

## تأثیر پلی اتیلن گلیکول بر روی پارامترهای هضمی پوست پسته با استفاده از روش آزمایشگاهی

سمیه بخشی زاده<sup>۱</sup>، اکبر تقی زاده<sup>۲\*</sup>، حسین جانمحمدی<sup>۲</sup> و صادق علیجانی<sup>۲</sup>

۱. دانش آموخته گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۲. گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

### چکیده

هدف این تحقیق بررسی اثر سطوح مختلف پلی اتیلن گلیکول (PEG, MW ۶۰۰۰) بر فراسنجه های تولید گاز، انرژی قابل متابولیسم، گوارش پذیری ماده آلی و ناپدید شدن ماده خشک پوست پسته به روش آزمایشگاهی بود. پلی اتیلن گلیکول در سه سطح صفر، ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم به ازای هر ۳۰۰ میلی گرم ماده خشک پوست پسته استفاده شد. میزان گاز تولیدی و قابلیت هضم ماده خشک در ساعات ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت اندازه گیری و محاسبه گردید. داده های بدست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. تیمارهای حاوی پلی اتیلن گلیکول دارای تولید گاز بیشتری نسبت به تیمار شاهد بودند که این روند تا ساعات آخر انکوباسیون ادامه داشت ( $P < 0/05$ ). تیمارهای حاوی پلی اتیلن گلیکول از لحاظ مقادیر انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی دارای تفاوت معنی دار با تیمار شاهد بودند ( $P < 0/05$ ). در محاسبه ناپدید شدن ماده خشک، پس از ۴۸ ساعت انکوباسیون، پلی اتیلن گلیکول در سطح ۲ گرم بالاترین تجزیه پذیری ماده خشک را داشت ( $P < 0/05$ ). با توجه به نتایج بدست آمده افزایش در تولید گاز و قابلیت هضم ماده خشک نشان دهنده اثرات مثبت پلی اتیلن گلیکول در کاهش اثرات منفی تانن در پوست پسته می باشد.

کلمات کلیدی: پلی اتیلن گلیکول، پوست پسته، تانن، روش آزمایشگاهی

## مقدمه

در سال‌های اخیر بدلیل افزایش روز افزون نیاز به تولیدات دامی و همچنین کمبود مواد خوراکی، استفاده از پسماندها و فرآورده‌های فرعی در تغذیه حیوانات اهلی، مورد توجه خاص پرورش دهندگان و متخصصین تغذیه قرار گرفته است. از جمله ضایعات کشاورزی که در کشورمان دارای تولید بالایی هستند می‌توان به پوست پسته اشاره نمود. ایران با تولید ۲۰۰ هزار تن پسته در سال بعنوان بزرگ‌ترین تولید کننده جهانی این محصول است. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده بقایای حاصل از پوست‌گیری پسته به پسته خشک بین ۱/۲۵ تا ۲ برابر تعیین شده است. با در نظر گرفتن این میزان تولید و ضریب ۱/۶، میزان تولید بقایای پسته ۳۰۰۰۰۰ تن در سال برآورد می‌گردد. پسماندهای ناشی از فرآیند پوست‌گیری پسته تازه (شامل پوسته نرم خارجی، خوشه، برگ و به میزان جزئی مغز و پوست استخوانی) از جمله فرآورده‌های جنبی کشاورزی است که به دلیل قیمت مناسب و وجود مواد مغذی از جمله پروتئین خام (۹/۲ تا ۱۲/۳)، الیاف خام (۱۷/۵ تا ۱۹/۸)، خاکستر خام (۱۰/۹ تا ۱۲/۲)، چربی خام (۶ تا ۶/۶)، دیواره سلولی (۳۵/۸) و دیواره سلولی بدون همی سولز (۲۱/۶ تا ۲۷/۶) درصد ماده خشک بعنوان منبع بالقوه در تغذیه دام معرفی شده است (فضایی، ۲۰۰۵). پوست پسته، در کنار مواد مغذی ارزشمند، حاوی مقادیر قابل توجهی تانن می‌باشد. دکاندا و همکاران (۲۰۰۰) میزان کل تانن در گونه‌ای از پسته بنام *Pistachio lentiscus* را بیش از ۱۰ درصد برآورد کردند. مهدوی و همکاران (۱۳۸۷) میزان کل تانن را در پوست پسته خشک شده ۱۰/۶۷ درصد گزارش کردند، که این سطوح بالای تانن ممکن است باعث کاهش ارزش تغذیه‌ای شده و استفاده و جایگزینی بالا و کامل آن را در جیره غذایی دام‌ها محدود سازد.

ماکار (۲۰۰۴)، تانن‌ها را گروهی از مواد با قابلیت باند شدن به پروتئین‌ها در محیط آبی تعریف کرده است. تانن‌ها بر اساس نوع و غلظت و حیوان مصرف‌کننده اثرات مختلفی بر ارزش غذایی خوراک دارند (بن سالم و همکاران، ۲۰۰۲). در غلظت‌های بالا می‌توانند مصرف خوراک، قابلیت هضم پروتئین،

کربوهیدرات‌ها و دسترسی به برخی عناصر و عملکرد حیوان را کاهش دهد (علیپور و روزبهان، ۲۰۰۷). راهکارهای مدیریتی متفاوتی برای تعدیل اثرات تانن‌ها پیشنهاد شده که از این راهکارها می‌توان به خشک کردن، خرد کردن، استفاده از روش‌های شیمیایی و استفاده از عوامل باند شونده از قبیل پلی‌اتیلن گلیکول و پلی‌وینیل پیرولیدین اشاره نمود (باقری‌پور و همکاران، ۲۰۰۸). ترکیبات ذکر شده پیوندهای پیش تشکیل شده تانن- پروتئین را شکسته و پیوندهای غیرقابل برگشتی را با تانن تشکیل می‌دهند. در بین روش‌های فوق ذکر شده استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول یکی از کارآمدترین و کاربردی‌ترین روش‌ها برای کاهش اثرات تانن محسوب می‌شود. پلی‌اتیلن گلیکول، بعنوان یک پلیمر غیرسنتتیک می‌باشد که برای غیر فعال سازی تانن‌ها از طریق پیوند با تانن‌های متراکم و قابل هیدرولیز بکار گرفته می‌شود. بیشترین توانایی پلی‌اتیلن گلیکول برای پیوند با تانن در pH نزدیک به خنثی می‌باشد. استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول اثرات مفیدی بر روی بعضی از خوراکی‌های دامی از قبیل *Quercus*، *Pistachio Calliprinos*، *lentiscus* و *Acacia aneura* که حاوی تانن بالایی هستند دارد. باقری‌پور و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایشی نشان دادند که افزودن پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰، بر روی پسماندهای پسته به صورت تاره و خشک، باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم می‌شود. سیلانیکو و همکاران (۱۹۹۴، ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷) گزارش کردند که استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول، دسترسی مواد مغذی را برای میکروارگانیسم‌های شکمبه افزایش داده و عملکرد حیوان را افزایش می‌دهد. سیلانیکو و همکاران (۱۹۹۴، ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷) گزارش کردند که استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول، دسترسی مواد مغذی را برای میکروارگانیسم‌های شکمبه افزایش داده و عملکرد حیوان را افزایش می‌دهد.

روش‌های آزمایشگاهی که اولین بار بوسیله تیلی و تری (۱۹۶۹) بیان شد جهت ارزیابی گوارش‌پذیری گیاهان حاوی تانن و فرآوری شده، روش مناسبی بوده و همبستگی بالایی را با روش‌های درون تنی نشان می‌دهند. انگجی و همکاران (۱۳۸۴) همبستگی قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در

حرارتی، به مدت نیم ساعت در دمای ۳۹ درجه سانتیگراد گرم شده بودند. در هر شیشه حاوی تیمار آزمایشی، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط مایع شکمبه و بافر افزوده شد و بعد از بی‌هوازی نمودن داخل شیشه‌ها توسط دی‌اکسیدکربن درب شیشه‌ها توسط درپوش لاستیکی و پرس فلزی به طور محکم بسته شد. به منظور تصحیح گاز تولیدی با منشاء مایع شکمبه تعداد ۳ عدد شیشه بدون آنکه ماده غذایی ریخته شود و فقط دارای مایع شکمبه باشد در نظر گرفته شد. کل شیشه‌ها جهت اندازه‌گیری گاز تولیدی به داخل دستگاه انکوباتور شیکر با ۱۲۰ دور در دقیقه و دمای ۳۹ درجه سانتیگراد، منتقل شده و عمل قرائت و ثبت میزان گاز تولیدی ناشی از تخمیر مواد غذایی در ساعات ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بعد از عمل انکوباسیون انجام گرفت. حجم گاز تولیدی بر اساس وزن نمونه ماده خوراکی در هر زمان توسط رابطه زیر تصحیح گردید:

$$v = (vt - vb) \times 100lw$$

در این رابطه  $V$  = حجم گاز تصحیح شده بر حسب میلی‌لیتر به ازای هر گرم ماده خشک،  $Vt$  = حجم گاز تولیدی در شیشه‌های حاوی نمونه ماده خوراکی بر حسب میلی‌لیتر،  $Vb$  = حجم گاز تولید شده در شیشه‌های فاقد نمونه ماده خوراکی بر حسب میلی‌لیتر،  $W$  = وزن نمونه ماده غذایی بر حسب میلی‌گرم ماده خشک.

به منظور تعیین فراسنجه‌های تولید گاز از معادله ارسکوف و مکدونالد (۱۹۷۹) طبق فرمول  $P = b(1 - e^{-ct})$  برای تطبیق داده‌های حاصل از تولید گاز استفاده شد، که در این معادله،  $P$ ، تولید گاز در زمان  $t$ ،  $a$  تولید گاز بخش محلول،  $b$  تولید گاز بخش غیر محلول و محلول،  $c$  نرخ تولید گاز،  $t$  زمان تخمیر است. انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی خوراکی‌ها با استفاده از معادلات پیشنهادی منکی و استینگاش (۱۹۸۸) محاسبه شد.

در روش ناپدید شدن ماده خشک به روش آزمایشگاهی، مرحله اول تعیین تجزیه‌پذیری ماده غذایی همانند مرحله اول تولید گاز بود. بطوریکه ۳۰۰ میلی‌گرم از پوست پسته به همراه تیمارهای پلی‌اتیلن گلیکول مورد نظر ذکر شده در آزمایش تولید گاز وزن و در داخل شیشه‌های مخصوص ریخته شد.

پوش کشمش را با استفاده از دو روش درون تنی (*In vivo*) و برون تنی (*In vitro*) ۹۲/۲ درصد گزارش کردند. هدف از انجام این تحقیق، بررسی ترکیب شیمیایی و اثرات استفاده از سطوح مختلف پلی‌اتیلن گلیکول بر گوارش‌پذیری پوست پسته، با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی بود.

## مواد و روش‌ها

پوست پسته از کارخانجات پسته پاک‌کنی شهر قزوین (براساس آمارنامه جهاد کشاورزی سال ۱۳۸۷ میزان تولید پسته در این استان ۲۳۰۰ تن در سال می‌باشد) تهیه گردید. تجزیه تقریبی مواد خوراکی بر طبق روشهای پیشنهادی AOAC (۲۰۰۵) اندازه‌گیری شدند. کل ترکیبات فنولی، کل تانن‌های قابل استخراج، تانن‌های متراکم و تانن‌های قابل هیدرولیز با استفاده از روش ماکار (۲۰۰۰) مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت اندازه‌گیری تولید گاز از روش فدوراک و هرودی (۱۹۸۳) استفاده شد. در این روش ابتدا مواد خوراکی توسط آسیاب با قطر منافذ الک ۲ میلی‌متری بصورت یکنواخت آسیاب شد. مقدار ۳۰۰ میلی‌گرم از پوست پسته آسیاب شده با دقت توزین و به داخل شیشه‌های سرم استریل ۵۰ میلی‌لیتری منتقل گردید. پلی‌اتیلن گلیکول در سه سطح صفر (کنترل)، ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم به شیشه‌های سرم حاوی نمونه اضافه گردید. طبق روش ماکار (۲۰۰۰)، پلی‌اتیلن گلیکول ۲۴ ساعت قبل از تزریق مایع شکمبه، به ویال‌های حاوی نمونه پوست پسته اضافه و در معرض اتصال با تانن‌های پوست پسته قرار گرفت. برای هر تیمار در هر ساعت ۳ تکرار در نظر گرفته شد. مایع شکمبه حدود ۲ ساعت بعد از خوراک وعده صبحگاهی از ۲ گوسفند کانولاگذاری شده که به مدت یک ماه با جیره حاوی ۶۰ درصد مواد متراکم و ۴۰ درصد علوفه یونجه تغذیه شده بودند، توسط پارچه توری چهار لایه جمع‌آوری شده و در داخل فلاسک حاوی دی‌اکسیدکربن سریعاً به آزمایشگاه منتقل شد. قبل از انتقال مایع شکمبه به داخل شیشه‌های سرم، با بافر تهیه شده به روش مکدونالد (۱۹۸۴) به نسبت ۱ به ۲ (یک قسمت مایع شکمبه و دو قسمت بافر) مخلوط شد. شیشه‌های سرم قبل از انتقال مایع شکمبه و بافر، جهت جلوگیری از شوک

میانگین  $= \mu$ ، مقدار هر مشاهده،  $Y_{ij}$ ،  $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ ، کل،  $T_i =$  اثر تیمار و  $e_{ij} =$  خطای آزمایش است. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن صورت گرفت.

### نتایج و بحث

در سطح آزمایشگاه جهت ارزیابی اثرات پلی‌اتیلن گلیکول برای غیر فعال کردن اثرات منفی تانن، پلی‌اتیلن گلیکول بصورت نسبت مساوی با ماده خوراکی مورد آزمایش یا بیشتر (عمدتاً بصورت ۲ با ۱) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سطح مزرعه و به صورت عملی پلی‌اتیلن گلیکول بصورت‌های مختلف مانند افزودن به آب آشامیدنی، اسپری کردن بر روی جیره و غیره در سطح خیلی کمتر از ماده غذایی مورد آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای مثال پیر محمدی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که استفاده از ۳۱/۱۲ گرم پلی‌اتیلن گلیکول به صورت محلول در آب به ازای هر کیلوگرم تفاله انگور باعث کاهش اثرات منفی تانن و بهبود ارزش غذایی تفاله انگور می‌گردد. ترکیبات شیمیایی پوست پسته در جدول ۱ آورده شده است. مقدار پروتئین خام بدست آمده در این آزمایش ۱۱/۳ درصد می‌باشد که بالاتر از مقدار پروتئین خام (۱۰/۶۷ درصد) بدست آمده در آزمایش مهدوی و همکاران (۱۳۸۷) می‌باشد. آن‌ها همچنین مقادیر NDF و ADF را به ترتیب ۴۱/۷۵ و ۲۳/۴ درصد گزارش کردند که بالاتر از مقادیر بدست آمده در این آزمایش است. باقری‌پور و همکاران (۲۰۰۸) مقدار کل فنول، کل تانن، تانن متراکم و تانن قابل هیدرولیز برای پسماندهای پسته بترتیب ۱۳/۹ درصد، ۹/۷ درصد، ۰/۸۸۱ درصد و ۸/۳ درصد گزارش کردند که بالاتر از مقادیر بدست آمده برای پوست پسته در این آزمایش است.

شیشه‌های حاوی نمونه به ۶ سری تقسیم شدند: (۱) ساعت ۲، (۲) ساعت ۳، (۳) ساعت ۴، (۴) ساعت ۵، (۵) ساعت ۶ و (۶) ساعت ۹، به طوریکه در هر سری برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد و سپس به طریقه ذکر شده در روش تولید گاز مخلوط مایع شکمبه و بافر اضافه شده و در انکوباتور قرار داده شد. برای هر سری زمانی سه عدد شاهد (جمعاً ۱۵ عدد) فاقد نمونه ماده غذایی محتوی ۲۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه در انکوباتور قرار داده شد. این نمونه‌های خالی جهت تجزیه‌پذیری ماده خشک مورد استفاده قرار گرفت. شیشه‌های سری اول پس از ۲ ساعت به همراه ۳ عدد شیشه شاهد از انکوباتور خارج و به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۲۵۰۰ در دقیقه سانتیفریوژ شده و قسمت شناور آن را جدا کرده و قسمت باقیمانده آن با بافر فسفات هیدروژن سدیم، فسفات دی هیدروژن پتاسیم، نمک طعام و آب مقطر شستشو و باز به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۲۵۰۰ در دقیقه سانتیفریوژ گردید و مجدداً قسمت شناور جدا شده و باقیمانده به آن منتقل و پس از خشک شدن در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد، ماده خشک اندازه‌گیری شد و میزان ناپدید شدن ماده خشک آن‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (تقی‌زاده، ۲۰۰۴).

= ناپدید شدن ماده خشک

$$100 \times \left\{ \frac{\text{میانگین ماده خشک شاهد} - (\text{ماده خشک باقیمانده بعد آون}) - (\text{ماده خشک اولیه})}{\text{ماده خشک نمونه اولیه}} \right\}$$

برای تعیین میزان ناپدید شدن ماده خشک در ساعت صفر از کیسه‌های نایلونی استفاده شد به طوریکه ۵ گرم ماده غذایی در هر کیسه ریخته و پس از شستشو در زیر آب، میزان ماده خشک ناپدید شده محاسبه گردید. با استفاده از نرم افزار Neway، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری (بخش محلول، بخش غیر محلول و نرخ ثابت تجزیه) محاسبه شدند. برای محاسبه تجزیه‌پذیری مؤثر (ED) از فرمول:  $ED = a + (b \times c / c + r)$  استفاده شد. در این معادله،  $a$ : میزان تجزیه‌پذیری بخش محلول،  $b$ : میزان تجزیه‌پذیری بخش غیر محلول،  $c$ : نرخ ثابت تجزیه و  $r$ : نرخ عبور ( $r = 0.02$ ) است. اطلاعات حاصل توسط نرم افزار SAS (۲۰۰۲) با رویه GLM و در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفتند. مدل آماری طرح بصورت زیر بود:

جدول ۱- میانگین ترکیبات شیمیایی پوست پسته مورد آزمایش (درصد در ماده خشک  $\pm$  انحراف معیار)

ماده خوراکی	ماده خشک	پروتئین خام	خاکستر	NDF	ADF	TP	TT	CT	HT
پوست پسته	۲۲/۳۳ $\pm$ ۰/۴۷	۱۱/۳ $\pm$ ۰/۵۶	۱۵/۰۸ $\pm$ ۰/۲۱	۲۶/۲ $\pm$ ۰/۴۲	۱۸/۷ $\pm$ ۰/۸۴	۸/۲۹ $\pm$ ۰/۱۷	۴/۴۸ $\pm$ ۰/۶۲	۰/۴۹ $\pm$ ۰/۲۴	۳/۷۹ $\pm$ ۰/۱۵

TP: کل ترکیبات فنلی قابل استخراج (%). بر اساس اسید تانیک، TT: کل تانن‌های قابل استخراج (%). بر حسب اسید تانیک، CT: تانن‌های متراکم قابل استخراج (%). HT: تانن‌های قابل هیدرولیز (%). بر حسب اسید گالیک

رونک و همکاران (۱۹۹۱) نشان دادند که تانن‌های موجود در تفاله انگور اثرات زین‌آوری روی استفاده مواد مغذی گذاشته و تولید گاز را کاهش می‌دهد. جونز و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که تانن‌های متراکم رشد و جمعیت باکتری‌ها را کاهش داده و مورفولوژی فعالیت آنها را تغییر می‌دهد. همچنین آن‌ها نشان دادند که تانن‌ها باعث کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه و کاهش غلظت آمونیاک شده که این کاهش به علت مهار آنزیم‌های پروتئولیتیک (تریپسین) در شکمبه می‌باشد. پلی‌اتیلن گلیکول، بعنوان یک پلیمر غیرسنتتیک تمایل بالایی برای تشکیل باند با تانن داشته و پروتئین‌ها را از کمپلکس تانن-پروتئین خارج می‌کند (ماکار، ۲۰۰۴). اثرات مثبت استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول برای کاهش اثرات ضد تغذیه‌ای تانن بوسیله نوشته‌های متعددی آورده شده است. بن سالم و همکاران (۲۰۰۲) و گتاچو و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول در برگ‌های بلوط، باعث جداسازی تانن از پروتئین‌ها گشته و پارامترهای مربوط به تولید گاز و غلظت آمونیاک را در مایع شکمبه افزایش داده است. علیپور و روزبهان (۲۰۰۷) با انجام آزمایش *in vitro* روی تفاله انگور نشان دادند که افزودن ۲ گرم پلی‌اتیلن گلیکول به ازای هر گرم تفاله انگور، باعث افزایش ۳۸ درصدی تولید گاز و افزایش پارامترهای تولید گاز گردید. که دلیل این افزایش را مربوط به راندمان بالای استفاده مواد مغذی توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه و تولید بالای اسیدهای چرب فرار در حضور پلی‌اتیلن گلیکول نسبت دادند. همانطوری که از جدول ۳ مشخص است تیمارهای دارای پلی‌اتیلن گلیکول از لحاظ میزان پتانسیل تولید گاز دارای تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد بودند ( $P < 0.05$ ). با توجه به جدول ۳ افزودن پلی‌اتیلن گلیکول در سطح ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم باعث افزایش نرخ تولید گاز به ترتیب به میزان ۳۹/۲۸ و ۳۹/۴۶ درصد شد. مقادیر انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی در تیمارهای دارای پلی‌اتیلن گلیکول نسبت به تیمار شاهد بالا بود ( $P < 0.05$ ). افزایش قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم در اثر

مطابق با جدول ۲ پلی‌اتیلن گلیکول از همان ساعات شروع اولیه انکوباسیون، باعث افزایش معنی‌دار میزان تولید گاز نسبت به تیمار شاهد شده است ( $P < 0.05$ ). در ۸ ساعت انکوباسیون تیمارهای دارای پلی‌اتیلن گلیکول نسبت به تیمار شاهد دارای تولید گاز بالایی بودند. در ۲۴ و ۴۸ ساعت انکوباسیون هم‌چنان پلی‌اتیلن گلیکول در تمامی سطوح باعث افزایش تولید گاز نسبت به تیمار شاهد گردید ( $P < 0.05$ ). باقری‌پور و همکاران (۲۰۰۸) میزان گاز تولیدی برای پسماندهای پسته پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون را ۳۵ میلی‌لیتر در هر گرم ماده آلی گزارش کرد که پایین تر از مقدار مشاهده شده در این آزمایش است، این اختلاف در مشاهدات ممکن است به علت متفاوت بودن میزان تانن در دو تحقیق صورت گرفته شده می‌باشد. باقری‌پور و همکاران (۲۰۰۸) میزان کل تانن برای پسماندهای پسته را بالاتر از مقدار بدست آمده برای پوست پسته در این تحقیق گزارش کردند (۷/۹ درصد در مقابل ۴/۴۸ درصد) که از طریق اتصال با کربوهیدرات‌ها و آنزیم‌های تجزیه کننده این بخش، سرعت تجزیه را کاهش داده و به دنبال آن تولید گاز کاهش یافته است. در بین تیمارهای حاوی پلی‌اتیلن گلیکول از نظر میزان افزایش در تولید گاز در فازهای زمانی مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ) ولی روند افزایش به سمت افزایش در تیماری بود که نسبت پلی‌اتیلن گلیکول به پوست پسته ۲:۱ می‌باشد (تیمار C). این نتایج با یافته‌های باقری‌پور و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. آنها نتیجه گرفتند که بهترین سطوح پلی‌اتیلن گلیکول برای بازدارندگی اثرات منفی تانن و افزایش تولید گاز در پسماندهای پسته هنگامی است که پلی‌اتیلن گلیکول به نسبت ۲ گرم به ازای هر گرم ماده خشک پوست پسته استفاده شد. با توجه به اینکه مهم‌ترین خاصیت تانن‌ها قابلیت آن‌ها در ترکیب با پروتئین‌ها است موجب بازدارندگی عمل آنزیم‌ها شده و از طریق کاهش تجزیه‌پذیری کربوهیدرات‌ها، تولید گاز را در شکمبه حیوان کاهش می‌دهند (بن سالم و همکاران، ۲۰۰۲ و ماکار و سینگ، ۱۹۹۱). بن

درصد). افزایش نرخ ثابت تجزیه‌پذیری بواسطه افزودن پلی‌اتیلن گلیکول، احتمال دارد به این دلیل باشد که پلی‌اتیلن گلیکول باعث آزاد شدن باندهای تشکیل شده تانن با کربوهیدرات‌ها و سایر مواد مغذی گشته و به طبع آن باعث سهولت دسترسی میکروارگانسیم‌های شکمبه به کربوهیدرات‌ها گردیده است (علیپور و روزبهان، ۲۰۰۷).

### نتیجه‌گیری کلی

با اضافه شدن پلی‌اتیلن‌گلیکول بر روی پوست پسته در سطوح مختلف، میزان تولید گاز افزایش یافته که نشان دهنده حذف محدودیت به وجود آمده از طریق تانن می‌باشد. استفاده از ۶۰۰ میلی گرم پلی‌اتیلن‌گلیکول سبب افزایش ارزش غذایی پوست پسته گردید. البته بایستی آزمایشات زیادی تکرار شود تا سطح بهینه پلی‌اتیلن‌گلیکول برای خوراک مورد نظر در این تحقیق با اطمینان بیشتری برای تعمیم به مزارع و جیره بکار گرفته شود.

### سپاسگزاری

مؤلفان مراتب تشکر و سپاس خود را از مسؤولین محترم دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز که در حمایت و فراهم نمودن این تحقیق یاری رسانده‌اند اعلام می‌نمایند.

افزودن پلی‌اتیلن گلیکول به خوراک‌های حاوی تانن، توسط چندین محقق گزارش گردیده است (خزال و همکاران، ۱۹۸۴ و مادبیل و همکاران، ۲۰۰۶). باقری‌پور و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که افزودن پلی‌اتیلن گلیکول به نسبت ۲ گرم به ازای هر گرم ماده خشک پسماندهای پسته باعث افزایش ۱۰/۹۴ درصد و ۱۰/۹۹ درصد به ترتیب در قابلیت هضم ماده آلی و ماده آلی قابل هضم در ماده خشک به روش آزمایشگاهی شد.

میانگین داده‌های ناپدید شدن ماده خشک و ضرایب تجزیه‌پذیری پوست پسته با تیمارهای مورد آزمایش در جدول ۴ آورده شده است. همانطوری که مشاهده می‌شود پلی‌اتیلن گلیکول در فاز زمانی ۲ ساعت تأثیر معنی‌دار بر میزان ناپدید شدن ماده خشک نسبت به تیمار شاهد داشته است و بیشترین تأثیر را پلی‌اتیلن گلیکول بر افزایش ناپدید شدن ماده خشک در سطح ۶۰۰ میلی گرم دارا بود که این روند تا ۷۲ ساعت انکوباسیون ادامه داشت ( $P < 0.05$ ).

طبق جدول ۴ میزان تجزیه‌پذیری بخش محلول پوست پسته ۵۳/۸۲ درصد بود. مهدوی و همکاران (۱۳۸۷) مقادیر ضرایب تجزیه‌پذیری a پوست پسته را ۴۴/۶۹ درصد گزارش کردند که پایین‌تر از مقدار بدست آمده در این آزمایش می‌باشد. گریفین و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که میزان ماده خشک محلول (a) تحت تأثیر ساختمان فیزیکی گیاه، میزان دیواره سلولی، اجزای فیبری و مواد معدنی است. به طوری که هر چه اجزای فیبری کمتر باشد میزان اجزای محلول افزایش می‌یابد و نیز مواد غذایی که دارای مواد معدنی بیشتری هستند چون مواد معدنی محلول در آب هستند و به راحتی شسته می‌شوند از ماده خشک محلول بیشتری برخوردار هستند. میزان خاکستر خام پوست پسته بکار رفته در این مطالعه (۱۳/۰۸ درصد) بطور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از درصد خاکستر خام (۱۰/۷ درصد) پوست پسته مورد استفاده در مطالعه مهدوی و همکاران (۱۳۸۷) بود. پلی‌اتیلن گلیکول در تمامی سطوح باعث افزایش بخش محلول (a) نسبت به تیمار شاهد شده است ( $P < 0.05$ ) و بالاترین میزان بخش محلول با ۶۲/۷ درصد مربوط به سطح ۶۰۰ میلی‌گرم پلی‌اتیلن‌گلیکول بود. نرخ ثابت تجزیه‌پذیری ماده خشک بواسطه افزودن پلی‌اتیلن گلیکول افزایش یافت که سطح ۶۰۰ گرم پلی‌اتیلن‌گلیکول دارای بالاترین نرخ تجزیه‌پذیری بود (۰/۰۲۱).

جدول ۲- تأثیر سطوح مختلف پلی اتیلن گلیکول بر روی میزان تولید گاز پوست پسته در زمانهای مختلف انکوباسیون (میلی لیتر در گرم ماده خشک)

تیمبر	زمان انکوباسیون (ساعت)											
	۲	۴	۶	۸	۱۲	۱۶	۲۴	۳۶	۴۸	۷۲	۹۶	
A	۲۰/۱۶ <sup>b</sup>	۲۱/۷۸ <sup>b</sup>	۲۲/۷۶ <sup>b</sup>	۲۵/۰۸ <sup>b</sup>	۳۴/۸۲ <sup>b</sup>	۶۵/۹۱ <sup>b</sup>	۹۶/۹۹ <sup>b</sup>	۱۱۲/۹۲ <sup>b</sup>	۱۲۲/۴۷ <sup>b</sup>	۱۳۱/۸۶ <sup>b</sup>	۱۴۲/۷	
B	۳۱/۳۶ <sup>a</sup>	۳۶/۴۴ <sup>a</sup>	۳۷/۸۷ <sup>a</sup>	۳۰/۶۹ <sup>a</sup>	۶۴/۲۳ <sup>a</sup>	۱۰۰/۳۱ <sup>a</sup>	۱۳۵/۱ <sup>a</sup>	۱۵۹/۳۵ <sup>a</sup>	۱۷۵/۵۸ <sup>a</sup>	۱۸۸/۵۳ <sup>a</sup>	۱۹۵/۹۵ <sup>a</sup>	
C	۲۴/۱۸ <sup>c</sup>	۲۸/۳۳ <sup>c</sup>	۲۹/۸۷ <sup>c</sup>	۳۲/۱۳ <sup>c</sup>	۷۰/۶ <sup>c</sup>	۱۰۹/۸ <sup>c</sup>	۱۲۵/۲۷ <sup>c</sup>	۱۶۲/۵۳ <sup>c</sup>	۱۸۱/۶۳ <sup>c</sup>	۱۹۵/۷ <sup>c</sup>	۲۰۴/۲۳ <sup>c</sup>	
SEM	۰/۴۱	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۷۸	۲/۱۴	۲/۷۴	۳/۲	۵/۲۳	۵/۱۲	۵/۸۸	۶/۱۱	

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ است.

تیمبر A: تیمبر حاوی پوست پسته، تیمبر B: تیمبر حاوی پوست پسته + ۳۰۰ (mgPEG)، تیمبر C: تیمبر حاوی پوست پسته + ۶۰۰ (mgPEG)

جدول ۳- اثر سطوح مختلف پلی اتیلن گلیکول روی فراسنجه‌های تولید گاز، برآورد انرژی قابل متابولیسم و گوارش پذیری ماده آلی پوست پسته

		تیمار		
OMD <sup>4</sup>	ME <sup>3</sup>	c <sup>2</sup>	(a+b) <sup>1</sup>	
۳۸/۲ <sup>b</sup>	۵/۸۶ <sup>b</sup>	۰/۰۳۷۴ <sup>b</sup>	۱۵۱/۷ <sup>b</sup>	A
۴۴/۹۷ <sup>a</sup>	۶/۸۹ <sup>a</sup>	۰/۰۴۱۹ <sup>a</sup>	۲۲۴/۵ <sup>a</sup>	B
۴۵ <sup>a</sup>	۶/۹ <sup>a</sup>	۰/۰۴۱۸ <sup>a</sup>	۲۲۷/۰۷ <sup>a</sup>	C
۰/۶۱۲	۰/۰۷۵۴	۰/۰۰۰۳	۰/۵۴	SEM

۱. پتانسیل تولید گاز (میلی لیتر در گرم ماده خشک) ۲. نرخ تولید گاز (درصد در ساعت) ۳. انرژی قابل متابولیسم (MJ/kgDM) ۴. قابلیت هضم ماده آلی (%). تیمار A: تیمار حاوی پوست پسته، تیمار B: تیمار حاوی پوست پسته + (mgPEG) ۳۰۰، تیمار C: تیمار حاوی پوست پسته + (mgPEG) ۶۰۰ حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است



جدول ۴- تأثیر سطوح مختلف پلی اتیلن گلیکول روی تجزیه پذیری ماده خشک پوست پسته و فراسنج‌های آن با روش *in vitro*

RSD	مشخصه‌های تجزیه پذیری ماده خشک			زمان انکوباسیون (ساعت)					تیمار		
	ED	c	b	a	۹۶	۷۲	۴۸	۲۴		۱۲	۶
۱/۸۹	۶۸/۳ <sup>c</sup>	-۰/۱۱ <sup>c</sup>	۳۳/۸۳ <sup>b</sup>	۵۳/۸۳ <sup>a</sup>	۷۷/۵۷ <sup>b</sup>	۷۶/۹۴ <sup>c</sup>	۶۸/۳۴ <sup>b</sup>	۶۱/۵۶ <sup>c</sup>	۵۹/۳۳ <sup>b</sup>	۵۵/۴۴ <sup>c</sup>	A
۳/۷۸	۷۲/۳ <sup>b</sup>	-۰/۱۵ <sup>b</sup>	۳۳/۹۳ <sup>b</sup>	۵۹/۳۵ <sup>b</sup>	۸۲/۵۶ <sup>b</sup>	۸۰/۱۴ <sup>b</sup>	۷۵/۳۳ <sup>a</sup>	۶۷/۴۴ <sup>b</sup>	۶۶/۶۶ <sup>a</sup>	۶۵ <sup>b</sup>	B
۵/۸۳	۷۳ <sup>a</sup>	-۰/۲۱ <sup>a</sup>	۲۵/۱۳ <sup>a</sup>	۶۲/۱۳ <sup>a</sup>	۸۶/۶۴ <sup>a</sup>	۸۵/۲۳ <sup>a</sup>	۷۶/۵۵ <sup>a</sup>	۷۲/۳۴ <sup>a</sup>	۷۷/۱۵ <sup>a</sup>	۷۰/۵۵ <sup>a</sup>	C
-	۰/۱۳۶	-۰/۳۰۶	-۰/۶۵۴	-۰/۹۱۲	۲/۱۳	۲/۵۶	۲/۳۸	۱/۰۳	۱/۴۲	۱/۱۲	SEM

# در هر ستون شرف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.  
 A پخش معطل (درصد)، B پخش کند تجزیه (درصد)، C لایت نرخ تجزیه (نسبت در ساعت) ESD. احراف معیار خطا، ED تجزیه پذیری مؤثر (درصد)، تیمار A: تیمار حاوی پوست پسته، تیمار B: تیمار حاوی پوست پسته + (۳۰۰ mg PEG)، تیمار C: تیمار حاوی پوست پسته + (۶۰۰ mg PEG).

## منابع

- انگجی، ل. ۱۳۸۴. ارزیابی ارزش تغذیه‌ای پوش کشمش فرآیند شده با پلی اتیلن گلیکول و اوره در جیره گوسفند سنجابی به روش *in vivo* و *in vitro*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.
- مهدوی، ع، زاغری، م، زاهدی‌فر، م، نیکخواه، ع. و آقاشاهی، ع. ر. ۱۳۸۷. تعیین ارزش غذایی و بررسی امکان استفاده از سطوح مختلف پوسته پسته خشک شده بر عملکرد پروار بره‌های نژاد افشاری ایران. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پانزدهم، شماره پنجم.
- AOAC. 2005. Official Methods of analysis of AOAC international. AOAC International. Maryland, USA.
- Alipour, D., and Rouzbehan, Y. 2007. Effects of ensiling grape pomace and addition of Polyethylene glycol on *in vitro* gas production and microbial biomass yield. Journal of Animal Feed Science and Technology. 137: 138-149.
- Bagheripour, E., Rouzbehan, Y., and Alipour, D., 2008. Effects of ensiling, air-drying and addition of polyethylene glycol on *in vitro* gas production of Pistachio by products. Journal of Animal Feed Science and Technology. 146: 327-336.

- Ben Salem, H., Atti, N., Priolo, A., and Nefzaoui, A., 2002. Polyethylene glycol in concentrate or feed blocks to deactivate condensed tannins in *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage. 1. Effects on intake, digestion and growth by Barbarine lambs. *Journal of Animal Science*. 75, 127–135.
- Decandia, M., Sitzia, A., Cabiddu, M.A., Kababya, M.A., and Molle, M.A.S.G., 2000. The use polyethylene glycol to reduce the anti-nutritional effects of tannins in goats fed woody species. *J. Small. Rum. Res.* 38:157-164.
- Fedorak, P.M., and Hrudý, S.E., 1983. A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultivation serum bottles. *J. Environ. Technol. Lett.* 4: 425-435.
- Fazaeli, H. 2005. Determination of the digestibility and voluntary intake of diet containing different proportions of dried pistachio by-products. *Animal Science Research Institute, Karaj*. (In Farsi)
- Getachew, G., Makkar, H.P.S., and Becker, K., 2001. Method polyethylene glycol application to tannin containing browses to improve microbial fermentation and efficiency microbial protein synthesis from tannin containing browses. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 92: 51-57.
- Griffen, T.S., Cassida, K.A., Hesterman, O.B., and Rust, S.R., 1994. Alfaalfa maturity and cultivar effects on chemical and in situ estimates of protein degradability. *J. Crop Sci.* 34: 1654-1661.
- Jones, R.J., Meyer, J.H.F., Bechz, M., and Stoltz, M.A., 2000. An approach to screen potential pasture species for condensed tannin activity. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 4:267-277.
- Khazaal, K., Boza, J., and Ørskov, E. R., 1994. Assessment of phenolics-related antinutritive effects in Mediterranean browse: a comparison between the use of the invitro gas production technique with or without insoluble polyvinylpyrrolidone. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 49: 133-149.
- Madibela, O.R., Steishiro, O., and Mochankana, M.E., 2006. Deactivation effects tannins by polyethylene glycol on in vitro dry matter digestibility of colophospermum mopane (Mophane) and *Acacia* Browse Trees in Botswana. *Pakistan J. Nut.* 5: 343-347.
- Makkar, H.P.S. (ED), 2000. Quantification of tannin tree foliage. A Laboratory Manual for the FAO/IAEA co-ordinated Research Project on use of Nuclear and Related techniques to Develop Simple Tannin Assay for Predicting and Improving the safety and Efficiency of Feeding Ruminants on Tanniniferous Tree Foliage. Joint FAO/IAEA, FAO/IAEA of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. Animal Production and Health sub-programme, FAO/IAEA Working Document. IAEA, Vienna, Austria.
- Makkar, H.P.S., 2004. Recent advances in the in vitro gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources. *Assessing Quality and Safety of Animal Feeds*. FAO Animal Production and Health Series 160. FAO, Rome, pp. 55–88.
- Makkar, H.P.S., and Singh, B., 1991. Distribution of condensed tannins (proanthocyanidins) in various fractions of young and mature leaves of some oak species. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 32, 253–260.
- McDougall, E.L., 1948. The composition and output of sheep in saliva. *Journal of Biochemistry* 43:99-109. *Adv.*
- Menke, K.H., and Steingass, H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *J. Anim. Res.* 28:7-55.
- Ørskov, E.R., and McDonald, P., 1979. The estimation of protein digestibility in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric. Sci., Cambridge* 92: 499–503.
- SAS Inc., 2002. *Sas User's Guide: Statistics*. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC.
- Silanikove, N., Gilboa, N., Nir, I., Perevolotsky, A. and Nitsan, Z. 1996. Effect of a daily supplementation of polyethylene glycol on intake and digestion of tannin-containing leaves (*Quercus calliprinos*, *Pistacia lentiscus* and *Ceratonia siliqua*) by goats. *J. Agric. Food Chem.* 44: 199–205.
- Silanikove, N., Gilboa, N. and Nitsan, Z. 1997. Interactions among tannins, supplementation, and polyethylene glycol in goats fed oak leaves. *Journal of Animal Science*. 64: 479–483.
- Silanikove, N., Nitsan, Z. and Perevolotsky, A. 1994. Effect of polyethylene glycol supplementation on intake and digestion of tannin-
- Taghizadeh, A., 2004. The determination of fermentation characteristics of forage source with the nylon bag and gas production technique. *Proceeding of The Canadian Society of Animal Science*, p.134.
- Terry, R.A., Tilley, J.M.A., and Outen, G., 1969. Effect of pH on cellulose digestion under in vitro conditions. *J. Sci. Food Agriculture*. 20: 317-320.
- Yinrong, Lu. and Yeap Foo, L., 1999. The polyphenol constituents of grape pomace. *J. Food Chem.* 65 (1) : 1–8.