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار با اوره دیده شد. در پژوهش کنونی، سیلو کردن دانه انار سبب افزایش کربوهیدرات غیرالیافی شد که هم‌سو با پژوهش Taher-Maddah و همکاران (۲۰۱۲a) بود. هم‌سو با آزمایش حاضر، در پژوهش دیگری درصد کربوهیدرات‌های غیرالیافی در تفاله دانه خشک انار کم‌ترین مقدار بود و بیش‌ترین مقدار آن در پوست انار مشاهده شد (خورسندی و همکاران، ۱۳۹۷). یافته‌های پژوهش Taher-Maddah و همکاران (۲۰۱۲a) نشان دادند سیلو کردن، حدود ۵۰ درصد از همی‌سلولز دیواره سلولی را تخریب می‌کند در نتیجه مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در سیلاژها کاهش می‌یابد، احتمالاً در پژوهش کنونی علت پایین بودن مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی سیلاژها نسبت به تفاله دانه خشک انار همین عامل باشد. سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار با اوره بیش‌ترین مقدار خاکستر را داشت(p<۰/۰۵). چربی خام سیلاژ تفاله دانه انار بیش‌ترین میانگین را در بین تیمارهای آزمایشی داشت (p<۰/۰۵). گزارش‌ها نشان دادند درصد چربی خام در پوست انار کم‌تر از دانه انار است (Taher-Maddah و همکاران، ۲۰۱۲a,b). درصدهای ماده خشک، پروتین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و خاکستر در پوست خشک انار به‌ترتیب ۹۳/۴، ۴/۸، ۳۱/۶ و ۸/۴ (Delavar و همکاران، ۲۰۱۴)، در سیلاژ تفاله انار به‌ترتیب ۲۰/۰، ۷/۸۹، ۴۱/۳۰ و ۲/۸۹ درصد (Eliyahu و همکاران، ۲۰۱۵)، در سیلاژ دانه انار به‌ترتیب ۴۲/۷۶، ۱۱/۶۵، ۶۲/۰ و ۲/۰۵ درصد (Taher-Maddah و همکاران، ۲۰۱۲a) و در تفاله دانه انار به‌ترتیب ۶۹/۵۴، ۱۴، ۴۳/۰ و ۷/۷ درصد گزارش شده‌اند (Emami و همکاران، ۲۰۱۵). تفاوت در ترکیبات شیمیایی را می‌توان به تفاوت در شرایط آب و هوایی، نحوه کشت، نوع و رقم انار و روش‌های پوست‌گیری مربوط دانست(Delavar و همکاران، ۲۰۱۴). در پژوهش‌های مختلف نشان داده شده است که تفاوت‌ها در پسماندهای کشاورزی می‌تواند به‌دلیل شرایط محیطی و نگه‌داری متفاوت هم‌چنین نحوه و مقدار جداسازی پسماندها به‌وسیله دستگاه‌های جداکننده باشد. فزون بر این مقدار ترکیبات مغذی و کل

ترکیبات فنولی و تانن نیز می‌توانند سبب ایجاد تفاوت در این پسماندها شوند (شکرانی‌قشلاق و همکاران، ۱۳۹۹). در پژوهش‌های مختلف حجم گاز تولیدی به‌دلیل ترکیب‌های شیمیایی مختلف در آزمایش خوراک، نوع و نژاد دام و کیفیت شیرابه‌استفاده شده، می‌تواند متفاوت باشد (Getachew و همکاران، ۲۰۰۴؛ Menke و Steingass، ۱۹۸۸). همبستگی منفی بین مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی و حجم گاز تولیدی وجود دارد (Gatachew و همکاران، ۲۰۰۲). در سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار با و بدون اوره با وجود این‌که درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در مقایسه با تفاله دانه خشک انار کم‌تر بود اما حجم گاز تولیدی کاهش داشت که می‌توان آن را با غلظت بیش‌تر تانن در مخلوط پوست و تفاله دانه انار نسبت به تفاله دانه خشک انار مرتبط دانست. گزارش شده است افزایش غلظت تانن در نمونه‌های خوراک به‌سبب پیوند یافتن با پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های ساختمانی دسترسی میکروارگانیسم‌های شکمبه به مواد خوراکی را کاهش داده و تخمیر خوراک را دچار مشکل می‌سازند و حجم گاز تولیدی را کاهش می‌دهند (Silanikove و همکاران، ۲۰۰۱). در پژوهشی، حجم گاز تولیدی سیلاژ پوست و پوست خشک انار در ساعت‌های صفر تا ۱۲ افزایش نشان دادند، اما در ساعت‌های دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت (Taher-Maddah و همکاران، ۲۰۱۲b). در پژوهش دیگر، سیلاژ دانه انار در مقایسه با دانه خشک انار تولید گاز بیش‌تری داشت (Taher-Maddah و همکاران، ۲۰۱۲a). پیش‌بینی گاز تولیدی در ۲۴ ساعت از معیارهای مهم برای برآورد انرژی قابل سوخت و ساز، انرژی خالص شیردهی، گوارش‌پذیری ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر به‌دلیل همبستگی مثبت بالا با ارزش غذایی خوراک‌ها است (Menke و Steingass، ۱۹۸۸)، هم‌چنین گاز تولیدی در ۲۴ ساعت، برای پیش‌بینی محصول نهایی تخمیر و سنتز پروتئین میکروبی به‌وسیله میکروب‌های شکمبه در سیستم آزمایشگاهی به‌کار برده می‌شود (Sommart و همکاران، ۲۰۰۰). بخش محلول یا سریع تخمیر (a) خوراک‌ها بخشی است که به‌راحتی میکروب‌های شکمبه به آن متصل شده و سبب تولید بیش‌تر گاز می‌شود (Blummel و Becker، ۱۹۹۷). گاز تولیدی در بخش b یک شاخص مهم در پیش‌بینی مصرف خوراک است. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که نشخوارکنندگان به مصرف بیش‌تر سیلاژ نسبت به دانه خشک نیاز دارند. مقادیر بیش‌تر تولید گاز و هم‌چنین نرخ تولید گاز در سیلاژ در مقایسه با پسماند خشک ممکن است تحت‌تأثیر بخش کربوهیدرات غیرالیافی باشد که به‌راحتی در تخمیر میکروبی وجود دارد. هم‌سو با داده‌ی پژوهش حاضر، پتانسیل و سرعت تولید گاز سیلاژ پوست انار و پوست انار خشک شده تفاوت معنی‌داری نداشتند (Taher-Maddah و همکاران، ۲۰۱۲a). در مطالعه‌ای Maheri-Sis و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند ترکیب‌های شیمیایی مختلف خوراک‌ها (نشاسته، کربوهیدرات‌های غیرالیافی، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و قندهای محلول) می‌توانند سبب تولید سطوح مختلف گازهای آزمایشگاهی شوند. آن‌ها دریافتند که کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی و افزایش محتوای کربوهیدرات‌های غیرالیافی مواد خوراکی به‌وضوح سبب تولید بیش‌تر گاز در شرایط آزمایشگاهی می‌شود. بنابراین، بالاتر بودن مقدار کربوهیدرات‌های غیرالیافی و مقدار کم‌تر الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سیلاژ ممکن است دلیل اصلی تفاوت در تولید گاز و در نتیجه ارزش تغذیه‌ای آن باشد. هنگامی‌که مواد خوراکی با شیرابه شکمبه در شرایط آزمایشگاهی انکوبه می‌شوند، کربوهیدرات‌ها به اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و گازها (متان و کربن‌دی‌اکسید) تبدیل می‌شوند. تولید گاز حاصل از تخمیر پروتئین در مقایسه با تخمیر کربوهیدرات نسبتاً کم و سهم چربی نیز در تولید گاز جزئی است (Menke و Staingass، ۱۹۸۸). در پژوهش‌های گوناگون همبستگی منفی بین اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر و گوارش‌پذیری ماده‌آلی و انرژی قابل سوخت و ساز با دیواره سلولی گزارش شده است (Karabulut و همکاران، ۲۰۰۷؛ Makkar و همکاران، ۱۹۹۵). در آزمایش دیگری، گوارش‌پذیری ماده آلی، انرژی قابل سوخت و ساز، انرژی خالص برای شیردهی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در سیلاژ دانه انار در مقایسه با دانه خشک انار به‌طور قابل توجهی بالاتر بودند و به ترتیب ۴۳/۱۵ درصد، ۶/۳۷ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک، ۴/۴۳ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک، ۰/۵۵۵۳ میلی‌مول برای سیلاژ دانه انار و ۳۴/۶۲ درصد، ۵/۱۰ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک، ۳/۵۶ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک و ۰/۳۶۸۰ میلی‌مول برای دانه خشک انار گزارش شدند (Taher-Maddah و همکاران، ۲۰۱۲a).

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد تفاله دانه خشک انار نسبت به دیگر پسماندهای انار گوارش‌پذیری بهتر و ارزش تغذیه‌ای بهتری دارد. علاوه بر این تیمارهای سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه بدون اوره و سیلاژ تفاله دانه انار کربوهیدرات‌های غیرالیافی بیش‌تر نسبت به سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار داشتند. به‌نظر می‌رسد کربوهیدرات‌های غیرالیافی از عواملی است که سبب تفاوت بیش‌تر در حجم گاز تولیدی این دو تیمار نسبت به سیلاژ مخلوط پوست و تفاله دانه انار شده است. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های بیش‌تر با تیمارهای دارای این پسماندها با درصد و فرآوری‌های مختلف به‌روش‌های درون‌تنی و برون‌تنی برای دستیابی به درصدهای مناسب قابل استفاده در جیره نشخوارکنندگان انجام شود.

تشکر و قدردانی

از کارخانه سن‌ایچ در شهرستان ساوه برای همکاری ایشان و نیز از کارخانه نارنی شهرستان نی‌ریز و همکاران محترمی که در این پژوهش یاری نمودند قدردانی می‌شود.

منابع

۱. **آقاجانزاده‌گلشنی، ا.؛ ماهری‌سیس، ن.؛ سلامت‌دوست‌نوبر، ر.؛ ابراهیم‌نژاد، ی. و قربانی، ا.، ۱۳۹۹.** برآورد ارزش غذایی دانه‌های گندم و جو با روش تولید گاز آزمایشگاهی با استفاده از دو منبع میکروارگانیسم شیرابه شکمبه و سوسپانسیون مدفوع گوسفند قزل. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۲، شماره ۲، صفحات ۴۵ تا ۵۲.

۲. **خورسندی، س.؛ ریاسی، ا. و خوروش، م.، ۱۳۹۷.** بررسی ترکیب شمیایی، الگوی اسیدهای چرب، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و تولید گاز بقایای انار به‌روش برون‌تنی. مجله پژوهش‌های تولیدات دامی. جلد ۹، شماره ۲۲، صفحات ۹۲ تا ۱۰۰.

۳. **شکرانی‌قشلاق، ن.؛ پایا، ح.؛ تقی‌زاده، ا. و محمدزاده، ح.، ۱۳۹۹.** تعیین ارزش تغذیه‌ای ضایعات چای سبز و سیاه در تغذیه نشخوارکنندگان با استفاده از روش آزمایشگاهی تولید گاز. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۲، شماره ۲، صفحات ۵۳ تا ۶۰.

4. **AOAC. 1995.** Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 16th edn., Washington, DC.

5. **Abarghuei, M.J.; Rouzbehan, Y.; Salem, A.Z.M. and Zamiri, M.J., 2013.** Nutrient digestion, ruminal fermentation and performance of dairy cows fed pomegranate peel extract. Livestock Science. Vol. 157, pp: 452-461.

6. **Abbasi, H.; Rezaei, K. and Rashidi, L., 2008.** Extraction of essential oils from the seeds of pomegranate using organic solvents and supercritical CO_2. Journal of the American Oil Chemists' Society. Vol. 85, pp: 83-89.

7. **Al-Maiman, S.A. and Ahmad, D., 2002.** Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit maturation. Food Chemistry. Vol. 76, pp: 437-441.

8. **Blümmel, M.; Makkar, H.P.S. and Becker, K., 1997.** *In vitro* gas production: A technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. Vol. 77, pp: 24-34.

9. **Delavar, M.H.; Tahmasbi, A.M.; Danesh-Mesgaran, M. and Valizadeh, R., 2014.** *In vitro* rumen fermentation and gas production: Influence of different by-product feedstuffs. Annual Research and Review in Biology. Vol. 4, pp: 1121-1128.

10. **Ebrahim Pour, M.; Haghparvar, R.U.; Rowghani, E.; Shojaian, K. and Zefrei, M.G., 2014.** The effect of a bacterial inoculant, urea and molasses on chemical composition, *in vitro* gas production and energy content of ensiled pomegranate (*Punica granatum L.*) seeds and peel pulp. Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences. Vol. 4, pp: 85-90.

11. **Ebrahimi, B.; Taghizadeh, A. and Mehmannavaz, Y., 2013.** Ruminal degradation of pomegranate pomace using nylon bags technique. European Journal of Experimental Biology. Vol. 3, pp: 260-262.

12. **Eliyahu, D.; Shaani, Y.; Yosef, E.; Ben-Meir, Y.; Nikbachat, M.; Solomon, R. and Miron, J., 2015.** Effect of ensiling pomegranate pulp with solid additives on chemical composition, intake and digestibility by sheep. Small Ruminant Research. Vol. 131, pp: 93-98.

13. **Emami, A.; Ganjkhanlou, M.; Nasri, M.F.; Zali, A. and Rashidi, L., 2015.** Pomegranate seed pulp as a novel replacement of dietary cereal grains for kids. Small Ruminant Research. Vol. 123, pp: 238-245.

14. **Feizi, R.; Ghodratnama, A.; Zahedifar, M.; Mesgaran, M.D. and Raisianzadeh, M., 2005.** Apparent digestibility of pomegranate seed fed to sheep. In Journal of Dairy Science. Vol. 88, pp: 194-194.

15. **Getachew, G.; Makkar, H.P.S. 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. Vol. 139, pp: 341-352.

16. **Getachew, G.; Robinson, P.H.; DePeters, E.J. and Taylor, S.J., 2004.** Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology. Vol. 111, pp: 57-71.

17. **Karabulut, A.; Canbolat, O.; Kalkan, H.; Gurbuzol, F.; Sucu, E. and Filya, I., 2007.** Comparison of *in vitro* gas production, metabolizable energy, organic matter digestibility and microbial protein production of some legume hays. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. Vol. 20, pp: 517-522.

18. **Makkar, H.P.; Blümmel, M. and Becker, K., 1995.** *In vitro* effects of and interactions between tannins and saponins and fate of tannins in the rumen. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 69, pp: 481-493.

19. **Maheri-Sis, N.; Chamani, M.; Ali-Asghar, S.; Mirza Aghazadeh, A. and Aghajanzadeh-Golshani, A., 2008.** Nutritional evaluation of kabuli and desi type chickpeas (*Cicer arietinum L.*) for ruminants using in vitro gas production technique. African Journal of Biotechnology. Vol. 7, No. 16, pp: 2946-2951.

20. **Menke, K.H. and Staingass, H., 1988.** Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal Research Development. Vol. 28, pp: 7-55.

21. **Min, B.R.; Barry, T.N.; Attwood, G.T. and McNabb, W.C., 2003.** The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. Animal feed science and technology. Vol. 106, pp: 3-19.

22. **Mirzaei-Aghsaghali, A.; Maheri-Sis, N.; Mansouri, H.; Razeghi, M.E.; Mirza-Aghazadeh, A.; Cheraghi, H. and Aghajanzadeh-Golshani, A., 2011.** Evaluating potential nutritive value of pomegranate processing by-products for ruminants using in vitro gas production technique. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. Vol. 6, pp: 45-51.

23. **NRC. 2001.** Nutrient Requirements of Small Ruminants. 7th edition. National Acadmy Press, Washington, DC, USA.

24. **NRC. 2007.** Nutrient Requirements of Small Ruminants. 7th edition. National Acadmy Press, Washington, DC, USA.

25. **Ørskov, E.R. 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. Vol. 92, pp: 499-503.

26. **Özkan, M., 2002.** Degradation of anthocyanins in sour cherry and pomegranate juices by hydrogen peroxide in the

presence of added ascorbic acid. Food Chemistry. Vol. 78, pp: 499-504.

27. **Sadq, S.M.; Ramzi, D.O.; Hamasalim, H.J. and Ahmed, K.A., 2016.** Growth performance and digestibility in Karadi lambs receiving different levels of pomegranate peels. Open Journal of Animal Sciences. Vol. 6, pp: 16-23.

28. **Silanikove, N.; Perevolotsky, A. and Provenza, F.D., 2001.** Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. Animal Feed Science and Technology. Vol. 91, pp: 69-81.

29. **Sommart, K.; Parker, D.S.; Rowlinson, P. and Wanapat, M., 2000.** Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an in vitro system using cassava, rice straw and dried ruzi grass as substrates. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. Vol. 13, pp: 1084-1093.

30. **Taher-Maddah, M.; Maheri-Sis, N.; Salamatdoustnobar, R. and Ahmadzadeh, A., 2012a.** Estimating fermentation characteristics and nutritive value of ensiled and dried pomegranate seeds for ruminants using *in vitro* gas production technique. Open Veterinary Journal. Vol. 2, pp: 40-45.

31. **Taher-Maddah, M.; Maheri-Sis, N.; Salamatdoustnobar, R. and Ahmadzadeh, A., 2012b.** Comparing nutritive value of ensiled and dried pomegranate peels for ruminants using *in vitro* gas production technique. Annals of Biological Research. Vol. 3, pp: 1942-1946.

32. **Van Soest, P.; Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991.** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. Vol. 74, pp: 3583-3597.

33. **Vasta, V.; Nudda, A.; Cannas, A.; Lanza, M. and Priolo, A., 2008.** Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. Animal Feed Science and Technology. Vol. 147, pp: 223-246.