دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

بررسی و مقایسه ارزش تغذیه‌ای، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فراسنجه‌های هضم برون‌تنی دانه و کنجاله پسته کوهی

فاطمه گنجی[۱]، مسلم باشتنی[۲]، سیّد همایون فرهنگ‌فر[۲]، سیّد احسان غیاثی[۳] و حسین نعیمی‌پور یونسی[۳]

۱- پژوهشگر پسادکتری، گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، (نویسنده مسوول: f.ganji@birjand.ac.ir)
۲- استاد، گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
۳- استادیار، گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
تاریخ ارسال: ۹۹/۰۸/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۱۷
صفحه: ۶۱ تا ۷۱

چکیده

به‌منظور بررسی کینتیک تولید گاز در دانه و کنجاله پسته کوهی (بنه)، تولید گاز متان و تجزیه‌پذیری ظاهری ماده خشک از آزمایش‌های تولید گاز و Batch culture استفاده شد. تولید گاز نمونه‌ها در زمان‌های ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۲، ۲٤، ٤۸، ۷۲، ۹٦ و ۱۲۰ ساعت پس از انکوباسیون اندازه‌گیری و فراسنجه‌های تولید گاز، دی‌اکسید کربن، متان، زمان متناظر با نصف بیشینه تولید گاز ($t_{0.5}$) و فراسنجه‌های محاسباتی نظیر پروتئین میکروبی، تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و انرژی متابولیسمی آن‌ها برآورد شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بین دانه و کنجاله بنه به‌لحاظ ترکیب شیمیایی اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۵). هرچند در رابطه با ترکیبات فنولی کل اختلاف معناداری مشاهده نشد، ولی میزان تانن متراکم دانه بالاتر از کنجاله به‌دست آمد (p < ۰/۰۰۰۱). کنجاله بنه بالاترین نرخ تولید گاز را داشت (p<۰/۰۰۸). تعداد مول متان تولیدی در ۲٤ ساعت انکوباسیون دارای تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی بود. در مقایسه با کنجاله بنه، دانه بنه کمترین میزان متان تولیدی را به‌خود اختصاص داد (p<۰/۰۰۱). غلظت کل اسیدهای چرب فرار در دانه بنه نسبت به کنجاله بنه کاهش یافت (p<۰/۰۰۸). بالاترین میزان توده میکروبی در دانه بنه مشاهده شد (p<۰/۰۰۰۳). ضریب تفکیک در دانه و کنجاله بنه به‌ترتیب برابر با ٦/٤۸ و ۲/۹۲ بود. نتایج تحقیق بیانگر آن است که دانه و کنجاله بنه از پتانسیل هضمی نسبتاً خوبی برخوردار هستند و در صورت داشتن یک برنامه‌ریزی مناسب می‌توان از آن در جیره حیوانات نشخوارکننده استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تخمیر شکمبه، تولید گاز، دانه بنه، کنجاله بنه

مقدمه

در دو دهه گذشته استفاده از محصولات فرعی کشاورزی و بقایای صنایع غذایی به‌عنوان یکی از منابع تأمین خوراک دام مورد توجه قرار گرفته است (۲۸). با توجه به شرایط آب و هوایی و کمبود منابع آب در ایران، کشت ذرت و سویا که از مهمترین اقلام خوراکی مورد نیاز در تغذیه دام و طیور است، دارای محدودیت بوده و در آینده نزدیک با مشکلات بیشتری روبرو خواهد شد. لذا استفاده از سایر منابع پروتئینی موجود کمک قابل توجهی در رفع بخشی از مشکلات صنعت دامپروری خواهد کرد. کیفیت منابع پروتئینی تابعی از ترکیب اسیدهای آمینه، قابلیت هضم آنها و وجود مواد ضد تغذیه‌ای در آنها می‌باشد. مهمترین تامین‌کننده پروتئین جیره‌ها، کنجاله دانه‌های روغنی است که تحت تأثیر فرآیند روغن‌کشی، ترکیبات آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۳۷). نتایج حاصل از تحقیقات پیشین بیانگر این موضوع است که که میوه درخت بنه دارای ۲۵ درصد روغن و ۷۵ درصد کنجاله می‌باشد (۱۳). در این راستا استفاده از کنجاله پسته کوهی (بنه) به‌عنوان یک منبع پروتئینی می‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.

بنه درختی مرتفع با ارتفاع ۲ تا ۷ متر و عمری طولانی از جمله گونه‌های وحشی پسته می‌باشد که انتشار آن از جزایر قناری و کشورهای ساحل دریای مدیترانه شروع می‌شود و تا آسیای صغیر، سوریه، قفقاز، ایران، افغانستان و پاکستان امتداد می‌یابد. بنه در ایران در حد فاصل استان‌های فارس و کردستان به‌صورت انبوه و در بقیه نقاط کشور به‌صورت پراکنده دیده می‌شود. در مناطق کوهستانی ایران، به‌ویژه دامنه‌های زاگرس درخت بنه به وفور یافت می‌شود. به‌طوری که حدود ۲/۵ میلیون هکتار از جنگل‌های ایران، جنگل‌های بنه هستند. این درخت به‌طور معمول مقاومت بالایی در شرایط نامناسب و سخت اقلیمی را داراست که ویژگی خاصی برای آن محسوب می‌گردد. سه واریته برای بنه شناسایی شده است که عبارتند از موتیکا، کردیکا و کابولیکا. رایج‌ترین واریته بنه در ایران موتیکا است که بیش از ۹۵ درصد درختان بنه را بخود اختصاص داده است (۱۴).

مغز بنه بیش از ۶۵ درصد میوه بنه را شامل می‌شود و عمده روغن موجود در بنه از نوع اسیدهای چرب غیراشباع است که نزدیک به ۵۰ درصد از نوع دارای یک پیوند دوگانه، ۳۰ درصد دارای دو پیوند دوگانه و نزدیک به ۲ درصد دارای بیش از دو پیوند دوگانه هستند. مقدار کمی اسید چرب اشباع نیز در روغن بنه موجود است. مهمترین اسید چرب اشباع موجود در روغن بنه اسید پالمیتیک است که حدود ۱۰ درصد کل روغن بنه را شامل می‌شود. همچنین مقادیر ناچیزی اسید استئاریک (حدود ۲/۵ درصد) نیز در این روغن وجود دارد. نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع نزدیک به ۶ است (۱۴).

تأثیر روغن‌ها بر متانوژناسیون در مطالعات مختلف به‌طور چشمگیری متفاوت بوده است که به غلظت، نوع و ترکیب اسیدهای چرب در چربی مورد استفاده و همچنین به ترکیب

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.32.12.5]
[DOI: 10.52547/rap.12.32.61]

مواد مغذی جیره بستگی داشته است. مطالعات مختلف نشان دادند که وقتی اسیدهای چرب متوسط زنجیر مثل اسید کاپریک (C10:0)، اسید لوریک (C12:0) و اسید میریستیک (C14:0) به شکل خالص یا توسط ترکیباتی که غنی از این اسیدهای چرب هستند به محیط کشت (۱۱) افزوده شده و یا در شرایط درون‌تنی استفاده شده‌اند احتمالاً به‌دلیل اتصال این اسیدهای چرب به دیواره سلولی باکتری‌های شکمبه باعث کاهش متانوژنزها و فعالیت سلولولایتیک‌ها شده‌اند. علاوه‌بر این افزودن اسیدهای چرب بلند زنجیر غیراشباع مانند روغن ماهی و اسید دکوزاهگزاانوئیک به جیره نیز باعث کاهش تولید متان و کاهش بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای شده‌اند (۱۶).

میوه بنه بسته به شرایط محیطی و ژنتیکی غنی از ترکیبات فنلی می‌باشد. ترکیبات فیتوکمیکال موجود در بعضی از انواع پسته گالوتانین، فنل، فلاوونوئید، ترپینوئید، روغن‌های ضروری و رزین‌ها می‌باشند که خواص آنتی‌اکسیدانی آن‌ها به‌خاطر وجود این ترکیبات فیتوکمیکال گزارش شده است (۴۸). مقدار ترکیبات پلی فنلی در روغن پسته موتیکا ۸۱/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم است که نسبت به مقادیر گزارش‌شده برای روغن‌های کردیکا، زیتون و کانولا با مقادیر به‌ترتیب ۵۶/۵۱، ۱۵/۶۵ و ۴۵/۲۳ بیشتر است. مقدار این ترکیبات در روغن بنه موتیکا بیشتر از بنه کردیکا، روغن زیتون و کانولا است. بررسی خواص فیزیکوشیمیایی روغن مغز بنه نشان داده است مقادیر توکوفرول و فنل روغن مغز بنه فراتر از سایر روغن‌های گیاهی است (۱۴). هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه ترکیبات شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و تولید توده میکروبی دانه و کنجاله پسته کوهی (بنه) در شرایط آزمایشگاهی است.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش دانه بنه از کوهپایه‌های اطراف شهرستان بیرجند جمع‌آوری و خشک گردید. کنجاله بنه مورد استفاده شامل پوسته نرم رویی، مقدار جزئی مغز و پوسته استخوانی بود که از کارخانه روغن‌کشی فرابکر بیرجند تهیه شد. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در درجه حرارت محیط و بدون تابش مستقیم نور خورشید خشک شد. سپس نمونه‌های هواخشک، آسیاب و با غربال ۱ میلی‌متری الک شد و برای انجام مراحل بعدی از این نمونه‌ها استفاده شد. تجزیه تقریبی مواد خوراکی برای ماده خشک، پروتئین خام، دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز، چربی خام و انرژی خام بر طبق روش‌های پیشنهادی AOAC (۲۰۰۵) و کل ترکیبات فنلی و کل تانن‌های قابل استخراج (TT) با استفاده از روش ماکار (۳۴) مورد ارزیابی قرار گرفتند. به‌منظور بررسی کنتیک تولید گاز در دانه و کنجاله بنه، تولید گاز متان و تجزیه‌پذیری ظاهری ماده خشک (۴) از آزمایش تولید گاز به روش نیمه‌اتوماتیک (۳۶) با ۱۲ تکرار استفاده شد. سپس بر اساس روش اصلاح‌شده Blummel و همکاران (۴) معادل ۵۰۰ میلی‌گرم از هر ماده خوراکی و ۵۰ میلی‌لیتر مخلوط مایع شکمبه و بزاق مصنوعی در شیشه‌های ۱۲۰ میلی‌لیتری بی‌هوازی قرار داده شد. فشار ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت از آغاز انکوباسیون بر اساس کیلوپاسکال اندازه‌گیری شده و معادل حجمی در فشار و دمای استاندارد (۲۴ درجه سانتی‌گراد و ۱ اتمسفر) تبدیل شد. برای اندازه‌گیری ماده خشک هضم‌شده حقیقی و میزان متان تولیدی از محیط کشت و شرایط روش تولید گاز به شیوه Batch culture با سه تکرار برای هر فراسنجه استفاده شد. بدین منظور در زمان‌های ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت نمونه‌گیری از محیط کشت به‌عمل آمد.

گاز تولیدی در زمان‌های۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت برای اندازه‌گیری گاز متان توسط سرنگ‌های ایزوله نمونه‌برداری شده و توسط سیستم الکترونیکی مجهز به حسگر استاندارد گاز متان به‌منظور تعیین غلظت گاز مذکور مورد آزمایش قرار گرفت و گاز تولیدی مجتمع به‌صورت متوالی تخلیه شد (۱۹).

معادلات و روش‌های آماری

از مدل نمایی شفولد (۴۲) $P=v(1-exp(-k(t-lag)))$ برای برازش داده‌های تولید گاز با به‌کارگیری روش مقایسات گوسن–نیوتن در رویه Nlin نرم‌افزار آماری SAS به روش رگرسیون غیرخطی (۴۵) استفاده گردید. در این مدل P گاز تولیدی، V گاز مرتبط با سوبسترای دارای پتانسیل تخمیر، K نرخ تولید گاز در زمان و Lag با مفهوم زمان مربوط به فاز تأخیر به‌کار رفت. همچنین میزان اسیدهای چرب فرار بر اساس گاز تولیدی در ۲۴ ساعت انکوباسیون از معادله Getachew و همکاران (۱۸) با ضریب تبیین $R^2=0.935$ نیز سنتز پروتئین میکروبی بر اساس گاز تولیدی در زمان متناظر با تولید نصف بیشینه گاز تولیدی ($t_{0.5}$) یعنی زمانی که نرخ تجزیه میکروارگانیسم‌ها کمینه می‌باشد (۴) از روابط زیر محاسبه شد.

(رابطه ۱)

$$VFA= (GP_{24/0.5} \times 0.0239) - 0.0601$$

$GP_{24/0.5}$= گاز تولیدی (میلی‌لیتر در ۲۴ ساعت به ازاء نیم‌گرم ماده خشک)

VFA= کل اسیدهای چرب فرار (میلی‌مول)

(رابطه ۲)

$t_{0.5}$ × (فاکتور تسهیم ظاهری –۲/۳۴) =پروتئین میکروبی

فاکتور تسهیم ظاهری به‌صورت نسبت سوبسترای تجزیه‌شده ظاهری (میلی‌گرم) به حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر) در زمان بیان می‌شود (۴).

مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم با استفاده از رابطه‌های ذیل برآورد شدند (۳۸).

(رابطه ۳)

= اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول)
۰/۰۲۲۲Gas − ۰/۰۰۴۲۵

(رابطه ۴)

ME=۱/۰۶+ ۰/۱۵۷ GP + ۰/۰۰۸ CP + ۰/۰۰۲۲ EE + ۰/۰۰۸۱ Ash

(رابطه ۵)

OMD = ۹ + ۰/۹۹۱ GP + ۰/۰۵۹۵ CP + ۰/۰۱۸۱ Ash

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.32.12.5]
[DOI: 10.52547/rap.12.32.61]

ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم)، OMD: قابلیت هضم ماده آلی (درصد)، CP: پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، OM: ماده آلی (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، Ash: خاکستر (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، EE: چربی خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، Gas: تولید گاز در ۲۴ ساعت تخمیر پایه.

مقایسه تیمارها بر اساس ارزیابی میانگین اندازه‌گیری‌های مکرر در طول زمان در قالب طرح‌های کاملاً تصادفی فراسنجه‌های مدل‌های غیرخطی و مقادیر محاسبه‌شده در زمان ثابت با مدل آماری زیر و با رویه GLM و نرم‌افزار SAS و آزمون توکی استفاده شد (۴۵).

(رابطه ۶)

$$Y_{ijk}=\mu+T_i+t_k+\delta_{ij}+(T*t)_{ik}+e_{ijk}$$

در مدل فوق Y_{ijk} مشاهده ijk ام، μ میانگین و T_i، t_k، δ_{ij}، $(T*t)_{ik}$ و e_{ijk} به‌ترتیب شامل اثر تیمار، اثر زمان، کوواریانس بین اندازه‌گیری‌ها در هر تیمار، اثرات متقابل زمان k و تیمار i و خطای تصادفی یا واریانس بین اندازه‌گیری‌های j در هر تیمار i در زمان k بود.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

میانگین ترکیب شیمیایی دانه و کنجاله بنه مورد آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده کنجاله بنه مورد استفاده در این آزمایش حاوی ۱۱/۸۹ درصد پروتئین خام و ۷/۷۳ درصد چربی خام بود. میزان پروتئین خام دانه بنه ۸/۹۳ به‌دست آمد. همسو با این نتایج، در مطالعه‌ای دیگر میزان پروتئین خام دانه بنه ۸/۲۰ درصد گزارش شد (۴۷)؛ با این حال مشایخی و همکاران (۳۵) میزان پروتئین خام دانه بنه را ۱۴/۶۲ درصد گزارش کردند که با نتایج این آزمایش مغایرت دارد. در آزمایشی دیگر میزان پروتئین خام پوسته پسته را ۰/۵۵± ۱۶/۲۱ درصد گزارش شد (۳). همچنین سلیمان بیگی و ارزه‌گر (۴۷) در بررسی خواص شیمیایی و شاخص‌های غذایی بنه در مقایسه با زیتون، آفتابگردان و کانولا، میزان چربی خام بنه را در محدوده ۲۳/۳ تا ۳۰/۳ درصد گزارش کردند. نتایج مشایخی و همکاران (۳۵) میزان چربی خام دانه بنه را ۲۳/۵۴ درصد نشان داد. میزان چربی خام دانه بنه در این آزمایش ۲۵/۴۰ درصد بود که با نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات پیشین همخوانی دارد. در مطالعه‌ای دیگر، میانگین چربی خام پوسته پسته ۰/۸۸± ۶/۳۲ درصد گزارش گردید (۳). میزان خاکستر دانه و کنجاله بنه به‌ترتیب ۲/۳۹ و ۹/۲۸ درصد به‌دست آمد. طی آزمایش هایی میزان خاکستر دانه بنه ۲/۰۷ درصد (۴۷) و ۳/۵ درصد (۳۵) و میزان خاکستر پوشش مغز پسته ۶/۲۲ درصد (۱۲) گزارش شده است. وجود مغایرت بین نتایج به‌دست‌آمده از آزمایشات مختلف می‌تواند به‌دلیل تفاوت در شرایط محیطی، واریته و ویژگی‌های خاک و رسیدگی محصول باشد (۳۲).

میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی دانه بنه به‌ترتیب ۵۴/۳۸ و ۳۲/۴۲ درصد و کنجاله ۴۱/۰۴ و ۳۱/۰۸ درصد به‌دست آمد. میزان NDF و ADF پوشش مغز پسته را به‌ترتیب ۴۵/۱۴ و ۴۰/۷۲ درصد گزارش شد (۱۲). در بررسی دیگری، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی پوسته پسته به‌ترتیب ۰/۱± ۲۵ و ۰/۳± ۲۰/۳۷ درصد گزارش شده است (۳). محتوی انرژی خام دانه بنه بیشتر از کنجاله بنه به‌دست آمد (۵۶۶۶/۰۵ در مقابل ۴۳۵۹/۰۲ کالری بر گرم) که ارتباط مستقیمی با درصد بالای چربی خام در دانه بنه دارد.

ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج مربوط به ترکیبات فنولی کل، تانن کل، ترکیبات فنولی غیرتانینی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دانه و کنجاله بنه در جدول ۲ آمده است. بین دانه و کنجاله بنه به‌لحاظ ترکیبات فنولی کل اختلاف معنادار آماری مشاهده نشد. کنجاله بنه بیشترین غلظت تانن قابل هیدرولیز ($p<۰/۰۰۰۱$)، تانن کل ($p<۰/۰۰۰۱$) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ($p<۰/۰۳۶$) را داشت. با وجود پایین‌تر بودن میزان تانن کل در دانه بنه ($p<۰/۰۰۰۱$) ولی میزان تانن متراکم دانه بنه بالاتر از کنجاله بنه به‌دست آمد ($p < ۰/۰۰۰۱$). دانه بنه نزدیک به ۱/۶۲ درصد تانن کل داشت که نزدیک به ۸۱/۵ درصد آن به فرم تانن متراکم بود. در مطالعه‌ای که توسط میرحیدری و همکاران (۴۰) انجام شد، بخش عمده (حدود ۶۳ درصد) از تانن موجود در پسماند پسته پاک‌کنی از نوع تانن قابل هیدرولیز بود. بررسی‌ها نشان داده است که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مواد خوراکی با محتوی پلی‌فنول‌های آن‌ها مرتبط است (۲۱ و ۵۱). دانه بنه بسته به شرایط محیطی و ژنتیکی غنی از ترکیبات فنلی است (۸). ترکیبات فنلی با وزن مولکولی زیاد (تانن‌ها) توانایی زیادی برای پاکسازی رادیکال‌های آزاد دارند و این توانایی بیشتر بستگی به تعداد حلقه‌های آروماتیک و ماهیت گروه‌های جابجا شونده هیدروکسیل دارد (۳۱). افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند اثرات مثبتی بر سلامت دام‌ها به‌ویژه در شرایط تنش (تنش‌های متابولیکی و گرمایی) داشته باشد (۲۸).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.32.12.5]
[DOI: 10.52547/rap.12.32.61]

جدول ۱- ترکیب شیمیایی دانه و کنجاله بنه (درصد ماده خشک)

Table 1. Chemical compositions of Pistacia atlantica seed and meal (% DM)

تیمار	ترکیب شیمیایی						
	ماده خشک	پروتئین خام	چربی خام	خاکستر	الیاف نامحلول در شوینده خنثی	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	انرژی خام
کنجاله بنه	۹۹/۰۲^{a}	۱۱/۸۹^{a}	۷/۷۳^{b}	۹/۲۸^{a}	۴۱/۰۴^{b}	۳۱/۰۸	۴۳۵۹/۰۲^{b}
دانه بنه	۹۷/۲۹^{b}	۸/۹۳^{b}	۲۵/۴۰^{a}	۲/۳۹^{b}	۵۴/۳۸^{a}	۳۲/۴۲	۵۶۶۶/۰۵^{a}
SEM*	۰/۱۰۲	۰/۱۹۹	۰/۴۶۸	۰/۱۹۲	۰/۹۴۷	۰/۷۲۸	۱/۵۳۱
P-value**	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۸۸	۰/۰۰۰۱

حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار (p<۰/۰۵) است.
* اشتباه معیار میانگین ** احتمال معنی‌داری

جدول ۲- ترکیبات فنولی کل و تانن کل و ترکیبات فنولی غیرتانینی دانه و کنجاله بنه (درصد)

Table 2. Total phenols (TP), total tannins (TT) and non-tannin phenols (NTP) of Pistacia atlantica seed and meal (%)

تیمار	ترکیبات فنولی (٪)					
	کل فنول	کل تانن	تانن متراکم	تانن قابل هیدرولیز	فنول‌های غیرتانینی	فعالیت آنتی‌اکسیدانی
کنجاله بنه	۲/۱۷	۱/۷۳^{a}	۱/۱۵^{b}	۰/۵۷^{a}	۰/۴۴^{b}	۷۰/۸۷^{a}
دانه بنه	۲/۰۸	۱/۶۲^{b}	۱/۳۲^{a}	۰/۳۰^{b}	۰/۴۶^{a}	۶۱/۳۸^{b}
SEM*	۰/۰۳۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۲/۱۷۳
P-value**	۰/۱۲۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۷	۰/۰۳۶

حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار (p<۰/۰۵) است.
* اشتباه معیار میانگین ** احتمال معنی‌داری

تولید گاز

روند تولید گاز تیمارهای آزمایش طی ساعت‌های مختلف انکوباسیون در شکل ۱ نشان داده شده است. نمودار الگوی گاز تولیدشده نشان‌دهنده تولید گاز بیشتر کنجاله بنه در زمان‌های مختلف انکوباسیون در مقایسه با دانه بنه است. منحنی تولید گاز شامل سه بخش است؛ بخش اول مرحله بطئی خیس‌خوردن و چسبیدن میکروب‌ها. بخش دوم مرحله نمایی که بیانگر هضم آنزیمی است و بخش سوم که مرحله کاهش تولید گاز است که همزمان با کاهش سوبسترا صورت می‌گیرد. تولید مقدار اندکی گاز در مراحل پایانی می‌تواند مربوط به مورد استفاده قرار گرفتن لاشه میکروارگانیسم‌های مرده باشد (۳۹). در این آزمایش نیز منحنی تولید گاز از الگوی فوق تبعیت می‌کند. روند تولید گاز نشان داد که این روند تا زمان ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون با شیب تندی صورت گرفت، اما از زمان ۲۴ به بعد افزایش تولید گاز با شیب کمتری صورت گرفت.

فراسنجه‌های تولید گاز

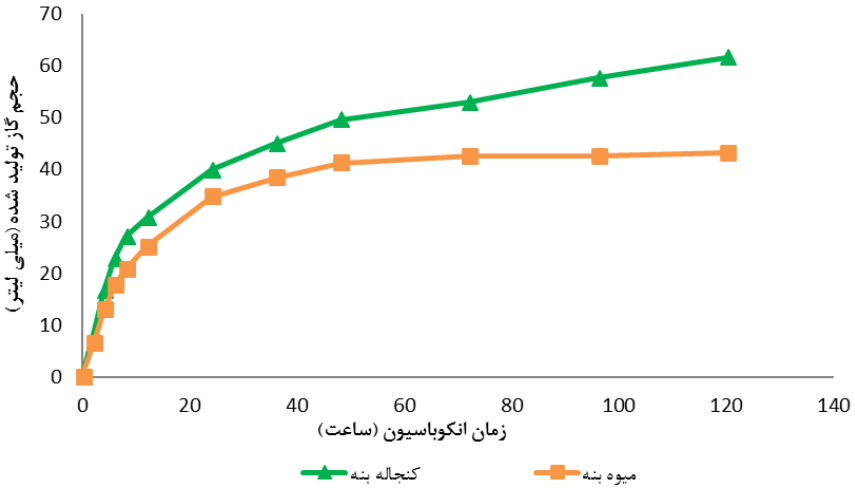
فراسنجه‌های تخمینی مدل نمایی شفولد (۴۶) بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش تولید گاز و فراسنجه‌های محاسباتی مرتبط با زمان $t_{0.5}$ (نیمه عمر تولید گاز که کشت میکروبی در شرایط بسیار بهینه قرار دارد)، در جدول ۳ گزارش شده است. براساس این نتایج تفاوت الگوی تخمیر از دیدگاه نرخ و پتانسیل تولید گاز بین تیمارهای آزمایشی به‌لحاظ آماری معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). کنجاله بنه نرخ تولید گاز بالاتری نسبت به دانه بنه داشت (p<۰/۰۰۰۱).

تفاوت در میزان فراسنجه‌های تخمیر به‌دست‌آمده برای مواد خوراکی مورد آزمایش ناشی از تفاوت در ترکیب شیمیایی آن‌ها و تأثیری است که بر جمعیت میکروبی و شرایط کشت می‌گذارند. نتایج حاصل از آنالیز ترکیب شیمیایی دانه و کنجاله بنه حاکی از بالابودن مقدار چربی خام در دانه بنه در مقایسه با کنجاله بنه می‌باشد (۲۵/۴ درصد در مقایسه با ۷/۵۸ درصد). بر این اساس دانه بنه با دارابودن ۲۵/۴ درصد چربی خام تولید گاز کمتری در مقایسه با کنجاله بنه داشت. تحقیقات مختلفی در رابطه با تأثیر منفی روغن‌های غیراشباع بر تخمیر شکمبه‌ای به‌خصوص بخش فیبری جیره غذایی و جمعیت باکتریایی انجام شده است (۲۷). نتایج صفری و همکاران (۴۴) نشان داد کل گاز تولیدی و تولید گاز در ۲۴ ساعت اول انکوباسیون در شرایط آزمایشگاهی در اثر افزودن روغن ماهی محافظت‌نشده به جیره کاهش معنی‌داری یافت. تاثیر نامطلوب روغن ماهی محافظت‌نشده بر تخمیر شکمبه‌ای ماده آلی به‌صورت معنی‌داری نمایان شد. استفاده از ۶ درصد روغن انار میزان تولید متان را به‌طور معنی‌داری کاهش داد در حالی که مقادیر کمتر آن تاثیر معنی‌داری بر تولید گاز متان نداشت (۲۹). تفاوت‌ها در نتایج آزمایشات مختلف ناشی از تفاوت در منبع چربی مورد استفاده، درصد چربی استفاده‌شده، گونه نشخوارکننده، شرایط آزمایشی، جیره مورد استفاده برای دام فیستولاگذاری‌شده و سوبسترای پایه می‌باشد.

نرخ تولید گاز (c) مربوط به نرخ تجزیه ماده خشک است. افزایش نرخ به‌وجودآمده در گاز تولیدی در واحد زمان برآیندی از سلسله وقایع بیوشیمیایی رخ داده در محیط کشت ثابت تولید گاز می‌باشد.

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۳ زمان $t_{0.5}$ تولید گاز در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۰۰۱). در محیط حاوی کنجاله بنه $t_{0.5}$ یا نقطه عطف کاهشی منحنی تولید گاز افزایش یافت. این افزایش می‌تواند به‌معنای حفظ شرایط بهینه محیط کشت به‌لحاظ بافری به‌مدت طولانی‌تری باشد که احتمالاً به‌دلیل پایین‌بودن میزان روغن و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کنجاله نسبت به دانه بنه بوده است. گزارش شده است که اسیدهای چرب غیراشباع دارای اثر ضدمیکروبی بر عملکرد شکمبه در شرایط in vivo و in vitro می‌باشند (۲۵).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.32.12.5]
[DOI: 10.52547/rap.12.32.61]



شکل ۱- نمودار الگوی تولید گاز تیمارها در زمان‌های مختلف انکوباسیون (به ازای ۵۰۰ میلی‌گرم نمونه)
Figure 1. Gas production profile for treatments during different incubation times (500 mg sample)

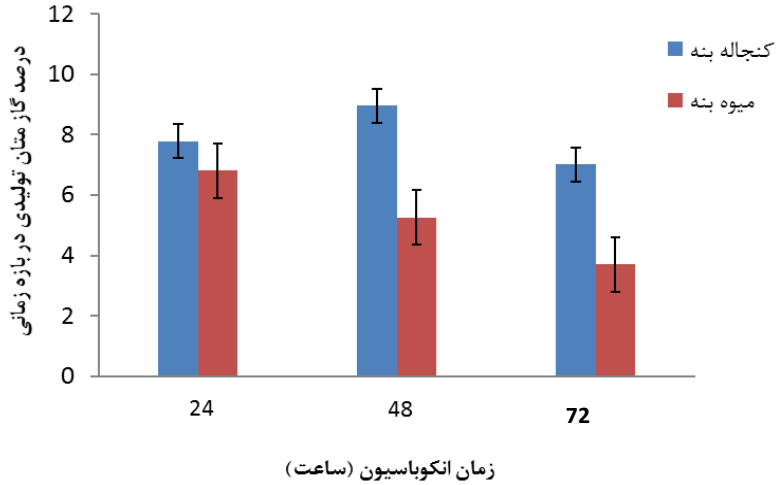
جدول ۳- فراسنجه‌های برآورد شده در تولید گاز و مجموع گاز تولیدی (میلی‌لیتر در ۵۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)
Table 3. Gas production parameters and cumulative gas production (ml/500 mg DM)

تیمار	b	c	$T_{0.5}$	$G_{0.5}$	Gas120 (ml/g incubated DM)
کنجاله بنه	۵۲/۹۳^{a}	۰/۰۷^{b}	۹/۶۸^{a}	۲۷/۴۰^{a}	۶۱/۳۸^{a}
دانه بنه	۴۲/۱۶^{b}	۰/۰۸^{a}	۸/۵۸^{b}	۲۱/۰۸^{b}	۴۳/۱۲^{b}
SEM*	۰/۴۸۲	۰/۰۰۰۹	۰/۱۱۷	۰/۲۴۱	۲/۰۲۵
P-value**	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲

b= پتانسیل تولید گاز c= نرخ تولید گاز در ساعت $T_{0.5}$: زمان $t_{0.5}$ (ساعت) $G_{0.5}$: کل گاز تولیدی در زمان $t_{0.5}$
حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار (p<۰/۰۵) است. * اشتباه معیار میانگین ** احتمال معنی‌داری

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر درصد گاز متان تولیدی در بازه‌های زمانی مختلف

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر درصد گاز متان تولیدی در بازه‌های زمانی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر درصد گاز متان تولیدی در بازه‌های زمانی
Figure 2. Effect of treatments on percentage of methane production in time periods

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.32.12.5]
[DOI: 10.52547/rap.12.32.61]

در ساعات ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت دانه بنه کمترین میزان تولید متان را به‌خود اختصاص داد و بیشترین متان تولیدی در کنجاله بنه مشاهده شد (p<۰/۰۵).

تولید گاز متان در نشخوارکنندگان محصول نهایی تخمیر شکمبه‌ای بوده که علاوه بر هدرروی انرژی خوراک هضم‌شده، باعث افزایش این گاز در جو می‌شود. نشخوارکنندگان در هر روز می‌توانند ۲۵۰ تا ۵۰۰ لیتر گاز متان تولید کنند که به‌تبع آن نزدیک به ۲ تا ۱۲ درصد از انرژی خام مصرفی را به‌صورت متان از دست می‌دهند در نتیجه راندمان تولید در این دام‌ها به‌طور نزدیکی با تولید متان در ارتباط است (۲۶).

در نشخوارکنندگان دو مکانیسم اصلی برای تولید گاز متان وجود دارد، مقدار کربوهیدرات تخمیرشده در حفره‌نگاری–شکمبه‌ای که بر تعادل بین نرخ کربوهیدرات تخمیری و نرخ عبور آن تاثیر می‌گذارد و مقدار ذخیره هیدروژن قابل دسترس که نسبت اسیدهای چرب فرار تولیدی را برای تولید متان تنظیم می‌کند (۲۶).

پنج احتمال برای کاهش تولید متان در اثر افزودن چربی به جیره بیان شده است: ۱) کاهش هضم الیاف (خصوصا اسیدهای چرب بلند زنجیر)، ۲) کاهش مصرف خوراک (در صورتی که چربی کل جیره از ۷–۶ درصد تجاوز کند)، ۳) کاهش متانوژنزها، ۴) کاهش جمعیت پروتوزوآهای شکمبه و ۵) افزایش فرآیند بیوهیدروژناسیون (۳۳).

دانه بنه مورد استفاده در این آزمایش حاوی ۱۶/۵۹ درصد اسید چرب اشباع، ۷۱/۰۸ درصد اسید چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه، ۱۱/۲۲ درصد اسید چرب غیراشباع با دو پیوند دوگانه و ۰/۸۸ درصد اسید چرب غیراشباع با سه پیوند دوگانه بود (۱۷). تحقیقات پیشین نشان داده است که مکمل‌سازی جیره با روغن‌های گیاهی و روغن ماهی که غنی از اسیدهای چرب غیراشباع هستند منجر به کاهش DMI[1] در نشخوارکنندگان می‌شوند (۵۰). اسیدهای چرب غیراشباع دارای چند پیوند دوگانه، بیشتر از اسیدهای چرب غیراشباع حاوی یک پیوند دوگانه برای میکروب‌های شکمبه سمی هستند و تاثیر کاهشی چربی بر میزان تولید متان با افزایش درجه غیراشباعیت اسیدهای چرب افزایش می‌یابد (۲۰) چربیهای غیراشباع نسبت به چربی‌های اشباع در کاهش تولید متان بسیار قویتر هستند. Dohme و همکاران (۱۱) تاثیر اسیدهای چرب مختلف را بر میزان تولید متان مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که افزودن اسیدهای چرب C 16:0 و C 18:0تاثیر معنی‌داری بر تولید گاز متان در شکمبه نداشت. مقدار متان آزادشده در تیمارهای حاوی اسیدهای چرب C 16:0 و C 18:0 حدود ۲۵ درصد بیشتر از تیمار حاوی اسید چرب C 18:2بود و در تیمارهای حاوی اسیدهای چرب C 14:0 و C 12:0تولید متان ۱۸ درصد بیشتر از تیمارهای حاوی اسیدهای چرب C16:0 و C18:0 بود. سزرکاوسکی (۷) نیز نشان داد که استفاده از اسیدهای چرب در جیره موجب مهار تولید متان می‌گردد. Glasser و همکاران (۲۲) نشان دادند کاهش در متان تولیدی با افزودن اسیدهای چرب غیراشباع می‌تواند به‌دلیل پذیرش الکترون این اسیدهای چرب در حین عمل بیوهیدروژناسیون باشد.

علاوه بر تاثیر چربی‌ها در کاهش تولید گاز متان، تحقیقات زیادی تأثیر ترکیبات فنلی و تانن را بر کاهش میزان تولید گاز متان (۲ تا ۵۸ درصد) را گزارش کرده‌اند. این اختلاف بیشتر مربوط به نوع تانن و منبع گیاهی مورد استفاده ذکر شده است (۶). صفائی و همکاران (۴۳) افزایش حدود ۵ برابری مقدار تولید گاز متان در تفاله لیموترش در مقایسه با تفاله انگور را به بالابودن میزان کربوهیدرات‌های غیرالیافی و کمترشدن ترکیبات فنلی به‌ویژه تانن‌های متراکم در تفاله لیموترش مرتبط می‌دانند. Tavendale و همکاران (۴۹) مهار رشد باکتری‌های متانوژنز را به خاصیت باکتریواستاتیکی و باکتریوسیدی تانن‌های متراکم مربوط می‌دانند (۴۹). درحالیکه Goel و همکاران (۲۳) بیان کردند که تانن‌های قابل هیدرولیز نسبت به تانن متراکم منجر به کاهش بیشتر جمعیت باکتری‌های متانوژن و یا میکروارگانیسم‌هایی که تولید بیشتر یون هیدروژن می‌کنند، می‌شوند (۲۳). Jayanegara و همکاران (۲۴) نیز بیان کردند که تانن‌های متراکم تولید گاز و قابلیت هضم ماده آلی را بیشتر از تانن‌های قابل هیدرولیز کاهش می‌دهند. درحالیکه در همان زمان تانن‌های قابل هیدرولیز گاز متان را بیشتر از طریق کاهش هضم الیاف کاهش می‌دهد (اثر غیرمستقیم)، تانن‌های متراکم بیشتر از طریق مهار رشد و یا فعالیت متانوژن‌ها و یا میکروب‌های تولیدکننده هیدروژن عمل می‌کنند (اثر مستقیم) (۱۰). Patra and Saxena (۴۱) کاهش گاز متان تولیدی را علاوه‌بر اثر مستقیم تانن‌های متراکم بر باکتری‌های متانوژن، بر تأثیر مستقیم آنها بر پروتوزوآها بیان کردند. این مطلب توسط Cieslak و همکاران (۶) نیز تایید شده است؛ آنها از تانن متراکم گیاه *vaccinnium vitis idaea* به‌میزان ۲ گرم در کیلوگرم ماده خشک در جیره گاوهای شیری استفاده کرده و بیان کردند که کاهش تولید گاز متان در نتیجه کاهش تولید پروتوزوآ بوده بدون اینکه تأثیر منفی بر قابلیت هضم ماده آلی و تولید VFA داشته باشد. بین پروتوزوئرهای شکمبه با متانوژن‌ها رابطه همزیستی مفیدی وجود دارد، لذا مهار پروتوزوآ منجر به مهار متانوژن‌ها و کاهش تولید گاز متان می‌شود (۶). بنابراین با توجه به مطالب فوق، بالابودن مقدار تانن متراکم در دانه بنه (با توجه به جدول ترکیبات فنولی) در مقایسه با کنجاله بنه نیز دلیل دیگری برای کاهش تولید گاز متان در این تیمار است.

فراسنجه‌های تخمیری تولید گاز

با توجه به اینکه ارزش تغذیه‌ای مواد خوراکی همبستگی بسیار بالایی با میزان تولید گاز در ۲۴ ساعت ابتدایی انکوباسیون دارد (۳۸) لذا سعی شد تا اثر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های تخمیری تولید گاز پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون مورد بررسی قرار گیرد. نتایج حاصله در جدول ۴ نشان داده شده است.

بر اساس این نتایج کنجاله بنه بالاترین نرخ تولید گاز را داشت (p<۰/۰۰۸). تعداد مول متان تولیدی در ۲۴ ساعت انکوباسیون دارای تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی بود. در مقایسه با کنجاله بنه، دانه بنه کمترین میزان متان تولیدی را به‌خود اختصاص داد (p<۰/۰۰۱). تعداد مول‌های

1- Dry Matter Intake

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.32.12.5]
[DOI: 10.52547/rap.12.32.61]

اسیدهای چرب فرار کل محاسباتی بر اساس گاز تولیدی در ۲۴ ساعت انکوباسیون در محیط حاوی دانه بنه نسبت به کنجاله بنه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (p<۰/۰۰۸). از آنجایی که تغییر در تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر انعکاسی از تغییر در تولید گاز است کاهش کل اسیدهای چرب فرار نیز با کاهش گاز تولیدی همراه بود. تولید گاز در شرایط برون‌تنی می‌تواند نشان‌دهنده تخمیر کربوهیدرات‌های موجود در نمونه باشد که این کاهش گاز دلیلی بر کاهش فرآیند تخمیر و کاهش در تجزیه ماده آلی است. کاهش تولید گاز سبب کاهش تولید اسیدهای چرب فرار و کاهش انرژی قابل متابولیسم می‌شود (جدول ۴). کاهش انرژی قابل متابولیسم می‌تواند به کاهش در گاز تولیدی، کاهش غلظت کل اسیدهای چرب فرار و کاهش ماده آلی تجزیه‌شده در محیط تخمیر مربوط باشد. همچنین همبستگی منفی بین تولید گاز و انرژی قابل متابولیسم با دیواره سلولی گزارش شده است. کاهش انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ممکن است به‌علت تفاوت در ترکیب شیمیایی از جمله پایین‌بودن کربوهیدرات‌های غیرالیافی و بالاتر بودن دیواره سلولی و دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز در دانه بنه باشد. تولید گاز با دیواره سلولی همبستگی منفی بالایی دارد (۹).

بالاترین میزان توده میکروبی در دانه بنه مشاهده شد (p<۰/۰۰۰۳). بر اساس مطالعات قبلی انجام‌شده می‌توان اینطور نتیجه گرفت که احتمالاً دلیل بالابودن توده میکروبی در دانه بنه علی‌رغم کاهش تولید گاز، می‌تواند کاهش تولید متان و در نتیجه کاهش هدررفت انرژی و به‌دنبال آن افزایش راندمان تولید توده میکروبی باشد. در مطالعه‌ای (۴) افزایش شاخص ضریب تفکیک‌پذیری به‌عنوان بهبود در راندمان تخمیر معرفی شد. رابطه عکس بین شاخص ضریب تفکیک‌پذیری و متان در این آزمایش مشاهده شد. یک خوراک با ضریب تفکیک بالاتر نشان‌دهنده این است که بیشتر سوبسترای تجزیه‌شده در تولید پروتئین میکروبی شرکت کرده است و بازده سنتز پروتئین میکروبی بالاتری داشته است. خوراک با ضریب تفکیک بالاتر مصرف بالاتری نیز دارد. همچنین بالاتر بودن ضریب تفکیک در شرایط برون‌تنی بازگوکننده سنتز پروتئین میکروبی اندازه‌گیری‌شده به‌وسیله مشتقات پورینی در شرایط درون‌تنی باشد (۵). بنابراین نتایج نشان می‌دهند که ضریب تفکیک محاسبه‌شده در شرایط برون‌تنی اطلاعات ارزشمندی برای پیش‌بینی خوراک مصرفی دام و تولید توده میکروبی در شکمبه ارائه می‌دهد. ضریب تفکیک در دانه و کنجاله بنه به‌ترتیب برابر با ۶/۴۸ و ۲/۹۲ بود. ضریب تفکیک برای کنجاله نارگیل و کنجاله تخم پنبه به‌ترتیب ۳/۹۲ و ۳/۸۶ و برای سبوس گندم و دانه ذرت ۳/۷۸ و ۳/۳۸ و برای کاه یولاف و کاه برنج به‌ترتیب ۳/۲۰ و ۲/۹۳ گزارش شده است (۳۰). همچنین در پژوهشی دیگر ضریب تفکیک برای اسانس گونه‌های مختلف گیاه دارویی آویشن در دامنه ۳/۸ تا ۴/۰۴ گزارش شد (۱۵). بنابراین ضریب تفکیک برای دانه بنه بالاتر از موارد ذکر شده بود. یک همبستگی منفی بالایی بین اسیدهای چرب کوتاه زنجیر تولیدشده در شکمبه و سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه گزارش شده است (۴) که پژوهش حاضر نیز چنین روندی را نشان می‌دهد.

دی‌اکسید کربن در نتیجه تخمیر شکمبه‌ای تولید و میزان تولید دی‌اکسید کربن در شکمبه بیشتر بسته به فعالیت‌های متابولیکی (مانند میزان تولید دام) است و تغییرات در میزان تولید گازهای شکمبه‌ای (نسبت دی‌اکسید کربن به متان) به حالت‌های متفاوت تخمیر در شکمبه مرتبط است. بنابراین انتظار می‌رود تولید گاز دی‌اکسید کربن تابعی از تخمیر و تولید کل گازها باشد که با نتایج تحقیق حاضر موافق است (۲۹).

جدول ۴- اثر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های تخمیری تولید گاز در ۲۴ ساعت انکوباسیون
Table 4. The effect of experimental treatments on Fermentation parameters of gas production after 24 hours of incubation

فراسنجه	تیمار		SEM*	P-value**
	کنجاله بنه	دانه بنه		
گاز تولیدی (میلی‌لیتر به ازای هر گرم ماده خشک انکوبه‌شده)	۴۰/۵۲[a]	۳۲/۸۶[b]	۱/۱۲۸	۰/۰۰۸
متان تولیدی (میلی‌مول)	۰/۱۴[a]	۰/۰۹[b]	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
دی‌اکسید کربن کل(میلی‌مول)	۱/۶۶[a]	۱/۳۶[b]	۰/۰۵۱	۰/۰۱۴
دی‌اکسید کربن ناشی از تخمیر(میلی‌مول)	۰/۷۶[a]	۰/۶۴[b]	۰/۰۲۴	۰/۰۲۶
کل اسیدهای چرب فرار (میلی‌مول)	۰/۹۰[a]	۰/۷۲[b]	۰/۰۲۶	۰/۰۰۸
اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول)	۰/۸۹[a]	۰/۷۲[b]	۰/۰۲۵	۰/۰۰۸
توده میکروبی (میلی‌گرم به ازای هر گرم ماده خشک انکوبه‌شده)	۱۵/۹۹[b]	۸۷/۳۹[a]	۴/۱۹۲	۰/۰۰۰۳
ضریب تفکیک ((partitioning factor (mg/ml))	۲/۹۲[b]	۶/۴۸[a]	۰/۱۷۳	۰/۰۰۰۱
انرژی قابل متابولیسم (مگاژول به ازای هر کیلوگرم ماده خشک)	۸/۳۳[a]	۷/۱۷[b]	۰/۱۵۳	۰/۰۰۶
ماده آلی قابل هضم (درصد)	۵۰/۰۴[a]	۴۲/۱۳[b]	۱/۱۱۸	۰/۰۰۷

حروف غیرمشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار (p<۰/۰۵) است.
* اشتباه معیار میانگین
** احتمال معنی‌داری

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.32.12.5]
[DOI: 10.52547/rap.12.32.61]

نتایج این تحقیق نشان داد دانه بنه به‌عنوان یک دانه روغنی با مهار تولید گاز متان در شکمبه و افزایش ضریب تفکیک‌پذیری، این پتانسیل را دارد که در تخمیر شکمبه تغییرات مثبتی ایجاد کند. همچنین به‌نظر می‌رسد مصرف دانه و کنجاله بنه به‌دلیل دارابودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مناسب می‌تواند اثرات مثبتی بر سلامت دام در شرایط تنش‌های متابولیکی و گرمایی داشته باشد که البته مستلزم تحقیقات بیشتری در این زمینه است. با توجه به نتایج آنالیز تقریبی کنجاله بنه نیز از پتانسیل هضمی نسبتاً خوبی برخوردار است و در صورت وجود اطلاعات بیشتر می‌تواند به‌عنوان یک محصول فرعی در جیره نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1. AOAC. 2005. Assogiation of Offigial Analytical Chemist.15th edition. Washinton. DC.
2. Behgar, M., R. Valizadeh, M. Mirzaee, A.A. Naserian and M.R. Nasiri. 2009. Correlation between the phisical and chemical properties of some forages and non-forage fiber source. Journal of Animal and Veterinary Advances, 8 (11): 2280-2285.
3. Blümmel, M., H. Makkar and K. Becker. 1997. In vitro gas production: a technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77(1- 5): 24-34.
4. Blümmel, M. 2000. Predicting the partitioning of fermentation products by combined in vitro gas volume-substratedegradability measurements: opportunities and limitations. In: Gas Production: Fermentation Kinetics forFeed Evaluation and to Assess Microbial activity. British Society of Animal Science, Penicuik, Midlothian, pp: 48-58.
5. Cieslak, A., P. Zmora, E. Pers-Kamczyc and M. Szumacher-Strabel. 2012. Effects of tannins source (*Vaccinium vitis idaea* L.) on rumen microbial fermentation in vivo. Animal feed science and technology, 176(1): 102-106.
6. Czerkawski, J.W. 1986. An Introduction to Rumen Studies. Pergamon Press, Oxford (UK)/New York (NY, USA.
7. Daneshrad, A. and Y. Aynechi. 1980. Chemical studies of the oil from pistacia nuts growing wild in Iran. Journal of American Oil Chemistry Society, 57: 248-9.
8. De Boever, J.L., J.M. Aerts, J.M. Vanacker and D.L. De Brabander. 2005. Evaluation of the nutritive value of maize silages using a gas production technique. Animal Feed Science and Technology, 255: 123-124.
9. Delavar, M., A. Tahmasbi, M. Danesh-Mesgaran and R. Valizadeh. 2013. In vitro rumen fermentation and gas production: influence of different by-product 2 feedstuffs 3. Methodology.
10. Dohme, F., A. Machmuller, A. Wasserfallen and M. Kreuzer. 2001. Ruminal methanogenesis as influenced by individual fatty acids supplemented to complete ruminant diets. Letters in Applied Microbiology, 32(1): 47-51.
11. Esmaeili-Seirchi, N., O. Diani, R. Tahmasebi. 2015. Determination of chemical Compounds and nutritive value of seed coat Pistachios by using Gas production. 1th National Congress on Advanced Research in Animal Science with Focus Environmental Stress (NCARAC 2015). 27, 28 May. University of Birjand, Birjand, I.R. Iran
12. Esmaeilkhanian, S.A. and M.H. Emadi. 1995. Use of Pistacia atlantica meal in feeding Iranian sheep. Proceedings of the National Pistacia atlantica Seminar. Animal Science and Natural Resources Research Center. Ilam. pp: 140-148.
13. Farhoosh, R., J. Tavakoli and M.H. Haddad Khodaparast. 2008. Chemical composition of kernel oils from two current subspecies of Pistacia atlantica in Iran. Journal of American Oil Chemistry Society, 85: 723-729.
14. Fereydoonpoor, M., J. Bayatkouhsar, E. Gholamali Pour and P. Ebrahimi. 2016. The Effects of Various Species of Thymus Essence on Gas Production Parameters, Dry Matter and Organic Matter Digestibility and Ruminal Fermentation Parameters in in vitro. Research on Animal Production, 7(14): 109-117.
15. Fievez, V., C. Boeckaert, B. Vlaeminck, J. Mestdagh and D. Demeyer. 2007. In vitro examination of DHA-edible micro algae: 2. Effect on rumen methane production and apparent degradability of hay. Animal Feed Science and Technology, 136(1-2): 80-95.
16. Ganji, F., M. Bashtani, H. Farhangfar and S.E. Ghiasi. 2017. Effect of different growth stages on the chemical composition, antioxidant properties and rumen-intestinal digestion of Pistacia atlantica with nylon bags method. Journal of Animal Science Researches, 27(3): 185-200.
17. Getachew, G., H. Makkar and K. Becker. 1998. The in vitro gas coupled with ammonia measurement for evaluation of nitrogen degradability in low quality roughages using incubation medium of different buffering capacity. Journal of the Science of Food and Agriculture, 77(1): 87-95.
18. Ghiasi, S.E., R. Valizadeh and A.A. Naserian. 2015. Effect of Oxidized Soybean Oil against Pomegranate Seed as Antioxidant on the in vitro Rumen Fermentation Parameters. Iranian Journal of Animal Science Research, 7(3): 244-256.
19. Giger-Reverdin, S., P. Morand-Fehr and G. Tran. 2003. Literature survey of the influence of dietary fat composition on methane production in dairy cattle. Livestock Production Science, 82: 73-79.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.32.12.5]
[DOI: 10.52547/rap.12.32.61]

20. Gil, M.I., F.A. Tomas Barbean, B. Hess-Pierce, D.M. Holcroft and A.A. Kader. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 4581-4589.
21. Glasser, F., A. Ferlay and Y. Chilliard. 2008. Oilseed supplements and fatty acid composition of cow milk: a meta-analysis. Journal of Dairy Science, 91: 4687-4703.
22. Goel, G., A. Puniya, C. Aguilar and K. Singh. 2005. Interaction of gut microflora with tannins in feeds. Naturwissenschaften, 92(11): 497-503 .
23. Jayanegara, A., G. Goel, H. Makkar and K. Becker. 2010. Reduction in methane emissions from ruminants by plant secondary metabolites: effects of polyphenols and saponins. Sustainable Improvement of Animal Production and Health. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 151-157.
24. Jenkins, T.C., R.J. Wallace, P.J. Moate, E.E. Mosley. 2008. Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. Journal of Animal Science, 86: 397-412.
25. Johnson, K.A. and D.E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. Journal of Animal Science, 73: 2483-2492.
26. Jordan, E., D. Kenny, M. Hawkins, R. Malone, D.K. Lovett and F.P. Omara. 2006. Effect of refined soy oil or whole soybeans on intake, methane output, and performance of young bulls. Journal of Animal Science, 84: 2418-2425.
27. Khorsandi. S., A. Riasi and M. Khorvash. 2019. Evaluating chemical composition, fatty acid profiles, antioxidant activity and nutritive value of pomegranate by product using in vitro gas production technique. Research on Animal Production, 9(22): 92-100.
28. khosravi, F., M.H. Fathi, A.R. Vakili and H. Farhangfar.2019. In vitro study of pomegranate by-products on methane production. Iranian Journal of Animal Science Research, 29 (1): 89-105.
29. Kiran, D. and U. Krishnamoorthy. 2007. Rumen fermentation and microbial biomass synthesis indices of tropical feedstuffs determined by the in vitro gas production technique. Animal feed science and technology, 134(1): 170- 179.
30. Lagouri, V. and D. Boskou. 1996. Nutrien antioxidants in oregano. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 47: 493-497.
31. Lopez-Feria, S., S. Cardenas, J.A. Garc-Mesa and M.V. Alcarcel. 2008. Classification of extra virgin olive oils according to the protecteddesignation of origin, olive Variety and geographical orgin. Talanta, 75: 937-943.
32. Machmuller, A. 2006. Medium-chain fatty acids and their potential to reduce methanogenesis in domestic ruminants. Agriculture, Ecosystems and Environment, 112: 107-114.
33. Makkar, H.P.S. 2000. A Quantification of Tannin I Tree Foliage. A Laboratory Manual for the FAO/IAEA co-ordinated Research Project on use of Nuclear and Related techniques to Develope Simple Tannin Assay for Predicting and Improving the safety and Efficiency of Feedin 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.
34. Mashayekhi Mazar, M.A., T.S. Vafa, S.M. Qureshi and H. Sepehri moghadam. 2016. Determination of chemical composition and digestibility of pistacia atlantica with gas production method. The Seventh Congress on Animal Sciences of Iran. 17-18 August. College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj. (In Persian)
35. Mauricio, R.M., F.L. Mould, M.S. Dhanoa, E. Owen, K.S. Channa and M.K. Theodorou. 1999. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. Animal Feed Science and Technology, 79(4): 321-330.
36. Mcdonald, P., R.A. Edwards, J.F. Greenhalgh and C.A. Morgan. 2002. Animal Nutrition. 6th edn. UK: Prentice Hall, 838 p.
37. Menke, K.H. and H. Steingass. 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.
38. Michalet-Doreau, B. and M.Y. Ould Bah. 1992. In vitro and in sacco methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. Animal feed Science and Technology, 40: 57-86.
39. Mirheidari, A., Y. Rouzbahan and H. Fazaeli. 2020. Effects of Different Levels of Pistachio by-Product on in vitro Ruminal Fermentation and Performance of Rayini Goats. Research on Animal Production, 11(27): 18-26.
40. Patra, A.K. and J. Saxena. 2009. Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. Antonie van Leeuwenhoek, 96(4): 363-375.
41. Rajesh, M., A. Nagarajan, S. Perumal and M. Sellamuthu. 2008. The antioxidant activity and free radical scavenging potential of two different solvent extracts of Camellia sinensis, Ficus bengalensis and Ficus racemosa. Food Chemistry, 107: 1000-1007.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.32.12.5]
[DOI: 10.52547/rap.12.32.61]

42. Safaei, A.R., N.M. Torbatinejad, H. Mansouri and S. Zerehdaran. 2014. Effects of Adding Poly-Ethylene-Glycol on Methane Production in Rumen, Digestion and Metabolic Energy of Grape and Lime Pomaces. Research on Animal Production, 5(9): 83-95.
43. Safari, R., R. Valizadeh, R. Kadkhodayi, H. Alamolhada, A. Tahmasbi and A. Naserian. 2012. Investigation of the resistance of fish oil microcapsules in ruminal conditions and their effect on gas production and digestibility in invitro. Iranian Journal of Animal Science Research, 4(3): 265-273 (In Persian).
44. SAS. 2009. SAS User's Guide: Statistics. Ver 9.2. USA.: SAS Institute. Cary. N.C.
45. Schofield, P., R. Pitt and A. Pell. 1994. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. Journal of animal science, 72(11): 2980-2991.
46. Soleiman-Beigi, M. and Z. Arzehgar. 2013. A review Study on Chemical Properties and Food Indexes of Mastic Oil Compared with Olive, Sunflower and Canola oils. The Ilamian Traditional Uses of Mastic. Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences, 21(5): 1-13.
47. Taran, M., M. Sharifi, E. Azizi and M. Khanahmadi. 2010. Antimicrobial activity of the leaves of Pistacia khinjuk. Journal of Medicinal Plants, 9: 81-5.
48. Tavendale, M.H., L.P. Meagher, D. Pacheco, N. Walker, G.T. Attwood and S. Sivakumaran. 2005. Methane production from in vitro rumen incubations with Lotus pedunculatus and Medicago sativa, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. Animal feed science and technology, 123: 403-419.
49. Toral, P.G., P. Frutos, G. Hervas, P. Gomez-Cortes, M. Juarez and M.A. de la Fuente. 2010. Changes in milk fatty acid profile and animal performance in response to fish oil supplementation, alone or in combination with sunflower oil, in dairy ewes. Journal of Dairy Science, 93: 1604-1615. doi: 10.3168/jds.2009-2530 PMID: 20338438
50. Tzulker, R., I. Glazer, I. Bar-Ilan, D. Holland, M. Aviram and R. Amir. 2007. Antioxidant activity, polyphenol content, and related compounds in different fruit juices and homogenates prepared from 29 different pomegranate accessions. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(23): 9559-9570.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.32.12.5]
[DOI: 10.52547/rap.12.32.61]

Evaluation of Nutritional Value, Antioxidant Activity and Invitro Digestion Parameters of *Pistacia atlantica* Seed and Meal

Fatemeh Ganji[1], Moslem Bashtani[2], Seyed Homayun Farhangfar[2], Seyed Ehsan Ghiasi[3] and Hossein Naeeimipour[3]

1- Postdoc Researcher, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, (Corresponding author: f.ganji@birjand.ac.ir)
2- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
3- Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
Received: October 27, 2020 Accepted: December 7, 2020

Abstract

This study was intended to evaluate the nutritional value, antioxidant activity and digestibility coefficients of *Pistacia atlantica* seed and meal. The gas production experiment and batch culture degradability test were carried out to investigate the effects of *Pistacia atlantica* seed and meal on microbial fermentation characteristics, kinetics of gas production, methane and carbon dioxide production, $t_{0.5}$, and lag time. Also, the calculated parameters e.g. microbial protein, molar proportion of volatile fatty acids, metabolizable energy (ME), short chain fatty acid (SCFA) and organic matter digestibility (OMD %), were evaluated for different treatments. The parameters were analyzed through the completely randomized design with repeated measurements. In this experiment, there was a significant difference in chemical composition (P <0.05). Although no significant difference was observed with respect to phenolic compounds, the amount of condensed tannin in seed was higher than that of meal (P <0.0001). *Pistacia atlantica* meal had the highest gas production rate (P <0.008). The number of moles of methane produced in 24 hours of incubation had a significant difference between the experimental treatments. Compared to meal, *Pistacia atlantica* seed had the lowest amount of methane produced (P <0.001). The total concentration of volatile fatty acids in seed decreased. The highest microbial mass was observed in seed (P <0.0003). The separation coefficient in the seed and meal were 6.48 and 2.92, respectively. Research shows that *Pistacia atlantica* seed and meal have a relatively good digestive potential and can be used in the diet of ruminants if properly planned.

Keywords: Gas production, *Pistacia atlantica* seed and meal, Rumen fermentation

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.32.12.5]
[DOI: 10.52547/rap.12.32.61]