نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۳۲۳-۳۱۲

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 312-323

تعیین میزان تجزیه‌پذیری و ضرایب هضمی کنجاله کانولا با روش‌های کیسه‌های نایلونی و تولید گاز

یونس طهمزی[۱]- اکبر تقی‌زاده[۲]- یوسف مهمان نواز[۳]- مهدی مقدم[۴*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۵

چکیده

تحقیق حاضر به منظور تعیین ارزش غذایی کنجاله کانولا با استفاده از روش‌های کیسه‌های نایلونی و آزمون تولید گاز تجمعی انجام شد. در این پژوهش تعداد دو رأس گوسفند نر اخته فیستولاگذاری شده (۲±۴۵ کیلوگرم) نژاد قزل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفتند. مقدار گاز تجمعی تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۷۲ ساعت و تجزیه‌پذیری به روش کیسه‌های نایلونی تا زمان ۹۶ ساعت اندازه‌گیری گردید. ضرایب تجزیه‌پذیری بخش محلول پروتئین خام کنجاله کانولا (A)، کنجاله کانولا فرآوری شده با ۰/۵ درصد اوره (B) و کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو (C) به ترتیب ۴/۷۴، ۱۵/۸۱ و ۱۵ درصد و برای بخش قابل تخمیر به ترتیب ۳۱/۰۵، ۳۹/۶۲ و ۶۵/۵۵ درصد بودند. پتانسیل تولید گاز تجمعی بخش محلول و بخش غیرمحلول (a+b) تیمارهای A، B و C به ترتیب ۲۵۲/۱۳، ۲۱۳/۵۷ و ۲۴۰/۸۸ میلی‌لیتر در گرم ماده خشک بودند. پروتئین قابل متابولیسم تیمارهای A، B و C نیز به ترتیب ۲۸۳/۱۱، ۳۲۹/۳۳ و ۲۸۴/۳۹ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند. ضریب همبستگی به دست آمده بین تجزیه‌پذیری ماده خشک و میزان گاز تجمعی تولیدی برای تیمارهای مورد آزمایش به ترتیب ۰/۹۵۸، ۰/۹۷۶ و ۰/۹۳۲ بود و این ضریب بین تجزیه‌پذیری پروتئین خام و میزان گاز تجمعی تولیدی به ترتیب ۰/۹۸۷، ۰/۹۹۴ و ۰/۹۸۹ بود. بالا بودن همبستگی بین روش‌های کیسه‌های نایلونی و تولید گاز تجمعی نشان دهنده صحت استفاده از روش تولید گاز تجمعی با هزینه کمتر در تعیین قابلیت هضم مواد خوراکی است.

واژه‌های کلیدی: پروتئین قابل متابولیسم، تولید گاز تجمعی، کنجاله کانولا، کیسه‌های نایلونی.

مقدمه

در کشور ما تأمین خوراک دام یکی از مشکلات عمده تولیدات دامی است. کشور ما دارای مشکل کمبود در تأمین متداول خوراک‌های نشخوارکننده در طول سال است. لذا استفاده بهتر از منابع غذایی غیرمتعارف و غیرمعقول که با غذاهای انسان نیز رقابت نمی‌کنند ضروری به نظر می‌رسد (۱۲). رشد سریع جمعیت، محدودیت منابع تأمین مواد غذایی و افزایش تقاضا برای منابع پروتئینی جدید و ارزان با خصوصیات عملکردی مطلوب، توجه دانشمندان را به منابع پروتئینی گیاهی مخصوصاً دانه‌های روغنی معطوف داشته است. عمده مصرف کانولا در تولید روغن و در مرتبه بعدی تولید کنجاله و محصولات پروتئینی آن است. پسمانده کنجاله آن پس از روغن‌کشی حاوی ۵۰-۴۰ درصد پروتئین با ترکیب مناسبی از آمینو اسیدها و مقادیر زیادی از آمینو اسیدهای ضروری لیزین و متیونین می‌باشد (۹). ارزش و اهمیت دانه‌های روغنی از نظر تأمین انرژی مورد نیاز انسان، دام، طیور و آبزیان در بین محصولات زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. از جمله فرآورده‌های دانه‌های روغنی، کنجاله‌ها می‌باشند که به عنوان یک منبع پروتئینی مناسب در تغذیه نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار می‌گیرند (۸).

کانولا یکی از واریته‌های اصلاح شده کلزا می‌باشد که روغن آن

۱- دانشجوی دکتری تغذیه دام گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.
۲- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، دانشکده کشاورزی، گروه علوم دامی، مراغه.
۴- دانشجوی دکتری تغذیه دام، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه علوم دامی، تهران.
(*-نویسنده مسئول: Email: mogadam64@yahoo.com)

حاوی کمتر از ۲ درصد اسید اورسیک و کنجاله آن حاوی ۱۶ تا ۳۰ میکرومول بر گرم گلوکوزینولات می‌باشد. میزان پروتئین خام کنجاله کانولا ۳۲ تا ۳۸ درصد بوده و دارای ترکیب مناسب و با ارزشی از آمینو اسیدهایی می‌باشد که تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین آن حدود ۶۷ درصد می‌باشد (۱۸). از آنجایی که پروتئین کنجاله کانولا نسبت به دیگر مکمل‌های پروتئینی با سرعت بیشتری در شکمبه تجزیه می‌شود، بنابراین فرآوری کنجاله کانولا به منظور افزایش پروتئین عبوری از شکمبه و کاهش بخش تجزیه‌پذیر آن در شکمبه در سال‌های اخیر مورد توجه واقع شده است (۹). کنجاله کانولا در مقایسه با کنجاله سویا حاوی الیاف بیشتری بوده و میزان انرژی متابولیسمی آن پایین‌تر است. میزان پروتئین و قابلیت هضم آن نسبت به کنجاله‌ی سویا کم ولی توازن آمینو اسیدهای ضروری آن به خوبی با کنجاله سویا قابل مقایسه است ولی لیزین کمتر و متیونین بیشتری دارد. توازن کلسیم و فسفر آن مناسب بوده و فسفر بیشتری نسبت به سایر کنجاله‌ها دارد (۱۵، ۲۰). گزارش‌ها نشان می‌دهند که می‌توان کنجاله‌های جدید کانولا را تا میزان ۲۵ درصد کنسانتره گوساله‌های پرواری استفاده نمود و تغذیه این کنجاله در قیاس با کنجاله سویا نتایج یکسانی را در پروار گوساله‌ها نشان داد (۳۶). در چند سال اخیر، تولید دانه و کنجاله کانولا در ایران افزایش یافته است. با توجه به اینکه کنجاله کانولا به عنوان مکمل پروتئینی در تغذیه نشخوارکنندگان استفاده می‌شود، کسب اطلاعات در مورد روند تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه و تعیین ضرایب هضمی آن از اهمیت زیادی برخوردار است اما تاکنون میزان تجزیه‌پذیری و ضرایب هضمی آن توسط دامداران و یا مراکز تحقیقاتی کشور به خوبی شناخته نشده است.

احتیاجات پروتئینی نشخوارکنندگان عمدتاً به وسیله مخلوطی از پروتئین میکروبی شکمبه و پروتئین عبوری مواد خوراکی تأمین می‌شود (۱۱). از منابع پروتئین با کیفیت بالا تنها در جیره دام‌های با تولید بالا و در حال رشد برای تأمین آمینو اسیدهای ضروری و پروتئین عبوری استفاده می‌شود. مشخص شده است که استفاده از منابع پروتئین حیوانی دارای مشکلات متعددی می‌باشد، لذا با توجه به این موارد توصیه شده است که از کنجاله‌های دانه‌های روغنی در تغذیه گاوهای شیری و پرواری استفاده شود (۹). حدود ۹۵ درصد نیتروژن موجود در کنجاله دانه‌های روغنی به صورت پروتئین حقیقی بوده و دارای قابلیت هضم بین ۹۰-۷۵ درصد و با کیفیت خوب می‌باشند. به طور کلی کیفیت پروتئینی کنجاله بالاتر از کیفیت پروتئین دانه غلات است. در بعضی موارد کیفیت پروتئین کنجاله‌های دانه‌های روغنی در حد پروتئین حیوانی می‌باشند (۳۳، ۲۱). برای بدست آوردن بهتر کارایی از دانه‌ها و کنجاله‌ها، بایستی قابلیت هضم آنها مشخص شود (۴۱). الگوی تخمیر و محل هضم می‌تواند اثر معنی‌داری روی ماهیت مواد مغذی قابل دسترس در حیوان داشته باشد (۱۴). در نشخوارکنندگان، عمل‌آوری کنجاله‌ها می‌تواند قابلیت هضم، نرخ و محل هضم را تحت تأثیر قرار دهد (۳۰). با توجه به محدودیت منابع انرژی و سوخت در جهان، همچنین هزینه زیاد فرآیندسازی فیزیکی و مکانیکی کنجاله‌ها، بازنگری در روش‌های شیمیایی مؤثر در بهبود کیفیت غذایی کنجاله‌ها در تغذیه نشخوارکنندگان ضروری به نظر می‌رسد (۱۴). مقدم و همکاران (۱۲، ۳۲) و احمدی و همکاران (۱۴) آزمایشاتی در مورد تعیین ارزش غذایی برخی از مواد خوراکی با استفاده از روش‌های کیسه‌های نایلونی و تولید گاز انجام دادند و نتایجی مشابه از روشهای مذکور بدست آوردند که دارای همبستگی بالایی بودند و نتیجه‌گیری کردند که روش تولید گاز با توجه به مزایای فراوان آن، می‌تواند جایگزین روش کیسه‌های نایلونی باشد. بنابراین تحقیق حاضر در جهت شناسایی میزان تجزیه‌پذیری و ضرایب هضمی پروتئین کنجاله کانولا و خصوصیات تولید گاز آن انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه و نحوه فرآوری

نمونه‌های کنجاله کانولا به طور تصادفی از مزرعه گروه علوم دامی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه تهیه شدند. برای عمل‌آوری نمونه‌ها، محلول شیمیایی مورد نیاز که شامل محلول ۰/۵ درصد اوره بود در آزمایشگاه تهیه گردید و کنجاله کانولا تهیه شده به نسبت ۳ به ۱ یعنی ۳ قسمت محلول و ۱ قسمت کنجاله کانولا در ظروف پلاستیکی دربدار محکم مخلوط گردید. برای از بین بردن فضای خالی ظروف جهت ایجاد محیط بی‌هوازی از چند قطعه سنگ استفاده شد. سپس با کمک کیسه‌های پلاستیکی، درب ظروف کاملاً بسته و سپس با گچ درزگیری شدند و ظروف در دمای محیط و دور از نور خورشید به مدت ۶۰ روز نگهداری شدند. سپس نمونه‌ها از ظرف خارج و در مقابل نور خورشید خشک شدند و جهت انجام مراحل بعدی توسط آسیاب چکشی در اندازه ۲ میلیمتر آسیاب شدند. همچنین کنجاله کانولا در مایکروویو به مدت ۱دقیقه و ۳۰ ثانیه با قدرت ۸۰۰ وات فرآوری گردید. تیمارها شامل A:کنجاله کانولا، B:کنجاله کانولا فرآوری شده با ۰/۵ درصد اوره و C:کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو بودند.

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی تیمارهای مورد آزمایش

تجزیه تقریبی مواد غذایی شامل ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، الیاف شوینده خنثی و الیاف شوینده اسیدی برطبق روش‌های استاندارد AOAC (۱۶) انجام شد. حیوانات مورد استفاده در این آزمایش در سطح کمی بیشتر از سطح نگهداری تغذیه شدند. جیره غذایی این حیوانات با نسبت‌های ۶۰ درصد علوفه یونجه و ۴۰ درصد

خوراک مخلوط (کنسانتره) بود (۳۵). غذای تعیین شده برای حیوانات به صورت منظّم (روزی دو نوبت) در اختیار آنها قرار می‌گرفت تا سبب رشد و تراکم مناسب جمعیت میکروبی در طول زمان تخمیر نمونه‌ها در شکمبه شود همچنین در تغذیه این حیوانات سنگ نمک به طور دائم جهت تعادل تغذیه‌ای و نیز آب به طور آزاد در اختیار آنها قرار می‌گرفت.

برآورد تجزیه‌پذیری به روش کیسه‌های نایلونی

نمونه ماده خوراکی با آسیاب مخصوص و با غربال ۲ میلیمتری آسیاب شد. مقدار ۵ گرم از هر ماده غذایی داخل کیسه‌های نایلونی از جنس الیاف پلی‌استر مصنوعی به ابعاد ۶×۱۲ سانتیمتر و قطر منافذ ۵۰ میکرومتر ریخته شد. زمان‌های انکوباسیون شامل ۰، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بود. برای هر تیمار در هر ساعت ۴ تکرار تهیه شد. پس از هر ساعت انکوباسیون، کیسه‌ها خارج و با آب سرد شستشو شدند تا زمانی که آب خارج شده کاملاً شفاف باشد. پس از شستشو، کیسه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در حرارت ۶۵ درجه سانتیگراد جهت تبخیر و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شدند. پارامترهای تجزیه‌پذیری (بخش محلول، بخش غیرمحلول و نرخ ثابت تجزیه) با استفاده از نرم‌افزار *Naway* محاسبه شدند. از معادله ($P=a+b\ (1-e^{-ct})$) برای تطبیق داده‌های تجزیه‌پذیری استفاده شد که در این معادله، P میزان تجزیه‌پذیری در زمان t، a میزان تجزیه‌پذیری بخش محلول، b میزان تجزیه‌پذیری بخش غیرمحلول، c نرخ ثابت تجزیه‌پذیری، t زمان تجزیه‌پذیری و e عدد نپرین (۲/۷۱۸) است. تجزیه‌پذیری مؤثر از طریق معادله‌ی ($ED=a+(b\times c)/(c+k)$) محاسبه گردید. k نرخ عبور می‌باشد که در این مطالعه ۰/۰۲ در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری تولید گاز تجمعی در شرایط آزمایشگاهی

برای اندازه‌گیری میزان تولید گاز تجمعی حاصل از تخمیر از روش فدوراک و هرودی (۲۳) استفاده شد. در این روش میزان جابجایی آب لوله‌های آزمایشی مدرّج متصل به شیشه‌های حاوی مایع شکمبه و نمونه خوراکی جهت اندازه‌گیری میزان گاز تجمعی تولید شده استفاده می‌شود (۲۳). حدود ۳۰۰ میلیگرم از هر نمونه آسیاب شده (با غربال ۲ میلیمتری) در داخل شیشه‌های ۵۰ میلی‌لیتری استریل ریخته و برای هر نمونه سه تکرار در نظر گرفته شد. مایع شکمبه حدود ۲ ساعت بعد از خوراک وعده صبحگاهی از گوسفندان فیستوله‌دار که با جیره‌ی مخلوط ۶۰ درصد علوفه و ۴۰ درصد کنسانتره به مدت یک ماه تغذیه شده بودند جمع‌آوری و با پارچه ۴ لایه‌ای صاف و در فلاسک محتوی گاز کربنیک سریعاً به آزمایشگاه منتقل گردید. مایع شکمبه و بافر تهیه شده طبق روش مکدوگال (۲۹) به نسبت ۱ قسمت از مایع شکمبه و ۲ قسمت از بافر به داخل ارلن ریخته شده و جهت جلوگیری از تخمیر هوا و کاهش دمای مایع، گاز کربنیک به داخل مخلوط تزریق و در روی هیتر با دمای ۳۹ درجه سانتیگراد قرار داده شد (۳۲).

در هر شیشه حاوی نمونه، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه و مخلوط مکدوگال بر روی نمونه‌های خوراک ریخته شد و پس از تزریق گاز کربنیک و بی‌هوازی نمودن محیط داخل شیشه، در آن محکم بسته و در دستگاه انکوباتور شیکردار در دمای ۱۹ درجه سانتیگراد با تعداد ۱۲۰ دور بر دقیقه قرار داده شد. برای تصحیح گاز تجمعی تولیدی با منشاء مایع شکمبه ۳ تکرار بدون نمونه خوراک و فقط با ۲۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه و بافر در نظر گرفته و در انکوباتور قرار داده شد. در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت پس از قرار دادن شیشه‌ها در انکوباتور شیکردار، میزان گاز تجمعی تولیدی به روش فدوراک (جابجایی مایع) قرائت و ثبت گردید. حجم گاز تجمعی تولیدی براساس وزن نمونه ماده خوراکی در هر زمان توسط رابطه $V=(V_t-V_b)\times 100/W$ تصحیح گردید. در این رابطه V حجم گاز تجمعی تصحیح شده برحسب میلی‌لیتر به ازای هر گرم ماده خشک، V_t حجم گاز تجمعی تولیدی در شیشه‌های حاوی نمونه ماده خوراکی برحسب میلی‌لیتر، V_b حجم گاز تجمعی تولید شده در شیشه‌های فاقد نمونه ماده خوراکی برحسب میلی‌لیتر و W وزن نمونه ماده غذایی برحسب میلیگرم ماده خشک است.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

اطلاعات حاصل از تجزپذیری در هر ساعت انکوباسیون توسط نرم افزار *SAS* و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار و ۴ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند و میانگین اثرات مورد مطالعه براساس آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مقایسه شدند. مدل آماری طرح به صورت $Yij=\mu+Ti+\varepsilon ij$ بود که در این مدل: Yij مقدار هر مشاهده، μ میانگین کل، Ti اثر تیمار و εij خطای آزمایشی است. درپایان، همبستگی بین تجزیه‌پذیری به روش کیسه‌های نایلونی و داده‌های تولید گاز تجمعی به وسیله نرم‌افزار *SAS* محاسبه شد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

داده‌های جدول ۱ میانگین مواد مغذی اندازه‌گیری شده در مواد خوراکی مورد آزمایش را نشان می‌دهند. از لحاظ ماده خشک، تیمار C بیشترین (۹۶/۳۴ درصد) و تیمار A کمترین (۹۲/۱۲ درصد) میزان

ماده خشک را دارا بودند (P<۰/۰۵). هومولکا و همکاران (۲۶) میزان ماده خشک کنجاله تخم منداب را (۸۷/۸۸ درصد) و دانش مسگران و همکاران (۴) برای کلزای خام (۹۰/۵ درصد) و کلزای حرارت داده شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت (۹۷/۹ درصد) را گزارش نمودند که با نتایج تحقیق حاضر متفاوت بودند که اختلافات موجود بین نتایج می‌تواند ناشی از اثر تیمارها باشد. در کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو بالا بودن درصد ماده خشک می‌تواند ناشی از تأثیر امواج مایکروویو بر عناصر کنجاله کانولا و تجزیه و آزاد شدن آنها به صورت گاز باشد همچنین در کنجاله کانولا غنی شده با اوره ۰/۵ درصد بالا بودن درصد ماده خشک نسبت به کنجاله کانولا شاهد می‌تواند ناشی از افزودن ۰/۵ درصد اوره به تیمار باشد. از نظر درصد پروتئین خام تیمار B (۴۳/۵۷ درصد) و تیمار A (۳۶ درصد) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر پروتئین خام بودند (P<۰/۰۵)، کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو نیز دارای ۳۸/۱۵ درصد پروتئین خام بود که این اختلاف در پروتئین خام کنجاله کانولا غنی شده با اوره با پروتئین خام کنجاله کانولا شاهد و کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو قابل توجیه بوده و می‌تواند ناشی از اثر تیمار یعنی عمل‌آوری کنجاله کانولا فرآوری شده با اوره باشد. NRC (۳۴) درصد پروتئین خام کنجاله کانولا را ۳۹/۳ درصد گزارش نموده است. نتایج بدست آمده نشان داد که اختلاف بین مقادیر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) تیمارها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). در مورد الیاف خام غیرقابل حل در شوینده خنثی (NDF) نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که کمترین مقدار مربوط به تیمار B (۲۱/۷ درصد) و بیشترین مقدار دیواره سلولی مربوط به تیمار C (۲۳/۴ درصد) و تیمار A (۲۳/۳۶ درصد) می‌باشد که اختلاف بین نتایج این دو تیمار از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵).

ترکیبات شیمیایی مواد اولیه بعد از ۹۶ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای

آنالیز شیمیایی تیمارهای مورد آزمایش بعد از ۹۶ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای در جدول ۲ گزارش شده است. داده‌های بدست آمده نشان می‌دهند که تیمار B دارای بیشترین تجزیه‌پذیری ماده خشک نسبت به دیگر تیمارها می‌باشد (۴۴/۵۷ درصد) و تیمار C (۳۱/۸۶ درصد) دارای کمترین مقدار تجزیه‌پذیری ماده خشک بعد از ۹۶ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای می‌باشد. اختلاف معنی‌داری بین نتایج مقادیر پروتئین خام بعد از ۹۶ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای وجود نداشت (P>۰/۰۵). مقادیر بدست آمده برای ADF تیمار C بعد از ۹۶ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای (۴۲/۲۷ درصد) با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). افزایش در میزان ADF بعد از ۹۶ ساعت انکوباسیون، ناشی از تجزیه دیگر ترکیبات از جمله ماده خشک و پروتئین خام و بدون تغییر باقی ماندن ADF است که در نتیجه کاهش دیگر ترکیبات، ADF درصد بالاتری را نشان می‌دهد.

جدول ۱- آنالیز ترکیبات شیمیایی تیمارهای مورد آزمایش (درصد ماده خشک)

تیمار	DM[۱]	CP[۲]	OM[۳]	CF[۴]	ASH[۵]	ADF[۶]	NDF[۷]	ADIN[۸]
A	۹۲/۱۲ c	۳۶c	۹۲/۹ a	۶/۴۶ a	۷/۱ b	۱۶/۸ a	۲۳/۳۶ a	۰/۴۸۴ a
B	۹۴/۴ b	۴۳/۵۷ a	۹۱/۸ b	۳/۸۵ b	۸/۲ a	۱۶/۲ a	۲۱/۷ b	۰/۵۳۱ a
C	۹۶/۳۴ a	۳۸/۱۵ b	۹۲/۵ ab	۵/۹۸ a	۷/۵ b	۱۶/۳۷ a	۲۳/۴ a	۰/۵۰۳ a
SEM	۰/۱۶۶	۰/۲۱۹	۰/۳۱۶	۰/۱۷۹	۰/۱۵۵	۰/۱۹	۰/۴۴۹	۰/۱۶۳

میانگین های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار می باشند (P<۰/۰۵).

۱-ماده خشک ۲- پروتئین خام ۳- ماده آلی ۴- چربی خام ۵- خاکستر ۶-فیبر محلول در شوینده اسیدی ۷- فیبر نامحلول در شوینده خنثی۸- نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی

A: کنجاله کانولا، B: کنجاله کانولا فرآوری شده با ۰/۵ درصد اوره، C: کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو

جدول ۲- آنالیز ترکیبات شیمیایی تیمارهای مورد آزمایش بعد از ۹۶ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای (درصد ماده خشک)

تیمار	DM[۱]	CP[۲]	ADF[۳]	NDF[۴]	ADIN[۵]
A	۴۰/۵۸ b	۴۶/۶۶ a	۴۱/۵۳ b	۳۳/۲۷ a	۰/۸۱۰۳ a
B	۴۴/۵۷ a	۴۱/۷۷ a	۴۱/۲۶۷ b	۲۹/۷ c	۰/۷۶۸ c
C	۳۱/۸۶ c	۳۹/۲۹ a	۴۲/۲۷ a	۳۱/۷۳ b	۰/۷۹۱ b
SEM	۰/۵۷۷	۷/۲۷۸	۰/۲۵۶	۰/۲۷۴	۰/۰۰۴

میانگین های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار می باشند (P<۰/۰۵).

۱- ماده خشک ۲- پروتئین خام ۳- فیبر محلول در شوینده اسیدی ۴- فیبر نامحلول در شوینده خنثی ۵- نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی

A: کنجاله کانولا، B: کنجاله کانولا فرآوری شده با ۰/۵ درصد اوره، C: کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو

تجزیه‌پذیری ماده خشک

میانگین داده‌های حاصل از ناپدیدشدن ماده خشک و ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک تیمارهای مورد آزمایش در جداول ۳ و ۴ ذکر شده است. با توجه به نتایج بدست آمده در زمان صفر ساعت پس از انکوباسیون، میزان ناپدیدشدن ماده خشک تیمار A (۲۰/۳۶ درصد) و تیمار B (۱۵/۴۴ درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر ماده خشک ناپدید شده را دارا می‌باشند. با توجه به جدول ترکیبات شیمیایی میزان NDF و ADF کنجاله کانولا شاهد به ترتیب ۲۳/۳۶ و ۱۶/۸ درصد بود که نسبت به کنجاله کانولا غنی شده با ۰/۵ درصد اوره (به ترتیب ۲۱/۷ و ۱۶/۲ درصد) بیشترین مقدار را دارا می‌باشد، لذا مقادیر زیاد تجزیه‌پذیری ماده خشک کنجاله کانولا شاهد را می‌توان در نتیجه بالا بودن مقادیر NDF و ADF این ماده خوراکی دانست. اسدیان اصفهانی و همکاران (۱) نشان دادند که مصرف کنجاله کلزا به میزان ۱۵ درصد ماده خشک مصرفی گوساله‌ها (۲۵ درصد ترکیب کنسانتره) تغییر معنی‌داری را بر روی عملکرد رشد، مصرف ماده خشک و ضریب تبدیل غذایی به همراه نداشته است. مک کینون و همکاران (۳۰) نشان دادند تیمار کنجاله کانولا با اسید استیک و اسید فرمیک سبب کاهش بخش غیرمحلول ماده خشک می‌شود همچنین مقدار پروتئین خام غیرمحلول در کنجاله فرآوری شده با اسید فرمیک و مقدار ناپدیدشدن ماده خشک قابل تجزیه و پروتئین خام قابل تجزیه در هر دو تیمار کاهش یافت.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که غنی‌سازی کنجاله کانولا با ۰/۵ درصد اوره باعث کاهش بخش سریع تجزیه شونده (a) ماده خشک می‌شود، اختلاف بین نتایج بخش a ماده خشک تیمار A و تیمار C از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). صادقی و همکاران (۶) ضریب a ماده خشک کنجاله منداب و کنجاله منداب تفت داده شده را به ترتیب ۳۱/۶۲ و ۲۲/۳۹ درصد گزارش نمودند. گنزالس و همکاران (۲۵) میزان بخش با تجزیه سریع منداب و منداب عمل‌آوری شده با اوره را به ترتیب ۱۳/۶ و ۳۱/۴ درصد گزارش نمودند که با نتایج آزمایش حاضر تفاوت دارند که این تفاوت‌ها می‌تواند علاوه بر تفاوت در واریته مورد مطالعه به شرایط آب و هوایی و همچنین روش‌های متفاوت فرآوری، تفاوت در شرایط آزمایش و جیره پایه دام‌های فیستولاگذاری شده در تحقیقات فوق بستگی داشته باشد.

جدول ۳- میانگین تجزیه‌پذیری ماده خشک تیمارها در زمان‌های مختلف انکوباسیون شکمبه (درصد ماده خشک)

تیمار	زمان‌های انکوباسیون (ساعت)											
	۰	۲	٤	٦	۸	۱۲	۱٦	۲٤	۳٦	٤۸	۷۲	۹٦
A	۲۰/۳٦ a	۲۲/٤۸ b	۲٤/۱ b	۲٥/۲۳ b	۲۷/٤۹ b	۳۰/٦ b	۳۲/۹۳ a	٤۰/۷۹ ab	٤۳/٦۹ b	٤٥/٤۸ c	٥٥/٥٦ a	٥۹/٤۲ b
B	۱٥/٤٤ c	۲۰/٥۲ c	۲٤/۷٤ b	۲٥/۹۳ b	۲۷/٤٤ b	۳۱/٥ ab	۳۳/۱۱ a	٤۱/٥۹ a	٤٥/۱ a	٤٦/۹۱ b	٥۰/۸۳ b	٥٥/٤۳ c
C	۱۷/۷۱ b	۲٥/٤٤ a	۲٦/۷۹ a	۲۸/۱ a	۲۹/٤۹ a	۳۳/۰٤ a	۳۳/٦۲ a	۳۷/۹۲ b	٤۱/٥٥ c	٤۸/۸٥ a	٥۲/۱۲ b	٦۸/۱٤ a
SEM	۰/٤۳۷۷	۰/٤٥٦	۰/۲۲۳	۰/۳۰٥٥	۰/٥۱٦۳	۰/٤۸۲۳	۰/۲۸۰۳	۰/۸٦٤۷	۰/۳۷۷٤	۰/۱٦۷۲	۰/٦۲۹٤	۰/۷٦٦۲

میانگین های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار می باشند (P<۰/۰٥).

A: کنجاله کانولا، B: کنجاله کانولا فرآوری شده با ۰/۵ درصد اوره، C: کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو

جدول ٤- ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک تیمارهای مورد آزمایش (درصد ماده خشک)

تیمار	ضرایب تجزیه‌پذیری				
	a[۱]	b[۲]	c[۳]	ED[٤]	RSD[٥]
A	۲۰/۸۳۳۳ a	٤٤/۷۲۷ b	۰/۰۲۰۲ b	٤۳/۲ b	۱/۷۷۳ b
B	۱۷/۲۰٦۷ b	۳۷/۲۱ c	۰/۰۳۸۸ a	٤۱/۷٦۷ c	۱/۹٦۳۳ b
C	۲۲/۲٦۳۳ a	۷۳/۸۷ a	۰/۰۰۸۹۷ c	٤٥/۱۳ a	۳/٤۹۳ a
SEM	۰/٤۳٤۳	۱/۳۳۲۲	۰/۰۰۱۱	۰/۳۲٤۳	۰/۲۲٤٥

میانگین های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار می باشند (P<۰/۰٥).

۱-ماده خشک محلول در زمان صفر (درصد)۲- مواد قابل تخمیر(درصد) ۳- ضریب ثابت تجزیه در زمان t (درصد در ساعت) ۴- تجزیه‌پذیری مؤثر(میزان عبور در ساعت r= ۰/۰۲) ۵- نحراف معیار خطا.

A: کنجاله کانولا، B: کنجاله کانولا فرآوری شده با ۰/۵ درصد اوره، C: کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو

ضریب b ماده خشک تیمار C با ۷۳/۷۸ درصد و تیمار B با ۳۷/۲۱ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان مواد قابل تخمیر را دارا بودند. صادقی و همکاران (۷) مقادیر بخش‌های a، b، c و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک کنجاله سویا فرآیند نشده را به ترتیب ۲۵/۵، ۶۹/۹۹ درصد و ۴/۵۱ درصد در ساعت و برای کنجاله سویا تفت داده شده به ترتیب ۱۴/۵، ۸۲/۰۱ درصد و ۳/۴۹ درصد در ساعت گزارش کردند که با نتایج آزمایش حاضر متفاوت است که می‌تواند به تفاوت در گونه، واریته، روش‌های متفاوت فرآوری، روش مورد استفاده برای انجام آزمایش، تأثیر عملیات فرآوری، محتویات داخل سلول و شرایط محیطی بستگی داشته باشد.

تجزیه‌پذیری پروتئین خام

حیوانات نشخوارکننده به گونه‌ای متفاوت از حیوانات تک معده‌ای از پروتئین مواد خوراکی استفاده می‌کنند بدین صورت که بخشی از پروتئین خوراک در شکمبه توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و صرف تولید پروتئین میکروبی می‌شود. استفاده از خصوصیات تجزیه‌پذیری پروتئین مواد خوراکی به عنوان ابزارهای اصلی در سیستم‌های جدید بیان کننده ارزش پروتئین خوراک به کار می‌روند (۱۲). میانگین داده‌های ناپدید شدن و ضرایب تجزیه‌پذیری پروتئین خام کنجاله کانولا و کنجاله کانولا عمل‌آوری شده در جداول ۵ و۶ ذکر شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که در صفر ساعت پس از انکوباسیون شکمبه‌ای تیمار B (۱۱/۹۲ درصد) و تیمار A (۱/۶ درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین تجزیه‌پذیری پروتئین خام را دارا بودند. تقی‌زاده و همکاران (۳) برای کنجاله سویا و کنجاله پنبه دانه پس از صفر ساعت انکوباسیون تجزیه‌پذیری پروتئین خام را به ترتیب ۱۷/۷۵ و ۴۸ درصد گزارش نمودند. کنجاله کانولا شاهد در تمام ساعت‌های انکوباسیون شکمبه‌ای تجزیه‌پذیری پروتئین خام کمتری نسبت به دو تیمار دیگر داشت و اختلاف نتایج بدست آمده برای کنجاله کانولا شاهد با دیگر تیمارها در تمام ساعت‌های انکوباسیون معنی‌دار بود ($P<0/05$). نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که بیشترین بخش پروتئین با تجزیه سریع (۱۵/۸۱ درصد) مربوط به تیمار B می‌باشد که با توجه به حلالیت بالای اوره این نتیجه قابل پیش‌بینی بود. کمترین بخش پروتئین با تجزیه سریع مربوط به تیمار A (۴/۷۴ درصد) بود که به دلیل وجود مقادیر ADF بالاتر نسبت به سایر تیمارها مقدار تجزیه‌پذیری پروتئین کمتری را نشان می‌دهد. صادقی و همکاران (۶) ضریب a پروتئین خام کنجاله منداب را ۲۵/۵۱ درصد گزارش نمودند که از نتایج این تحقیق بالاتر است. این اختلافات می‌تواند ناشی از تفاوت در واریته، شرایط محیطی و نحوه فرآوری دانه‌های روغنی از جمله دمای پخت و فشار باشد. شورنگ و همکاران (۵) بخش با تجزیه سریع پروتئین خام کنجاله منداب فرآوری شده با مایکروویو را ۱۵/۵ درصد گزارش نمودند که با نتایج بدست آمده در آزمایش حاضر برای بخش a پروتئین خام کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو (۱۵ درصد) مطابقت دارد. کنجاله منداب حاوی تانن است که ترکیبات پلی‌فنولیک بوده و با پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها ترکیب می‌شوند و تشکیل موادی می‌دهند که در مقابل آنزیم‌ها مقاوم هستند و بدین وسیله قابلیت هضم آنها را کم می‌کنند. تانن‌ها ممکن است با آنزیم‌های گوارشی ترکیب شده و از فعالیت آنها بکاهند علاوه بر این می‌توانند به مخاط روده صدمه بزنند و در جذب آهن خلل وارد کنند (۱۳).

میزان پروتئین خام کنجاله کانولا ۳۲ تا ۳۸ درصد بوده و دارای ترکیب مناسب و با ارزشی از آمینو اسیدها می‌باشد که تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین آن حدود ۶۷ درصد می‌باشد (۱۸). از آنجایی که پروتئین کنجاله کانولا نسبت به دیگر مکمل‌های پروتئینی به سرعت در شکمبه تجزیه می‌شود بنابراین فرآوری این کنجاله به منظور افزایش پروتئین عبوری از شکمبه و کاهش بخش تجزیه‌پذیر آن در شکمبه در سال‌های اخیر مورد توجه واقع شده است. عمل‌آوری کنجاله کانولا با اوره در برخی مطالعات موجب افزایش معنی‌داری در تولید شیر و همچنین کاهش سرعت تجزیه ماده خشک شده است (۳۹).

راع وهمکاران (۳۸) نشان دادند که کنجاله کانولا تیمار شده با فرمالدئید سبب افزایش پروتئین عبوری و جذب بیشتر آمینو اسیدهای ضروری در روده می‌شود. کراستانووا و همکاران (۲۸) نشان دادند تیمار نمودن با فرمالدئید تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله کلزا را به ترتیب ۲۹ و۳۰ درصد کاهش می‌دهد. همچنین نشان دادند تیمار کنجاله کانولا با فرمالدئید تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین جیره شامل سیلاژ گرامینه و کنسانتره حاوی ۳۰ درصد کنجاله کانولا را از ۷۳ درصد به ۶۴ درصد کاهش داد اما مقدار نیتروژن غیرآمونیاکی و آمینو اسیدهای وارد شده به دوازدهه به طور معنی‌داری افزایش نیافت که ناشی از کم بودن محتویات آمینو اسیدهای کنجاله کانولا تیمار شده و ساخت پروتئین میکروبی در شکمبه می‌باشد. خراسانی و همکاران (۲۷) کنجاله کانولا را با اسید استیک مورد فرآوری قرارداده و دریافتند که بخش محلول کاهش و بخش بالقوه قابل تجزیه افزایش یافت که با کاهش نرخ تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین کنجاله کانولا همراه بود. همچنین افزایش معنی‌داری در بخش پروتئین قابل عبور از شکمبه مشاهده شد. رابینسون و همکاران (۴۰) کنجاله کانولا را با سطوح مختلف اسید استیک مورد فرآوری قرارداده و نشان دادند که تیمار اسیدی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین کنجاله کانولا را بدون اثرات سوء بر قابلیت هضم کاهش داد.

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، تیمار B (۱۵/۸۱ درصد) و

تیمار A (۴/۷۴ درصد) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بخش پروتئین خام محلول در زمان صفر (a) بودند و همچنین مقدار کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو (۶۵/۵۵ درصد) بیشتر از کنجاله کانولا شاهد با (۳۱/۰۵ درصد) بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). این موضوع دو علّت می‌تواند داشته باشد، اولاً میزان خاکستر خام در کنجاله کانولا شاهد بیشتر است و برعکس ماده آلی آن کمتر است ثانیاً میزان کل گلوکوزینولات و اسید اروسیک و میزان تجزیه‌پذیری این مواد ضدتغذیه‌ای در کنجاله کانولا شاهد بیشتر از سایر تیمارها است و این امر می‌تواند از فعالیت میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده پروتئین ممانعت نماید و مانع تجزیه‌پذیری پروتئین شود. اختلاف نتایج بدست آمده بین تیمارها برای بخش پروتئین با قابلیت تخمیر (b) از لحاظ آماری معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)، که این می‌تواند ناشی از میزان پروتئین خام بالا در آنها باشد که سبب رشد میکروارگانیسم‌ها شده و تجزیه‌پذیری بیشتر پروتئین را سبب شده است. تجزیه‌پذیری بالقوه (a+b) پروتئین کنجاله کانولا عمل‌آوری نشده در این مطالعه ۳۵/۷۹۳ درصد بود که بیانگر کمتر بودن تجزیه‌پذیری پروتئین خام کنجاله کانولا در شکمبه است. نتایج آزمایش حاضر با نتایج آزمایش شورنگ و همکاران (۵) تفاوت دارند که می‌تواند به تفاوت در واریته، شرایط متفاوت آزمایشی، زمان و دمای فرآوری با مایکروویو بستگی داشته باشد. عمل‌آوری با مایکروویو سبب کاهش بخش سریع تجزیه (a)، افزایش بخش کند تجزیه (b)، کاهش ثابت نرخ تجزیه (c) و در نهایت کاهش تجزیه‌پذیری مؤثر در سرعت‌های مختلف شد. در مطالعه صادقی و شورنگ (۴۲) عمل‌آوری با مایکروویو اثرات مطلوبی بر کاهش تجزیه‌پذیری کنجاله منداب در شکمبه نشان داد. علت کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین به نفوذ امواج کوتاه در ساختارهای درونی کنجاله و ایجاد حرارت یکنواخت بر اثر افزایش حرکت و برخورد مولکول‌های دوقطبی مربوط می‌شود. حرارت ناشی از عمل‌آوری مایکروویو با ایجاد تغییرات ساختمانی در پروتئین‌ها و افزایش آبگریزی سطح مولکول پروتئین به دلیل جدا شدن پیوندهای هیدروژنی و سایر پیوندهای ضعیف غیرکوالانسی و تغییر موقعیت آمینو اسیدها و در نتیجه افزایش آبگریزی سطح مولکول پروتئین سبب تشکیل ژل پروتئینی می‌شود (۲۴) که به کاهش در دسترس بودن گروه‌های فعال شیمیایی مولکول‌های پروتئین و کاهش محلولیت و در نتیجه کاهش تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین در شکمبه منجر می‌شود.

جدول ۵- میانگین تجزیه‌پذیری پروتئین خام تیمارها در زمان‌های مختلف انکوباسیون شکمبه (درصد ماده خشک)

تیمار	زمان‌های انکوباسیون (ساعت)											
	۰	۲	٤	٦	۸	۱۲	۱٦	۲٤	۳٦	٤۸	۷۲	۹٦
A	۱/۶ c	۱۱/۶ c	۱۵/۷۳ c	۱۹/۵۸ c	۲۱/۵۳ c	۲۶/۳۳ b	۲۹/۲۴ c	۳۶/۱۶ c	۳۹/۵۱ b	۴۳/۱۱ c	۴۵/۸۴ c	۵۳/۳۴ c
B	۱۱/۹۲ a	۲۶/۴۹ a	۲۸/۰۳ a	۳۰/۳۱ a	۳۲/۲۲ a	۳۵/۸۲ a	۳۹/۹۲ a	۴۳/۰۶ a	۴۶/۰۵ a	۴۷/۹ b	۵۲/۲۴ b	۵۸/۲۳ b
C	۵/۷۲ b	۱۹/۲ b	۲۴/۶۴ b	۲۷/۴ b	۳۰ b	۳۴/۶۳ a	۳۷/۸۳ b	۳۹/۷۳ b	۴۵/۷ a	۴۹/۸۸ a	۶۵/۶۲ a	۷۳/۱۲ a
SEM	۰/۰۷۰۴۵	۰/۶۱۶۵	۰/۳۱۲	۰/۳۵۳۳	۰/۴۶۳۵	۰/۳۷۷	۰/۲۹۹	۰/۲۳۸	۰/۳۵۳	۰/۴۰۵	۰/۲۲	۰/۴۲۹

میانگین های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار می باشند (P<۰/۰۵).

A: کنجاله کانولا، B: کنجاله کانولا فرآوری شده با ۰/۵ درصد اوره، C: کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو

جدول ٦- ضرایب تجزیه‌پذیری پروتئین خام تیمارهای مورد آزمایش (درصد ماده خشک)

تیمار	ضرایب تجزیه‌پذیری				
	a[۱]	b[۲]	c[۳]	ED[۴]	RSD[۵]
A	۴/۷۴۳ b	۳۱/۰۵ b	۰/۰۵۱ b	۳۶/۵۶۷ c	۳/۱۷۳۳ b
B	۱۵/۸۱۳ a	۳۹/۶۲ ab	۰/۰۶۱۲ a	۴۷/۷ b	۳/۷۹۳۳ a
C	۱۵ a	۶۵/۵۵ a	۰/۰۲ c	۵۴/۶ a	۳/۸ a
SEM	۰/۷۴۷	۷/۸۸۲	۰/۳۷	۰/۹۳	۰/۱۷۶

میانگین های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار می باشند (P<۰/۰۵).

۱-پروتئین خام محلول در زمان صفر (درصد)۲-مواد قابل تخمیر(درصد) ۳-ضریب ثابت تجزیه در زمان t (درصد درساعت) ۴-تجزیه‌پذیری مؤثر(میزان عبور در ساعت r= ۰/۰۲) ۵-انحراف معیار خطا

A: کنجاله کانولا، B: کنجاله کانولا فرآوری شده با ۰/۵ درصد اوره، C: کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو

پروتئین قابل متابولیسم

برای فایق آمدن بر مشکلات حاصل از پروتئین قابل هضم سیستم پروتئین قابل متابولیسم ارائه گردید (۱۴). این سیستم بر مبنای پروتئین میکروبی و پروتئین غذایی تجزیه نشده در شکمبه که قابلیت هضم و جذب در دستگاه گوارش بعد از شکمبه را دارند استوار است. در این سیستم پروتئین میکروبی وارد شده به روده باریک بر مبنای پروتئین مؤثر قابل تجزیه در شکمبه محاسبه می‌گردد. پروتئین مؤثر قابل تجزیه در شکمبه از دو بخش پروتئین با تجزیه سریع و تجزیه آهسته تشکیل می‌شود. پروتئین غذایی غیرقابل تجزیه در شکمبه ولی قابل هضم و جذب در روده باریک پس از تصحیح آن برای میزان نیتروژن غیرقابل حل در شوینده اسیدی محاسبه می‌گردد. لذا در این سیستم برای حصول اطمینان کافی، محاسبه میزان نیتروژن غیرقابل حل در شوینده اسیدی ضروری است (۲). پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه نشان دهنده مقدار کل نیتروژن در شکمبه است که میکروارگانیسم‌های شکمبه آن را برای رشد خود مصرف می‌کنند. هر چه سطح مصرف خوراک افزایش یابد، مقدار پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه(ERDP) به دلیل افزایش سرعت عبور غذا از شکمبه کاهش می‌یابد (۱۲).

داده‌های جدول ۷ اجزای پروتئین قابل متابولیسم (MP) مواد خوراکی مورد آزمایش را نشان می‌دهد. بالا بودن پروتئین با تجزیه سریع در کنجاله کانولا غنی شده با اوره ۰/۵ درصد ناشی از وجود اوره می‌باشد که به شدت محلول است. مقادیر پروتئین با تجزیه آهسته نشان می‌دهد که اختلاف بین نتایج تیمارها از لحاظ آماری معنی‌دار نیست (P>۰/۰۵). پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه در تیمار B با ۱۷۷/۷۲ گرم در کیلوگرم ماده خشک و تیمار A با ۱۲۸/۳۴ گرم در کیلوگرم ماده خشک به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بودند، با توجه به این که پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه ناشی از پروتئین با تجزیه سریع و پروتئین با تجزیه آهسته می‌باشد در نتیجه بیشتر بودن پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه کنجاله کانولا غنی شده با اوره ۰/۵ درصد قابل توجیه است. داده‌های بدست آمده نشان می‌دهند که تیمار B با ۳۲۹/۳۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک پروتئین قابل متابولیسم نسبت به دو تیمار دیگر دارای پروتئین قابل متابولیسم بالاتری بود که این می‌تواند ناشی از عمل‌آوری کنجاله کانولا با اوره باشد همچنین تفاوت در میزان پروتئین قابل متابولیسم کنجاله کانولا شاهد و فرآوری شده با مایکروویو می‌تواند به اختلاف در میزان پروتئین خام و خصوصیات تجزیه‌پذیری این مواد مربوط باشد که منجر به کاهش میزان پروتئین قابل متابولیسم در کنجاله کانولا شاهد نسبت به کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو گردیده است. مقادیر MP و ERDP در جداول NRC، ARC و AFRC با نتایج مطالعه حاضر تفاوت دارند که تفاوت موجود در پروتئین قابل متابولیسم نمونه‌های مورد آزمایش می‌تواند ناشی از تفاوت در ترکیب شیمیایی، تنوع آب و هوایی، تنوع بخش‌های مختلف پروتئین به ویژه پروتئین غیرمحلول در بافر و پروتئین غیرمحلول در شوینده اسیدی باشد و همچنین تفاوت در بخش‌های دیواره سلولی و به ویژه پروتئین به دام افتاده در این دیواره (ADIN) مربوط باشد (۱۴). مصرف کنجاله‌های حاصل از ارقام اصلاح شده کانولا، نتایج مطلوبی را برای کاربرد در دام‌های پرواری و شیری نشان داده است (۳۷).

اندازه‌گیری گاز تجمعی تولیدی

میکروارگانیسم‌های موجود در شکمبه حیوانات نشخوارکننده قادر به تجزیه پروتئین و استفاده از نیتروژن برای ساخت پروتئین میکروبی می‌باشند که در صورت تغذیه همراه با یک منبع کربوهیدراتی سهل الهضم در نشخوارکنندگان، منجر به افزایش ساخت پروتئین میکروبی می‌گردد (۱۰). با توجه به اینکه نسبت نیتروژن آمونیاکی شکمبه به طور منفی با نرخ انتقال نیتروژن اوره‌ای به شکمبه همبستگی دارد لذا تغییر در نسبت اوره یا نیتروژن جیره‌ای که در شکمبه هضم می‌شود می‌تواند باز چرخ نیتروژن اوره‌ای را به شکمبه تغییر دهد که این می‌تواند هضم نشاسته‌ای شکمبه و متعاقباً باز چرخ نیتروژن اوره‌ای را به شکمبه و تجزیه میکروبی نیتروژن را افزایش دهد. اوره وارد شده به شکمبه توسط اوره‌آز باکتریایی سریعاً به آمونیاک هیدرولیز شده و بنابراین، غلظت آمونیاک شکمبه می‌تواند به طور قابل توجه افزایش یابد (۱۴).

جدول ۷- اجزای پروتئین قابل متابولیسم تیمارهای مورد آزمایش (گرم در هر کیلوگرم ماده خشک)

تیمار	QDP[۱]	SDP[۲]	ERDP[۳]	DUP[۴]	MP[۵]
A	۱۷/۰۷۶[c]	۱۱۴/۶۹۰[a]	۱۲۸/۳۴۲[c]	۲۰۰/۹۶۸[b]	۲۸۳/۱۱[b]
B	۶۸/۸۹۹[a]	۱۲۲/۵۹۸[a]	۱۷۷/۷۱۷[a]	۲۱۵/۵۹۴[a]	۳۲۹/۳۳[a]
C	۵۷/۲۲۵[b]	۱۲۴/۸۰۶[a]	۱۷۰/۵۸۶[b]	۱۷۵/۲۰۷[c]	۲۸۴/۳۹[b]
SEM	۳/۲۰۵	۳/۰۳۳	۰/۶۴۲۶	۰/۳۷۵۷	۰/۵۰۷۶

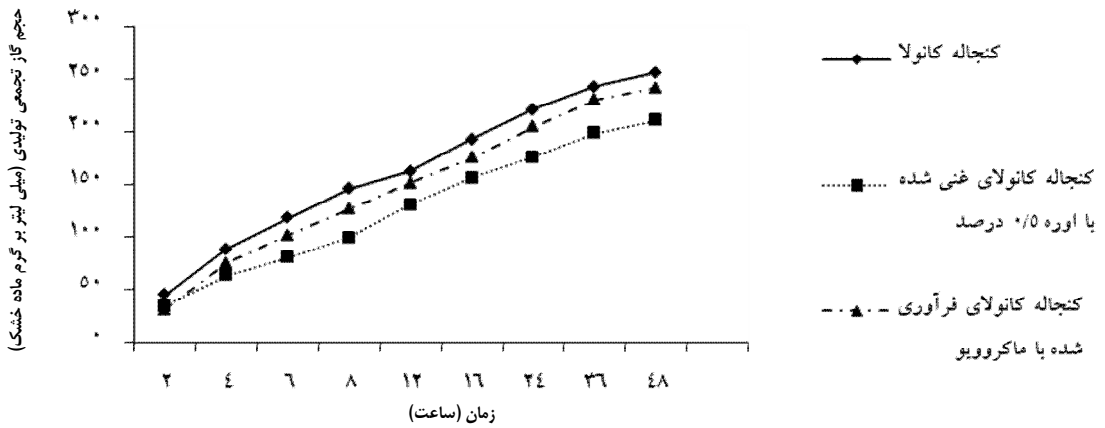
میانگین های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار می باشند (P<۰/۰۵).

۱- پروتئین با تجزیه سریع ۲- پروتئین با تجزیه آهسته۳- پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه ۴-پروتئین غیرقابل تجزیه قابل هضم ۵-پروتئین قابل متابولیسم

A: کنجاله کانولا، B: کنجاله کانولا فرآوری شده با ۰/۵ درصد اوره، C: کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو

زمانی که مواد خوراکی در مایع شکمبه قرار می‌گیرند، کربوهیدرات‌ها تخمیر و به اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و گازها (مخصوصاً CO_2 و CH_4) تبدیل می‌شوند و یا در ساختمان میکروب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. گاز تجمعی تولیدی در نتیجه تخمیر پروتئین‌ها کمتر است، همچنین گاز تجمعی تولیدی از چربی‌ها نیز قابل اغماض می‌باشد. بلومل و ارسکوف (۱۷) از تکنیک تولید گاز تجمعی برای توصیف روند تخمیر ماده خشک براساس معادله $P=a+b\ (1-e^{-ct})$ استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهند که کل گاز تجمعی تولید شده (a+b) همبستگی بالایی با میزان مصرف خوراک (۸۸ درصد ماده خشک)، قابلیت هضم مصرفی (۹۳ درصد) و نرخ رشد (۹۵ درصد) دارد. بلومل و ارسکوف (۱۷) معادلات همبستگی تجزیه‌پذیری ماده خشک و گاز تجمعی تولید شده در زمان‌های مختلف انکوباسیون در چند نمونه کاه را گزارش کردند. بهترین معادلات زمانی بدست آمد که از اطلاعات تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و گاز تجمعی تولیدی پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون استفاده شد (R^2=۰/۹۷). داده‌های مربوط به تولید گاز تجمعی حاصل از تخمیر و ضرایب تولید گاز تجمعی کنجاله کانولا و کنجاله کانولا عمل‌آوری شده در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت بعد از انکوباسیون در شکل ۱ و جدول ۸ ذکر شده است. بالا بودن میزان گاز تجمعی تولیدی بیانگر بالا بودن انرژی متابولیسمی و همچنین نیتروژن قابل تخمیر و سایر مواد مغذی لازم برای فعالیت میکروارگانسیم‌ها می‌باشد (۳۲).

از اختلاف NDF از ADF مقدار همی‌سلولز (HC) بدست می‌آید که در این مطالعه برای تیمارهای A، B و C به ترتیب ۶/۵۶، ۵/۵ و ۷/۰۳ درصد بدست آمده است. همی‌سلولز برعکس مواد ضدتغذیه‌ای که بر تجزیه‌پذیری پروتئین و کربوهیدرات اثر منفی می‌گذارند، در تولید گاز تجمعی مؤثر می‌باشد به طوری که با افزایش مقدار نسبت HC به ADF مقدار قابلیت هضم در تولید گاز تجمعی هم افزایش می‌یابد. پس می‌توان چنین نتیجه گرفت که ساختار دیواره سلولی در قابلیت هضم در تولید گاز تجمعی دارای اثرات فراوانی است و هر ماده خوراکی که همی‌سلولز بیشتری داشته باشد مقدار تولید گاز تجمعی بیشتری نیز خواهد داشت (۳۲).



شکل ۱- گاز تجمعی تولیدی و ضرایب تجزیه‌پذیری تیمارها در زمان‌های مختلف انکوباسیون در روش تولید گاز (میلی لیتر برگرم ماده خشک)

جدول ۸- ضرایب تجزیه‌پذیری تیمارها در زمان‌های مختلف انکوباسیون در روش تولید گاز تجمعی (میلی لیتر برگرم ماده خشک)

تیمار	a[۱]	b[۲]	c[۳]
A	۸/۶۳ [a]	۲۴۳/۵ [a]	۰/۰۹۵ [a]
B	۶/۳۷ [b]	۲۰۷/۲ [b]	۰/۰۷۵ [c]
C	۱/۰۸۸ [c]	۲۳۹/۸ [a]	۰/۰۸۵ [b]
SEM	۰/۱۴	۳/۴۴۴	۰/۰۰۲۲

میانگین های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P<0/05$).

۱- پتانسیل تولید گاز تجمعی بخش محلول(درصد در ماده خشک)۲- پتانسیل تولید گاز تجمعی بخش غیرمحلول(درصد در ماده خشک) ۳-ثابت نرخ تولید(درصد در ماده خشک)

A: کنجاله کانولا، B: کنجاله کانولا فرآوری شده با ۰/۵ درصد اوره، C: کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو

کان (۲۲) نشان داد که در خوراک‌های حاوی درصد بالای پروتئین، به دلیل این که گاز کربنیک در مایع باقی می‌ماند و خارج نمی‌شود، در روش تولید گاز تجمعی ارزش انرژی‌زایی این مواد خوراکی کمتر از میزان واقعی برآورد می‌شود. بنابراین، وقتی تفاوت نمونه‌های خوراکی از لحاظ درصد پروتئین زیاد باشد، باید مقدار گاز تجمعی تولیدی در دامنه‌های با پروتئین زیاد تصحیح شود. با توجه به نزدیک به هم بودن بیشتر ترکیبات شیمیایی (CP، ASH، ADF و NDF) و همچنین درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک در ساعات مختلف، وجود اختلاف در تولید گاز تجمعی در ساعات مختلف بین این دو ماده خوراکی را می‌توان به تفاوت در میزان گلوکوزینولات، اسید اوراسیک و تانن ربط داد چون گلوکوزینولات‌ها و تانن‌ها ترکیباتی هستند که با اتصال به پروتئین‌ها آنها را از دسترس میکروارگانیسم‌ها خارج می‌کنند که در نتیجه آن رشد میکروارگانیسم‌ها محدود شده و تولید گاز تجمعی کاهش می‌یابد.

با توجه به این موضوع که میزان گاز تجمعی تولیدی وابسته به ترکیبات شیمیایی آن ماده غذایی می‌باشد، پس می‌توان نتیجه گرفت عواملی از جمله گونه گیاه، زمان برداشت، بلوغ گیاه، روش‌های فرآوری و دیگر عواملی که ترکیب شیمیایی ماده غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند بر میزان گاز تجمعی تولیدی اثر دارند (۳۲). گاز تجمعی تولیدی تحت تأثیر هیچ عامل دیگری به جز ترکیبات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی مواد غذایی قرار نمی‌گیرد اما تغییر در فعالیت میکروبی مایع شکمبه ممکن است روی نرخ تخمیر اثر بگذارد (۳۱). از جمله عوامل تأثیرگذار در نتایج تولید گاز تجمعی می‌توان زمان برداشت، میزان کربوهیدرات محلول و غیرمحلول در آب، میزان NDF، منشأ مایع میکروبی، گونه دامی دهنده مایع شکمبه، زمان جمع‌آوری مایع شکمبه و جیره غذایی دام دهنده مایع شکمبه را نام برد. تفاوت در میزان گاز تجمعی تولیدی می‌تواند ناشی از تفاوت در مقدار پروتئین محلول در آن و تأمین نیتروژن مورد نیاز برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های تخمیرکننده مواد غذایی و قابلیت بالای تخمیر محتویات کربوهیدراتی و غیرساختمانی آن باشد. اولین عامل محدود کننده در استفاده از کنجاله کانولا در جیره‌های دام، پایین بودن انرژی قابل متابولیسم و انرژی قابل هضم کنجاله کانولا به خاطر مقادیر زیاد الیاف خام و پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول است. علت بالا بودن الیاف خام کنجاله کانولا، باقی ماندن پوسته دانه کانولا پس از فرآوری در کنجاله کانولا می‌باشد به طوری که میزان الیاف خام در کنجاله‌ی کانولا ۱۲ درصد بالاتر از کنجاله سویا است (۱۰). کنجاله کانولا دارای مقادیر متوسط از ADF و مقدار کمتری NDF است که نسبت پایین NDF:ADF در کنجاله کانولا برای تغذیه نشخوارکنندگان سودمند است.

همبستگی بین نتایج تولید گاز تجمعی و ناپدید شدن ماده‌ی خشک و پروتئین خام

همبستگی بین نتایج ناپدید شدن ماده خشک و تولید گاز تجمعی تیمارهای مورد آزمایش در جدول ۹ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهند همبستگی بین تجزیه‌پذیری پروتئین خام و تولید گاز تجمعی کنجاله کانولا غنی شده با اوره ۰/۵ درصد (۰/۹۹۴) و همبستگی بین تجزیه‌پذیری پروتئین خام و تولید گاز تجمعی کنجاله کانولا شاهد (۰/۹۸۷) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین همبستگی بودند. بنابراین تفاوت در بین میانگین‌های تجزیه‌پذیری و تولید گاز می‌تواند مربوط به ماهیت مواد غذایی باشد (۴۴).

نتایج بدست آمده نشان می‌دهند همبستگی بین تجزیه‌پذیری ماده خشک و تولید گاز تجمعی دارای بیشترین همبستگی بین تیمارها بودند ولی از مقادیر همبستگی بین تمام تیمارهای تولید گاز تجمعی و تجزیه‌پذیری پروتئین خام کمتر بودند. با توجه به داده‌های بدست آمده در این آزمایش، علیرغم وجود تفاوت در میزان همبستگی ماده خشک و پروتئین خام مواد آزمایشی، کمتر تحت تأثیر واریته آنها قرار می‌گیرد. همبستگی بالای بین نتایج تولید گاز تجمعی و روش کیسه‌های نایلونی نشان دهنده دقت بالای آزمایش است و می‌توان از روش تولید گاز تجمعی با توجه به سهولت داده‌برداری در روش تولید گاز تجمعی، نیاز به تعدد نمونه کم جهت بررسی روند تخمیر و تولید اطلاعات اضافی (مانند ME و OMD)، و پتانسیل خوب این روش برای پیش‌بینی ناپدید شدن ماده خشک و پارامترهای تجزیه‌پذیری، همچنین برای برآورد میزان تخمیر و تخمین ارزش غذایی مواد خوراکی به جای روش کیسه‌های نایلونی استفاده نمود.

جدول ۹- مقادیر همبستگی بین گاز تجمعی تولیدی توسط تیمارهای مورد آزمایش و ناپدید شدن پروتئین خام و ماده خشک

تیمارها	ضرایب همبستگی با تولید گاز تجمعی	
	ناپدید شدن پروتئین خام	ناپدید شدن ماده خشک
A	۰/۹۸۷	۰/۹۵۸
B	۰/۹۹۴	۰/۹۷۶
C	۰/۹۸۹	۰/۹۳۲

A: کنجاله کانولا، B: کنجاله کانولا فرآوری شده با ۰/۵ درصد اوره، C: کنجاله کانولا فرآوری شده با مایکروویو

نتیجه‌گیری

تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) در میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام در ساعات مختلف انکوباسیون بین تیمارهای مورد آزمایش مشاهده شد. همبستگی بالایی بین گاز تجمعی تولیدی، میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک به روش‌های *In situ* و *In vitro* وجود داشت. کنجاله کانولا غنی شده با ۰/۵ درصد اوره دارای بیشترین میزان پروتئین قابل متابولیسم و کنجاله کانولا شاهد دارای کمترین میزان پروتئین قابل متابولیسم بودند. استفاده از مایکروویو راهبرد مناسبی برای افزایش بازدهی مورد استفاده قرار گرفتن پروتئین خام آن است. نتایج تجزیه‌پذیری مؤثر و قابلیت هضم کنجاله کانولا با قدرت ۸۰۰ وات به مدت ۱/۳۰ دقیقه سبب عبوری شدن پروتئین خام می‌شود. عمل‌آوری با مایکروویو به دلیل سریع و کم هزینه بودن روش مفیدی برای تغییر تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله دانه‌های روغنی است. با توجه به نتایج این تحقیق، مشخص می‌شود که کنجاله کانولا و کنجاله کانول عمل آوری شده با ۰/۵ درصد اوره و مایکروویو از پتانسیل هضمی بالایی برخوردار هستند و در صورت اطلاعات بیشتر می‌توانند به عنوان خوراک جایگزین در جیره نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

۱- اسدیان اصفهانی، ا.، ش. مشرف.، ح. گلمحمدی.، م. راستی.، ا. رنجبری.، و م. کوهی حبیبی. ۱۳۸۳. کاربرد سطوح مختلف کنجاله کلزا در جیره گوساله‌های نر هلشتاین. طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان بخش تحقیقات علوم دامی.

۲- تقی زاده، ا.، و پ. فرهومند. ۱۳۸۶. تغذیه علمی گاوشیری. انتشارات جهاد دانشگاهی اورمیه. ۲۲۳ صفحه.

۳- تقی‌زاده، ا.، م. دانش مسگران.، ر. ولی‌زاده.، و ف. افتخار شاهرودی. ۱۳۸۲. بررسی مدل هضمی شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام مواد خوراکی با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی متحرک. مجله دانش کشاورزی. ۱۳ (۱): ۱۱۳-۱۰۱.

۴- دانش مسگران، م.، م. فتحی نسری.، و ر. ولی‌زاده.۱۳۸۴. ترکیب شیمیایی فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و ناپدیده شدن شکمبه‌ای و روده‌ای پروتئین دانه کلزای خام یا حرارت داده شده در گوساله‌های نر هلشتاین. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۱۹ (۱): ۱۸۹-۱۸۱.

۵- شورنگ، پ.، ع. نیکخواه.، و ع. صادقی. ۱۳۸۷. اثر عمل‌آوری میکروویو بر تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله مندآب در شکمبه گاو. مجله پژوهش و سازندگی. ۷۸: ۱۲۴-۱۱۷.

۶- صادقی، ع.، ع. نیکخواه.، پ. شورنگ.، و م. مرادی شهر بابک.. ۱۳۸۵. مطالعه روند تجزیه پذیری پروتئین کنجاله منداب فرآیند نشده و تف داده شده در شکمبه گاو با روش کیسه های نایلونی و الکتروفورز ژل پلی آکریلامید. مجله پژوهش و سازندگی. ۷۰: ۷۲-۶۵.

۷- صادقی، ع.، ع. نیکخواه.، و پ. شورنگ. ۱۳۸۴. اثر فرآیند حرارتی بر تجزیه‌پذیری پروتئین کنجاله سویا در شکمبه گاو. مجله علوم کشاورزی. ۱۱ (۳): ۱۹۹-۱۸۹.

۸- صفافر، ح. ۱۳۸۲. استفاده از کنجاله کلزا در تغذیه دام، طیور و آبزیان. چاپ اول، انتشارات جامعه نو. ۵۶ صفحه.

۹- طهمزی، ی. ۱۳۸۹. تعیین ضرایب تجزیه‌پذیری و خصوصیات تولید گاز کنجاله کانولای بدون فرآوری و فرآوری شده با اوره و مایکروویو در گوسفند قزل. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه. ۹۸ صفحه.

۱۰- محمدزاده، ه.، ا. تیموری یانسری.، ج. غفاری چراتی.، و ص. کریم‌زاده. ۱۳۸۶. تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری مواد مغذی کنجاله کانولا فرآوری شده با مواد شیمیایی در شکمبه گوسفند. پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۵ (۲): ۷۹-۶۷.

۱۱- مقدم، م. ۱۳۸۹. تعیین ارزش غذایی برخی مواد خوراکی با استفاده از روش‌های کیسه‌های نایلونی و تولید گاز در گوسفند قزل. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه. ۹۴ صفحه.

۱۲- مقدم، م.، ا. تقی‌زاده.، ع. نوبخت.، و ا. احمدی. ۱۳۹۰. ارزش غذایی تفاله انگور و برگ مو کشمشی با استفاده از روش‌های کیسه‌های نایلونی و تولید گاز. نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران. ۳ (۴): ۴۴۳-۴۳۵.

۱۳- هاشمی، م. ۱۳۷۰. تغذیه دام و طیور و آبزیان. چاپ اول، انتشارات فرهنگ جامع. ۲۸۰ صفحه.

14- Ahmadi, A., M. Moghaddam., A. Taghizadeh., and A. Safamehr. 2013. Effect of treated barley grain with sodium hydroxide, urea and formaldehyde on degradability of crude protein using in situ. Global J. Anim. Sci. Res., 1(1):39-45.

15- Akildiz, A. R. 1983. Feed science technology. Ankara uni. Agriculture faculty.

16- AOAC. 1990 .Official Methods of Analysis. Vol. II. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists ,

Arlington, VA.
17- Blummel, M., and E. R. Ørskov. 1993. Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting of food intake in cattle. J. Anim. Feed Sci. Technol., 40:109-119.
18- Boila, R. J., and J. R. Ingalls. 1992. In situ rumen digestion and escape of dry matter, nitrogen and amino acids in canola meal. Can. J. Anim. Sci., 72:891-901.
19- Brunschwig, P. J. Bureau., M. Cadot., and G. Colin. 1994. Use of rapeseed meal low in glucosinolates for dairy cows and young bulls. Aeres rencontres autour des recherches surlesruminants, Paris, 1-2decembre, 237-240.
20- Church, D. C. 1980. Digestive physiology and nutrion of ruminants. Volum 1, 2, 3. Second ed, 0.8 books inc. U.S.A.
21- Church, D. C., and W. G. Pon. 1988. Basis animal nutrition and feeding. Third ed. Jhon wiley and sons pub., N.Y.
22- Cone, J. W. 1998. Influence of protein fermentation on gas production profiles. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 7:36-43.
23- Fedorak, P. M., and D. E. Hurdy. 1983. A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. Environ. Technol. Leu., 4:425-432.
24- Folawiyo, Y. L., and R. K. O. Apenten. 1997. The effect of heat and acid-treatment on the structure of rapeseed albumin (napin). Food Chemistry. 58:237-243.
25- Gonzelez, J., J. Marmol., B. Matesanz., C. Rodriguez., and M. Remedios Alvirin. 2003. In situ intestinal digestibility of dry matter and crude protein of cereal grains and rapeseed in sheep. INRA, EDP Sci. Dev., 43:29–40.
26- Homolak, P., J. Harazim., and J. Trinacty. 2007. Nitrogen degradability and intestinal digestibility of rumen undegraded protein in rapeseed, rapeseed meal and extracted rapeseed meal. Czech J. Anim. Sci., 52:378–386.
27- Khorasani, G. R., P. H. Robinson., and J. J. Kennelly. 1993. Effects of canola meal treated with acetic acid on ruminal degradation and intestinal digestibility in lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 76:1607-1616.
28- Krastanova, M. P., P. Lebzien., and K. Roher. 1994. Comparison of in vivo and in situ studies on feed protein degradation in the rumen and amino acid pattern of the undegraded feed protein. J. Anim. Phy. Nutri., 72:92-100.
29- McDougall, E. I. 1948. The composition and output of sheep in saliva. J. Bio Chem., 43:99-109.
30- McKinon, J. J., J. A. Olubobokun., A. Mustafa., and R. D. H. Christensen. 1995. Influence of dry heat treatment of canola meal on site and extent of nutrient disappearance in ruminants. J. Anim. Feed Sci. Technol., 56:243-252.
31- Menke, K. H., and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. J. Anim. Res. Dev., 28:7-55.
32- Moghaddam, M., A. Taghizadeh., A. Nobakht., and A. Ahmadi. 2012. Determination of metabolizable energy of grape pomace and raisin vitis leaves using in vitro gas production technique. International Journal of Agriculture: Research and Review. 2(S):891-896.
33- Morrison, F. B. 1984. Feeds and feeding. 22nd. ed. Morrison Pub., Comp., U.S.A.
34- National Research Council. 2001. Nutrient Requrments of Sheep sthed. Natl, Acad. Sci., Washington, DC.
35- Ørskov, E. R., and P. McDonald. 1979. The estimation of protein digestibility in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage, Cambridge. J. Agric. Sci., 92:499-503.
36- Paquay, R., S. N. M. Mandiki., J. L. Bister., G. Derycke., J. P. Wathelet., N. Mabon., and M. Marlier. 2003. Optimization of rapeseed meal use for fattening bulls. Available in www.regional.org.au/au/gcirc/1/255.html
37- Plonka, S., W. Kiec., J. Korelesski., and J. Piorkowski. 1985. Extracted rapeseed meal in pig, poultry, cattle and sheep feeding. Biuletyn-Informacyjny-Instytut Zootechniki, 23:1/2. 31-45. USSR
38- Rae, R. C., J. R. Ingalls., and J. A. McKirdy. 1983. Response of dairy cows to formaldehyde treated canola meal during early lactation. Canadaian J. Anim. Sci., 63:905-915.
39- Robinson, P. H., and J. J. Kennelly. 1988. Infuence of ammonatiation of high moisture barley on its in situ rumen degradability and in fluence on rumen fermentation in dairy cows. Canadaian J. Anim. Sci., 68:839-851.
40- Robinson, P. H., G. R. Khorasani., and J. J. Kennelly.1993. Forestomach and whole tract digestion in lactating dairy cows fed canola meal treated with variable levels of acetic acid. J. Dairy Sci., 76:552-561.
41- Rowe, B., M. choct., and D.W. pethick. 1999. processing cereal grains for animal feeding. Aust. J. Agric. Res., 50:21-736.
42- Sadeghi, A. A., and P. Shawrang. 2006. Effects of microwave irradiation on ruminal degradability and in vitro digestibility of canola meal. J. Anim. Feed Sci. Technol., 127: 45-54.
43- SAS Inc. 2002. Sas User's Guide: Statistics. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC.
44- Singh, B., A. Sahoo., R. Sharma., and T. K. Bhat. 2005. Effect of polyethylene glycol on gas production parameters and nitrogen disappearance of some tree forages. J. Anim. Feed Sci. Technol., 123:351-364.