



فرشید فتاح نیا^۱، علی خطیب جو^۲، سید غلام رضا موسوی^۳، طاہر محمدی زاد^۴، حامد طہماسبی^۵ و

امین اللہ یورملکشاہی^۳

۱- دانشیار، دانشگاه ایلام، نویسنده مسؤول: ffatahnia@yahoo.com

۲ و ۳- استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه ایلام

تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۲۹

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۱۶

اثر روش خشک کردن بر ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه یونچه برداشت شده در عصر یا عصر بررسی شد. تیمارهای آزمایشی شامل این موارد بودند: یونچه برداشت شده در صبح و خشک شده در آفتاب؛ یونچه برداشت شده در عصر و خشک شده در آفتاب؛ یونچه برداشت شده در صبح و خشک شده در سایه؛ یونچه برداشت شده در آن، یونچه برداشت شده در عصر و خشک شده در آن؛ یونچه برداشت شده در صبح و خشک شده در میکروویو و یونچه برداشت شده در عصر و خشک شده در میکروویو. قابلیت هضم و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه در آزمایشگاه با روش‌های دو مرحله‌ای و تولید گاز تعیین شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار ایلف شوینده اسیدی و کمترین مقدار ماده خشک به ترتیب در یونچه خشک شده در آن و سایه دیده شد ($P < /0\cdot5$). کمترین مقدار بخش C نیترژن در یونچه خشک شده در سایه و بالاترین مقدار پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه در یونچه خشک شده در میکروویو مشاهده شد ($P < +/0\cdot5$)، بیشترین تولید گاز مربوط به یونچه برداشت شده در عصر و خشک شده در سایه یا میکروویو بود ($P < +/0\cdot5$). تولید توده میکربی و ضریب تسهمیم در یونچه برداشت شده در صبح و خشک شده در آن پایین‌ترین مقدار دیده شد ($P < +/0\cdot5$). بیشترین و کمترین قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و حقیقی ماده آلی به ترتیب در یونچه برداشت شده در عصر و خشک شده در سایه، یونچه برداشت شده در صبح و خشک شده در آن مشاهده شد ($P < +/0\cdot5$). به طور کلی یونچه برداشت شده در عصر در مقایسه با صبح و یونچه خشک شده در سایه یا میکروویو در مقایسه با آفتاب با آور کیفیت بهتری داشت.

واژه‌های کلیدی: یونجه، آفتاب، سایه، میکروویو، بخش نیتروژن، تولید گاز

پروتئین و کاهش مصرف ماده خشک آن می‌شوند. هدف خشک کردن مناسب علوفه‌ها توقف فعالیت‌های زیستی و تنفسی سلول‌های گیاهی یا میکروبی از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌ها و کاهش محتوای آب به منظور افزایش زمان نگهداری در انبار، حفظ مواد مغذی قابل هضم، آسیاب کردن و تجزیه شیمیایی است (۳۸). در مزرعه و آزمایشگاه از روش‌های مختلفی برای خشک کردن علوفه‌ها استفاده می‌شود که می‌توان به خشک کردن در آفتاب و سایه، استفاده از مواد شیمیایی و خشک کردن انجمادی و حرارتی مانند خشک کردن در آون یا میکروویو اشاره کرد (۳۸،۳). نوع روش خشک کردن و شرایط آن بر ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای علوفه‌ها اثر دارد (۳۲،۱۳). برای مثال خشک کردن علوفه در آون به مدت طولانی سبب می‌شود که محتوای الیاف شوینده خنثی (۳) و محتوای لیگنین (۳۰)، اتلاف ماده آلی (۲۶) افزایش یابد و کل کربوهیدرات‌های غیرساختمانی و در بعضی شرایط تولید فرآورده‌های غیرقابل هضم ناشی از واکنش میلارد کاهش پیدا کند (۳۸). این تغییرات سبب کاهش ارزش غذایی و قابلیت هضم علوفه برای دام می‌شود. بنابراین انتخاب روش، زمان و دمای خشک کردن باید با دقت لازم انجام شود تا از تغییرات کیفی و کمی قابل توجه در ارزش تغذیه‌ای نمونه جلوگیری شود (۴۲). روش‌های خشک کردن حرارتی سریع مانند روش مایکروویو با کاهش سریع فعالیت‌های تنفسی گیاه سبب بهبود کیفیت علوفه می‌شود (۳۸).

یونجه یکی از مهم‌ترین فرآورده‌های علوفه‌ای در دنیا (۱۸) و مهم‌ترین محصول علوفه‌ای برای گاوهای شیری در ایران است (۲۴). یونجه حاوی سطوح بالای مواد مغذی، قابلیت هضم بالا و نسبت مناسبی از ترکیبات ساختمانی به غیر ساختمانی است (۴۴). ارزش تغذیه‌ای و بخش‌های کربوهیدرات و پروتئین علوفه یونجه به وسیله عوامل متعددی از قبیل واریته، مرحله بلوغ، شرایط آب و هوایی و زمان برداشت در طول روز بستگی دارد (۴۴،۴۳). برای مثال علوفه یونجه برداشت شده در عصر حاوی مقدار کربوهیدرات قابل حل بیشتری در مقایسه با علوفه یونجه برداشت شده در صبح می‌باشد (۴۳،۱۲،۱۰). نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد با وجود این که محتوای پروتئین یونجه بالا است اما در بیشتر موارد از راندمان مناسبی برای قابلیت هضم و تولید پروتئین میکروبی برخوردار نیست که از دلایل آن را می‌توان به طول زمان نگهداری علوفه در انبار و نوع روش خشک کردن آن دانست (۴۱).

ارزش تغذیه‌ای علوفه‌ها در طی خشک کردن با روش نامناسب و ذخیره‌سازی در انبار به دلیل تنفس گیاه و اکسیداسیون و تخمیر مواد مغذی، شکستن برگ‌ها و غیره کاهش می‌یابد. این عوامل به طور نامطلوبی بر بیشتر ترکیبات قابل هضم گیاه به ویژه، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های قابل حل در آب اثر دارند، به طوری که سبب افزایش محتوای لیاف، کاهش ماده آلم و قابلیت هضم

کاشت شد. در زمان کاشت و داشت از کود برای حاصل خیزی خاک استفاده نشد و آبیاری در ۲ نوبت در هفته با روش بارانی انجام شد. در تاریخ ۲۷ تیر ماه سال ۱۳۹۲ در زمان چین دوم و قبل از گل دهی، نمونه های یونجه در ساعت ۶ و ۱۸ از قسمت های مختلف زمین به شکل کاملاً تصادفی و به روش دستی از ارتفاع ۵ سانتی متر بالاتر از سطح خاک برداشت شد. نمونه های یونجه برداشت شده در صبح یا عصر بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و به طور کاملاً تصادفی به ۴ بخش تقریباً مساوی تقسیم شدند.

خشک کردن

نمونه های جمع آوری شده در صبح یا عصر با روش های مختلف خشک شدند. این روش ها شامل خشک کردن در آفتاب به مدت ۴۸ ساعت، خشک کردن در سایه به مدت ۴۸ ساعت، خشک کردن در آون در دمای ۵۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت و خشک کردن در مایکروویو به مدت ۵ دقیقه با قدرت ۶۰۰ وات بودند. لازم به ذکر است که در زمان خشک کردن در آفتاب و سایه از دماسنج جیوه ای در کنار نمونه ها استفاده شد که میانگین دمای هوا در محل خشک کردن آن ها به ترتیب ۳۵ و ۲۶ درجه سانتی گراد بود. تیمارهای آزمایشی این موارد را شامل بود: یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در آفتاب، یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در آفتاب، یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در سایه، یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در سایه، یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در آون، یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در آون، یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در مایکروویو، یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در مایکروویو، سپس نمونه های یونجه با آسیاب الکتریکی (آسیاب IKA مدل MF 10 Basic, Germany) به قطعات یک میلی متری تبدیل و تا زمان آنالیز در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

تجزیه شیمیایی، تعیین بخش های نیتروژن و پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه

از هر نمونه ۳ تکرار برای تعیین ماده خشک، ماده آلی، خاکستر، پروتئین خام، عصاره اتری و الیاف شوینده اسیدی مطابق با روش AOAC (۵)، و الیاف شوینده خنثی^{۱۴} (تصحیح شده برای خاکستر) با روش ون سوست و همکاران (۳۹) و بخش های مختلف نیتروژن شامل بخش های نیتروژن غیرپروتئینی (بخش A)، پروتئین قابل حل در بافر (بخش B₁)، پروتئین قابل حل در شوینده خنثی (بخش B₂)، پروتئین غیرقابل حل در شوینده خنثی (بخش B₃) و پروتئین غیرقابل حل در شوینده اسیدی (بخش C) با روش لیستترا و همکاران (۲۵) اندازه گیری شد. محتوای پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه برای نرخ عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت مواد هضمی از شکمبه با استفاده از معادلات کیرچوف (۲۳) محاسبه شد:

$$\begin{aligned} RUP_2 &= 204.3207 + (1.0753 \times C) + (-0.0014 \times (CP \times (A + B_1))) \\ RUP_3 &= 321.9023 + (0.1676 \times ADF) + (-0.0022 \times (CP \times (A + B_1))) + (0.0001 \times (CP \times C_2)) \\ RUP_8 &= 285.5459 + (1.2143 \times C) + (0.0005 \times (NDF \times B_2)) + (-110.1740 \times ((A + B_1) / NDF)) \end{aligned}$$

ارزیابی قابلیت هضم علوفه ها با روش های درون تنی^۱ در مقایسه با روش های برون تنی^۲ هزینه بر، وقت گیر و به جراحی و نگهداری حیوان نیاز دارد. با روش های برون تنی می توان داده های مناسب و معتبر با صرف هزینه و زمان کمتر به دست آورد. از روش های برون تنی مانند روش های شیمیایی و بیولوژیکی مختلفی برای ارزیابی ارزش تغذیه مواد خوراکی استفاده می شود (۲۷). روش تولید گاز^۳، روشی برون تنی ساده، ارزان، دقیق، با قابلیت تکرارپذیری بالا و قابل انجام برای تعداد زیادی نمونه برای اندازه گیری نرخ و میزان تخمیر در زمان های مختلف انکوباسیون، پیش بینی مصرف ماده خشک، قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم^۴ محسوب می شود (۳۸، ۳۷).

سیستم پروتئین و کربوهیدرات خالص کرنل^۵ نیز یک روش برون تنی است که سرعت تجزیه مواد غذایی و عبور مواد تجزیه نشده از شکمبه و نیز مقادیر انرژی و پروتئین قابل متابولیسم مورد استفاده برای نشخوارکنندگان را ارزیابی می کند. به طور کلی، در این مدل پروتئین خام به سه بخش A، B و C که به ترتیب شامل نیتروژن غیرپروتئینی، پروتئین حقیقی و پروتئین غیرقابل دسترس تقسیم بندی می شود. بخش B نیز با توجه به میزان تجزیه پذیری در شکمبه شامل سه بخش B₁ با تجزیه پذیری سریع در شکمبه، B₂ تجزیه پذیر در شکمبه و بخش های پایین تر دستگاه گوارش و B₃ غیرقابل تجزیه در شکمبه اما تجزیه پذیر در روده کوچک است (۳۸).

با توجه به مطالب ذکر شده نوع روش خشک کردن علوفه با تغییر در ترکیب شیمیایی یا تولید ترکیبات غیرقابل هضم می تواند سبب تغییر در پارامترهای شکمبه مانند تولید اسیدهای چرب فرار و تولید پروتئین میکروبی، قابلیت هضم و غیره شود. بنابراین یافتن روشی مناسب برای خشک کردن علوفه یونجه که کمترین اثر منفی بر کیفیت آن داشته باشد ضروری است. در این آزمایش ما فرض کردیم که با افزایش شدت حرارت برای خشک کردن علوفه برداشت شده در عصر، احتمال تشکیل فرآورده های واکنش میلارد افزایش می یابد که حتی می تواند بر بخش های مختلف پروتئین و کربوهیدرات و قابلیت هضم علوفه یونجه اثر منفی داشته باشد. بنابراین هدف این پژوهش بررسی اثر روش های مختلف خشک کردن یونجه برداشت شده در صبح یا عصر شامل موارد زیر بود: روش خشک کردن در آفتاب، سایه، آون و مایکروویو بر ترکیب شیمیایی، بخش های نیتروژن و محتوای پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه^۶، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک^۷ و قابلیت هضم حقیقی ماده آلی^۸، تولید گاز، ضریب تسهیم^۹، تولید توده میکروبی^{۱۰}، بازده تولید توده میکروبی^{۱۱}، فراستجه های تخمیر شکمبه (pH و غلظت آمونیاک و اسیدهای چرب فرار^{۱۲}) و انرژی قابل متابولیسم^{۱۳}.

مواد و روش ها

تهیه یونجه

در تاریخ ۱۰ اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۲ مقدار ۴۰۰ گرم بذر یونجه رقم یزدی در زمینی به مساحت ۸۰ متر مربع

1- In vivo 2- In vivo 3- Gas Production (GP)
5- Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPs)
7- Apparent Dry Matter Digestibility (ADMD)
9- Partitioning Factor (PF)
11- Microbial Biomass Production Efficiency (MBPE)
13- Acid Detergent Fibre (ADF)

4- Metabolizable Energy (ME)
6- Rumen Undegradable Protein (RUP)
8- True Organic Matter Digestibility (TOMD)
10- Microbial Biomass Production (MBP)
12- Volatile Fatty Acids (VFA)
14- Neutral Detergent Fibre (NDF)

در معادلات بالا، RUP_2 ، RUP_5 و RUP_8 به ترتیب پروتئین غیرقابل حل در شکمبه در سطح ۲، ۵ و ۸ درصد مواد هضمی در ساعت از شکمبه، A ، B_1 ، B_2 ، B_3 و C بخش‌های مختلف پروتئین، CP ، ADF و NDF به ترتیب محتوای پروتئین خام، الیاف شوینده اسیدی و الیاف شوینده خنثی نمونه‌ها می‌باشند.

قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی با روش هضم دو مرحله‌ای قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و حقیقی ماده آلی نمونه‌های یونجه در آزمایشگاه بر اساس روش تیلی و تری (۳۷) و تغییرات اعمال شده از سوی گالیان (۱۵) انجام شد. برای این کار در ۰/۵ ساعت قبل از خوراک نوبت صبح، مایع شکمبه از ۳ رأس کوچ فیستولدار کردی هم سن با متوسط وزن $3 \pm 66/3$ کیلوگرم جمع‌آوری شد. دام‌ها در سطح نگهداری و ۲ نوبت در روز با جیره حاوی ۷۰ درصد علوفه و ۳۰ درصد کنسانتره تغذیه شدند. نمونه‌های مایع شکمبه با چهار لایه پارچه صاف و در شرایط کاملاً بی‌هوازی در درون فلاسک از قبل گرم شده با آب ۳۹ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل شد. مایع شکمبه تا زمان استفاده در حمام آب گرم با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد نگهداری و به‌طور مداوم به درون آن گاز دی‌اکسید کربن دمیده شد. نیم گرم نمونه از هر تیمار در ۳ تکرار در داخل لوله‌های ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و مقدار ۲۸ میلی‌لیتر محلول بزاق مصنوعی مک‌دوگال (۲۸) و ۷ میلی‌لیتر مایع شکمبه صاف شده در شرایط کاملاً بی‌هوازی به لوله‌ها اضافه و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد در داخل بن‌ماری انکوباسیون شدند. پس از ۴۸ ساعت، لوله‌ها به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. پس از جدا کردن مایع رویی، مقدار ۳۵ میلی‌لیتر محلول پیپسین (شرکت سیگما) اسیدی به باقی‌مانده نمونه‌های درون لوله‌ها اضافه شد و انکوباسیون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد ادامه یافت. پس از پایان انکوباسیون، محتویات لوله‌ها با کاغذ صافی بدون خاکستر صاف شد. باقی‌مانده نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و وزن آن‌ها پس از قرار گرفتن در دسیکاتور ثبت شد. سپس به منظور بررسی قابلیت هضم حقیقی ماده آلی، خاکستر باقیمانده نمونه‌ها به مدت یک شب در کوره با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری و سپس قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و حقیقی ماده آلی محاسبه شد.

تولید گاز، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه و انرژی قابل متابولیسم برای بررسی اثر روش خشک کردن بر تولید گاز، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه و انرژی قابل متابولیسم از روش ماکار (۲۷) استفاده شد. مایع شکمبه مشابه با مایع استفاده شده در روش هضم دو مرحله‌ای تهیه و در حضور دی‌اکسید کربن در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد با نسبت ۱ به ۳ با محلول بزاق مصنوعی مخلوط شد. ترکیب محلول بزاق مصنوعی شامل محلول بافر بی‌کربنات، محلول ماکرومینرال، محلول میکرومینرال، رزاورین و محلول احیاکننده بود. در این آزمایش، سه تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد. همچنین

آزمایش در ۳ روز متوالی تکرار شد (یعنی کلاً برای هر تیمار ۹ تکرار). مقدار ۵۰۰ میلی‌گرم از نمونه‌های یونجه مربوط به هر تیمار در داخل بطری‌های شیشه‌ای ۱۲۰ میلی‌لیتری ریخته شد. سه بطری بدون نمونه یونجه و حاوی مخلوط مایع شکمبه و بزاق مصنوعی یعنی بلانک در نظر گرفته شدند. مقدار ۴۰ میلی‌لیتر از مخلوط تهیه شده به هر بطری شیشه‌ای اضافه شد. بطری‌ها در داخل حمام آب گرم با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داشتند و درب آن‌ها با درپوش پلاستیکی و فلزی با استفاده از دستگاه پرس درب ویال محکم بسته شد. سپس بطری‌ها در داخل انکوباتور شیکردار با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و حجم گاز تولیدی درون آن‌ها پس از ۲۴ ساعت با استفاده از دستگاه فشارسنج (مدل Testo 512، Germany) ثبت شد. پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون، محتویات بطری‌ها به داخل لوله‌هایی منتقل و با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. پس از اندازه‌گیری pH با دستگاه pH متر (مدل WTW 330i/SET)، مایع رویی جدا و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری آمونیاک نگهداری شد. غلظت آمونیاک با استفاده از روش برودریک و کانگ (۱۱) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، محتویات لوله‌های حاوی باقی‌مانده خوراک به درون کیسه‌های پلی‌استر (قطر منافذ ۴۰ میکرومتر) از قبل توزین شده منتقل شدند و در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. پس از توزین کیسه‌ها قابلیت هضم ظاهری ماده خشک محاسبه شد. برای اندازه‌گیری قابلیت هضم حقیقی ماده آلی، با فرض این که شوینده خنثی توده میکروبی را به طور کامل خارج می‌کند (۳۸)، کیسه‌های محتوای باقی‌مانده خشک به مدت یک ساعت در محلول شوینده خنثی جوشیده شدند. سپس کیسه‌ها به طور کامل با آب مقطر شسته شدند و در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و وزن آن‌ها ثبت شد. باقی‌مانده درون کیسه‌ها با دقت برداشته و خاکستر آن‌ها در کوره الکتریکی با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. سپس ماده آلی تجزیه شده خوراک تعیین و قابلیت هضم حقیقی ماده آلی محاسبه شد. ضریب تسهیم از نسبت ماده آلی تجزیه شده به میلی‌لیتر گاز تولیدی در ۲۴ ساعت انکوباسیون محاسبه شد. تفاوت وزن کیسه قبل و بعد از جوشیدن در شوینده خنثی، توده میکروبی در نظر گرفته شد (۸). بازده تولید توده میکروبی از نسبت تولید توده میکروبی و ماده آلی تجزیه شده به دست آمد (۹). میزان انرژی قابل متابولیسم با استفاده از رابطه زیر برآورد شد (۲۹).

$$= (\text{مگاژول در کیلوگرم ماده خشک}) \text{ انرژی قابل متابولیسم } CP^2 + 0.05VCP + 0.136GP + 0.29 \\ \text{کل اسیدهای چرب فرار با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد} \\ (7):$$

$$= (0.425 - (0.222 \times GP)) \text{ (میلی‌مول) کل اسیدهای چرب فرار}$$

که در رابطه‌های بالا، GP حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر) پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون و CP درصد پروتئین خام نمونه‌ها در ماده خشک است.

تجزیه آماری داده‌ها

تجزیه آماری داده‌های مربوط به ترکیب شیمیایی، بخش‌های نیتروژن، پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه و قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی با روش دو مرحله‌ای بر اساس طرح کاملاً تصادفی و فراسنجه‌های تولید گاز، غلظت آمونیاک، انرژی قابل متابولیسم و کل اسیدهای چرب فرار بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی (روزهای تکرار آزمایش بلوک نامیده شده است) با رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (۳۵) انجام شد. میانگین تیمارها در سطح آماری ۵ درصد با هم مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

یونجه برداشت شده در صبح یا عصر و خشک شده در آفتاب، آون یا میکروویو در مقایسه با یونجه برداشت شده در صبح یا عصر و خشک شده در سایه درصد ماده خشک بالاتری داشتند ($P < 0.01$). که بیان‌گر اتلاف محتوای آب در اثر حرارت است. دو عامل دما و سرعت خشک کردن در اتلاف محتوای آب علوفه‌ها نقش مهمی دارند (۱۳). بین برداشت صبح و عصر نمونه‌های یونجه تفاوتی از نظر محتوای ماده خشک مشاهده نشد. روش‌های خشک کردن بر درصد پروتئین خام، عصاره اتری، الیاف شونده خنثی و خاکستر یونجه اثر معنی‌داری نداشتند. مشابه این نتایج، در پژوهش پلتیر و همکاران (۳۲) خشک کردن یونجه در آون یا میکروویو بر درصد پروتئین خام و الیاف شونده خنثی اثر معنی‌داری نداشت. در پژوهش هیگینس و اسپونر (۱۹) نیز خشک کردن یونجه در آون، میکروویو یا به شکل هوا خشک بر محتوای پروتئین خام اثر معنی‌داری نداشت اما محتوای الیاف شونده خنثی نمونه‌های خشک شده در آون در مقایسه با هوا خشک بالاتر بود. هیچ کدام از روش‌های خشک کردن بر محتوای ماده خشک، خاکستر خام، پروتئین خام و عصاره اتری یونجه برداشت شده در صبح یا عصر اثر معنی‌داری نداشتند. کمترین محتوای کربوهیدرات‌های غیرالیافی در یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در سایه و آون و یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در آون دیده شد ($P = 0.04$). هم‌چنین یونجه برداشت شده در عصر در مقایسه با صبح دارای کربوهیدرات‌های غیرالیافی بیشتری بود. در پژوهش یاری و همکاران (۴۳) بین یونجه برداشت شده در صبح یا عصر تفاوتی از نظر محتوای ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، کربوهیدرات‌های غیرالیافی و عصاره اتری مشاهده نشد. توجه به این نکته ضروری است که لیپیدهای غیراشباع برگ‌های علوفه خشک شده در آفتاب در اثر فرایندهای اکسیداسیون نوری^۱ و پلیمری شدن به رزین‌ها تبدیل می‌شوند، به‌طوری‌که این فرایندها در طی ذخیره‌سازی در انبار نیز ادامه می‌یابد و سبب کاهش محتوای عصاره اتری علوفه می‌شود (۳۸). در این پژوهش محتوای عصاره اتری

یونجه خشک شده در آفتاب در مقایسه با یونجه خشک شده در سایه، آون و میکروویو پایین‌تر بود. هرچند که از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱). افزایش محتوای کربوهیدرات‌های غیرالیافی در یونجه برداشت شده در عصر در مقایسه با صبح را می‌توان به افزایش سنتز قندها در فرایند فتوسنتز در طول روز ارتباط داد (۳۸). کاهش محتوای کربوهیدرات‌های غیرالیافی در یونجه خشک شده در آون در مقایسه با سایر روش‌ها را می‌توان به استفاده از دمای بالاتر در این روش و افزایش احتمال تشکیل فرآورده‌های واکنش میلارد ارتباط داد (ون سوست، ۱۹۹۴) چراکه آن را می‌توان با افزایش در محتوای بخش C پروتئین (جدول ۲) و افزایش محتوای الیاف شونده اسیدی (جدول ۱) در این نمونه‌ها توجیه کرد، زیرا افزایش بخش C پروتئین شاخصی از آسیب حرارتی محصول می‌باشد (۳۸). خشک کردن یونجه برداشت شده در صبح یا عصر در آون در مقایسه با دیگر روش‌ها سبب افزایش محتوای الیاف شونده اسیدی شد ($P < 0.01$). اما در پژوهش پلتیر و همکاران (۳۲) خشک کردن یونجه برداشت شده در صبح یا عصر در آون یا میکروویو و نیز در پژوهش هیگینس و اسپونر (۱۹) خشک کردن یونجه در آون، میکروویو یا به شکل هوا خشک بر محتوای الیاف شونده اسیدی نمونه‌ها اثر معنی‌داری نداشت. افزایش محتوای الیاف شونده اسیدی یونجه خشک شده در آون می‌تواند به دلیل تشکیل فرآورده‌های واکنش میلارد باشد که در اثر حرارت بالا (۱۳) یا طولانی مدت (۳۲) تشکیل می‌شوند. در این پژوهش بالا بودن نسبی بخش C پروتئین که شاخصی برای تشکیل فرآورده‌های واکنش میلارد در یونجه برداشت شده در صبح یا عصر و خشک شده در آون به شمار می‌رود، بیان‌گر همین مطلب است (جدول ۲). تشکیل فرآورده‌های واکنش میلارد سبب کاهش محتوای قندها و پروتئین حقیقی و افزایش دیواره سلولی به دلیل غیرقابل هضم بودن آن‌ها در شونده خنثی و اسیدی می‌شود (۱۳). در این پژوهش برای خشک کردن یونجه در آون در مقایسه با دیگر روش‌ها از دمای بالاتر (۵۵ درجه سانتی‌گراد) و در مقایسه با میکروویو مدت زمان بیشتری (۴۸ ساعت در مقایسه با ۳ دقیقه) استفاده شد. از میان روش‌های خشک کردن علوفه‌ها روشی مناسب‌تر است که باعث حفظ محتوای کربوهیدرات‌های غیرساختمانی و کاهش محتوای کربوهیدرات‌های ساختمانی شود (۳۲). با توجه به نتایج این پژوهش خشک کردن در آون سبب افزایش الیاف شونده اسیدی یونجه شد. از طرفی پلتیر و همکاران (۳۲) گزارش کردند که احتمالاً خشک کردن یونجه در آون (دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد) سبب تخمین بیشتر از مقدار واقعی الیاف شونده اسیدی و شونده خنثی می‌شود که در اندازه‌گیری صحیح بخش‌های مختلف نیتروژن اختلال وارد می‌کند. بین یونجه برداشت شده در صبح یا عصر از نظر محتوای الیاف شونده اسیدی و شونده خنثی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. یاری و همکاران (۴۳) گزارش کردند که محتوای برگ‌های یونجه در مقایسه با ساقه در برداشت عصر در مقایسه با برداشت صبح بیشتر بود که می‌تواند دلیلی برای کاهش عددی الیاف شونده اسیدی و شونده خنثی در

یونجه برداشت شده در عصر در این پژوهش باشد زیرا محتوای الیاف شوینده خنثی برگها در مقایسه با ساقه کمتر است (۳۸).

جدول ۱- اثر روش خشک کردن بر ترکیب شیمیایی (درصد از ماده خشک) یونجه برداشت شده در صبح یا عصر

Table 1. Effect of drying method on chemical composition (% of DM) of alfalfa harvested in the morning or in the evening

P-Value	SEM	عصر				صبح				ترکیب شیمیایی
		مایکروویو	آون	سایه	آفتاب	مایکروویو	آون	سایه	آفتاب	
<۰/۰۱	۰/۴۶	۹۵/۰ ^a	۹۶/۵ ^a	۹۲/۵ ^b	۹۵/۵ ^a	۹۵/۵ ^a	۹۶/۵ ^a	۹۱/۵ ^b	۹۵/۵ ^a	ماده خشک
۰/۹۹	۰/۷۷	۱۸/۱	۱۸/۳	۱۸/۲	۱۸/۶	۱۸/۳	۱۸/۲	۱۸/۲	۱۸/۱	پروتئین خام
۰/۸۷	۰/۴۴	۳/۲	۳/۴	۳/۲	۳/۱	۳/۲	۳/۵	۳/۹	۳/۱	عصاره اتری
<۰/۰۱	۰/۵۹	۳۹/۸ ^d	۳۳/۳ ^a	۳۰/۰ ^d	۲۹/۹ ^d	۳۰/۱ ^d	۳۳/۸ ^a	۳۰/۸ ^d	۳۰/۶ ^d	الیاف شوینده اسیدی
۰/۸۸	۱/۲۵	۴۰/۹	۴۱/۹	۴۰/۵	۳۹/۸	۴۱/۰	۴۲/۴	۴۱/۰	۴۰/۶	الیاف شوینده خنثی
۰/۶۲	۰/۰۳	۱۲/۶	۱۲/۱	۱۲/۶	۱۲/۶	۱۲/۰	۱۲/۱	۱۲/۶	۱۲/۶	خاکستر
۰/۰۴	۰/۲۵	۲۵/۳ ^a	۲۴/۳ ^d	۲۵/۵ ^a	۲۵/۹ ^a	۲۵/۵ ^a	۲۳/۸ ^d	۲۴/۳ ^d	۲۵/۶ ^a	کربوهیدراتهای غیرالیافی ^۲

$$\text{NFC (\%)} = 100 - (\% \text{CP} + \% \text{NDF} + \% \text{EE} + \% \text{ash}) - 2$$

۱- اشتباه معیار کل میانگینها،

بخشهای نیتروژن و پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه

بخشهای A، B₁ و B₂ تحت تأثیر نوع روش خشک کردن قرار نگرفت. خشک کردن یونجه در آفتاب یا آون در مقایسه با مایکروویو یا سایه، سبب کاهش بخش B₃ یونجه برداشت شده در صبح یا عصر شد (P<۰/۰۱). در پژوهش پلتیر و همکاران (۳۲) نیز بخش B₃ یونجه خشک شده در مایکروویو در مقایسه با آون بالاتر بود. کاهش بخش B₃ را می توان به افزایش بخش C ارتباط داد. کمترین بخش C مربوط به یونجه برداشت شده در صبح یا عصر و خشک شده در سایه بود (P=۰/۰۳). در پژوهش پلتیر و همکاران (۳۲) بخش C یونجه تحت تأثیر نوع روش خشک کردن قرار نگرفت اما در یونجه خشک شده در آون در مقایسه با مایکروویو تمایل به افزایش داشت. در پژوهش هوف و همکاران (۲۰) بخش C در بوته های لگومینه خشک شده در آون (دمای ۵۵ درجه سانتی گراد) در مقایسه با بوته لگومینه تازه افزایش یافت. اثر حرارت بر پروتئین خوراکیها به دو شکل رسوبی یا تشکیل فرآورده های واکنش می باشد. پروتئین رسوبی در شوینده خنثی غیرقابل حل است اما هنوز قابل هضم است. درحالی که فرآورده های واکنش میلارد به طور کامل غیرقابل هضم هستند. رسوب پروتئینها سبب کاهش پروتئین خام قابل حل می شود (۳۸، ۱۳). بر اساس نتایج این پژوهش بخشهای B₁ و B₂ تحت تأثیر روش خشک کردن قرار نگرفتند اما محتوای الیاف شوینده اسیدی و بخش C تحت تأثیر قرار گرفتند لذا می توان گفت که احتمالاً حرارت ناشی از روش های خشک کردن در آفتاب، آون یا

مایکروویو بیشتر بر تشکیل فرآورده های واکنش میلارد موثر بودند تا رسوب پروتئینها. همچنین به نظر می رسد که حرارت ناشی از روش خشک کردن با تشکیل فرآورده های واکنش میلارد سبب افزایش بخش C شده است، به طوری که در روش خشک کردن در سایه (که از حرارت استفاده نشده است) کمترین بخش C مشاهده شد. در بین روش های خشک کردن که از حرارت استفاده شد بخش C در یونجه خشک شده در مایکروویو تمایل به کاهش داشت، هرچند که معنی دار نبود. دلیل آن را می توان به مدت زمان کم حرارت دهی با روش مایکروویو ارتباط داد زیرا حرارت دهی سریع سبب جلوگیری از تشکیل فرآورده های واکنش میلارد می شود (۱۳). از طرفی خشک کردن طولانی مدت یونجه در آون سبب افزایش دمای نمونه و اتلاف کربوهیدرات های درون سلول می شود (۳۲). بنابراین می توان گفت که در بین روش های خشک کردن که از حرارت استفاده شد، روش مایکروویو به دلیل سرعت بالای خشک کردن، روش مناسب تری برای خشک کردن یونجه باشد. با توجه به این پژوهش روش های خشک کردن بیشتر بر بخش های B₃ و C نیتروژن یونجه تأثیر گذاشتند. به طوری که می توان گفت حرارت سبب افزایش بخش C و کاهش بخش B₃ شد. با افزایش بخش B₃ یا C نیتروژن، مقادیر پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه با نرخ عبور ۲، ۵ و ۸ درصد مواد هضمی از شکمبه در ساعت افزایش یافت. بخش B₃ به کندی از طریق میکروارگانیزم های شکمبه تجزیه می شود و بخش بیشتر آن در روده هضم می شود. اما بخش C در شکمبه یا روده هضم نمی شود (۳۸).

جدول ۲- اثر روش خشک کردن بر بخش‌های نیتروژن و پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه برای یونجه برداشت شده در صبح یا عصر
Table 2. Effect of drying method on nitrogen fractions and rumen undegradable protein of alfalfa harvested in the morning or in the evening

P-Value	SEM	عصر				صبح				بخش نیتروژن (درصد از کل نیتروژن)
		مایکروویو	آون	سایه	آفتاب	مایکروویو	آون	سایه	آفتاب	
۰/۹۸	۱/۴۱	۳۱/۲	۳۱/۲	۳۱/۷	۳۱/۶	۳۱/۴	۳۱/۱	۳۲/۳	۳۲/۷	بخش A
۰/۹۴	۱/۴۰	۱۸/۸	۱۸/۶	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۸/۵	۱۷/۸	۱۷/۵	۱۶/۵	بخش B ₁
۰/۹۹	۱/۸۵	۳۳/۸	۳۳/۸	۳۳/۱	۳۳/۸	۳۳/۵	۳۳/۶	۳۳/۹	۳۳/۱	بخش B ₂
<۰/۰۱	۰/۵۲	۶/۹ ^{ad}	۴/۳ ^c	۸/۴ ^a	۵/۷ ^{dc}	۶/۸ ^{ad}	۴/۳ ^c	۸/۳ ^a	۴/۸ ^c	بخش B ₃
۰/۰۳	۰/۶۳	۱۰/۷ ^{ad}	۱۲/۳ ^a	۸/۹ ^d	۱۱/۱ ^a	۱۰/۹ ^{ad}	۱۲/۳ ^a	۸/۹ ^d	۱۱/۳ ^a	بخش C
۰/۰۳	۰/۷۱	۲۰/۹ ^a	۱۹/۲ ^{ad}	۱۹/۵ ^{ad}	۱۷/۴ ^d	۲۱/۰ ^a	۱۹/۳ ^{ad}	۱۹/۹ ^a	۱۷/۳ ^d	پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه (درصد از پروتئین خام)
۰/۰۵	۱/۰۷	۳۷/۶ ^a	۳۴/۷ ^{ad}	۲۵/۵ ^{ad}	۳۲/۶ ^d	۳۷/۷ ^a	۳۵/۰ ^{ad}	۳۵/۷ ^{ad}	۳۲/۷ ^d	RUP ₂
۰/۰۲	۲/۱۱	۴۵/۶ ^a	۳۸/۰ ^{dc}	۳۹/۹ ^{ad}	۳۷/۳ ^c	۴۵/۳ ^{ad}	۳۹/۰ ^{ad}	۴۰/۴ ^{ad}	۳۵/۳ ^c	RUP ₅
										RUP ₈

۱- اشتباه معیار کل میانگین‌ها، ۲- RUP₂، RUP₅ و RUP₈ به ترتیب پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه در سطوح ۵، ۸ و درصد عبور مواد هضمی از شکمبه.

(۳۲) خشک کردن یونجه در آون، مایکروویو یا به شکل هوا خشک بر قابلیت هضم ماده خشک نمونه‌ها با روش تیلی و تری (۳۷) اثر معنی‌داری نداشت، با این وجود، ضرایب قابلیت هضم در این پژوهش کمتر از پژوهش هیگینس و اسپونر (۱۹) بود اما با پژوهش پلتیر و همکاران (۳۲) مشابه بود. یاری و همکاران (۴۳) در قابلیت هضم برون‌تنی و شکمبه‌ای ماده خشک و ماده آلی یونجه برداشت شده در صبح یا عصر تفاوت معنی‌داری مشاهده نکردند. اما پارسی و همکاران (۳۰) کاهش قابلیت هضم ماده آلی در علوفه گیاهان خانواده لگومینه خشک شده در آون را در مقایسه با علوفه‌های خشک شده به روش انجمادی گزارش کردند. الیزاده و همکاران (۱۴) افزایش قابلیت هضم ماده خشک علوفه یونجه را به افزایش محتوای پروتئین خام و کاهش محتوای الیاف شوینده خشی ارتباط دادند. افزایش محتوای الیاف سبب کاهش نرخ و میزان تخمیر و بنابراین کاهش قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک می‌شود (۳). در این پژوهش، روش خشک کردن و زمان چیدن بر محتوای پروتئین خام و الیاف شوینده خشی نمونه‌های علوفه یونجه اثری نداشتند (جدول ۱) و آن می‌تواند عاملی باشد که در قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی آن‌ها تفاوتی به نظر نیاید.

در بین تیمارهای آزمایشی صرف نظر از زمان برداشت، بیشترین مقادیر پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه در سطوح ۵، ۸ و درصد عبور مواد هضمی از شکمبه در یونجه خشک شده در مایکروویو مشاهده شد (به ترتیب $P=0/05$ ، $P=0/03$ و $P=0/02$). آبدالا و همکاران (۱)، ۲۰ درصد کاهش در بخش‌های A و B₁ و ۴۷ درصد افزایش در بخش‌های B₃ و C نیتروژن نمونه‌های علوفه خشک شده در آون (دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد) در مقایسه با نمونه‌های خشک شده با روش انجمادی را گزارش کردند. گرابر (۱۷) و رپتو و همکاران (۳۴) نیز افزایش در بخش‌های B₃ و C نیتروژن علوفه یونجه خشک شده با حرارت بالاتر را گزارش کردند. پلتیر و همکاران (۳۲) افزایش در محتوای بخش‌های B₃ و C نیتروژن علوفه یونجه و تیموتی خشک شده در آون و مایکروویو را در مقایسه با علوفه خشک شده به روش انجمادی گزارش کردند. افزایش محتوای پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه برای نمونه‌های یونجه خشک شده در مایکروویو در این پژوهش را می‌توان به افزایش مجموع بخش‌های B₃ و C در این نمونه‌ها ارتباط داد (جدول ۲).

نوع روش خشک کردن بر قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و حقیقی ماده آلی نمونه‌های یونجه اثر معنی‌داری نداشت. در پژوهش هیگینس و اسپونر (۱۹) و پلتیر و همکاران

جدول ۳- اثر روش خشک کردن بر قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و حقیقی ماده آلی (درصد) یونجه برداشت شده در صبح یا عصر با روش دو مرحله‌ای

Table 3. Effect of drying method on apparent dry matter and true organic matter digestibility of alfalfa harvested in the morning or in the evening

P-Value	SEM	عصر				صبح				فراسنجه
		مایکروویو	آون	سایه	آفتاب	مایکروویو	آون	سایه	آفتاب	
۰/۵۶	۱/۶۱	۷۹/۵	۷۷/۷	۸۱/۱	۷۸/۰	۷۹/۰	۷۷/۲	۸۰/۹	۷۷/۵	قابلیت هضم ظاهری ماده خشک
۰/۵۹	۱/۵۱	۷۹/۳	۷۸/۷	۸۰/۴	۷۷/۰	۷۹/۹	۷۷/۶	۷۹/۹	۷۷/۰	قابلیت هضم حقیقی ماده آلی

۱- اشتباه معیار کل میانگین‌ها

تولید گاز، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه و انرژی قابل متابولیسم

بیشترین تولید گاز مربوط به یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در سایه یا مایکروویو بوده است ($P < 0.01$). پارسی و همکاران (۳۰) گزارش کردند که با کاهش مقدار فرآورده‌های غیرقابل تجزیه واکنش میلارد یا بخش C خوراک‌ها، میزان تولید گاز افزایش می‌یابد. در آزمایش حاضر بخش C در یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در سایه یا مایکروویو در مقایسه با دیگر تیمارها پایین‌تر بود (جدول ۲) که می‌تواند دلیلی برای میزان بالای تولید گاز باشد. بلومل و اورسکوف (۷) همبستگی بالایی را بین تولید گاز و ماده آلی قابل هضم گزارش کردند که در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در سایه یا مایکروویو تولید گاز، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و قابلیت هضم حقیقی ماده آلی بالاتری داشتند (جدول ۴). پایین‌ترین میزان تولید گاز مربوط به یونجه برداشت شده در صبح یا عصر و خشک شده در آن بود که تفاوت آنها تنها با یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در سایه یا مایکروویو معنی‌دار بود. دلیل تولید گاز پایین را می‌توان علاوه بر بالا بودن بخش C به بالا بودن محتوای الیاف شوینده اسیدی یونجه برداشت شده در صبح یا عصر و خشک شده در آن ارتباط داد. عبدالرزاق و همکاران (۲) گزارش کردند که بین تولید گاز و محتوای الیاف شوینده اسیدی یا شوینده خنثی به دلیل کاهش فعالیت میکروبی رابطه منفی وجود دارد. پایین‌ترین مقدار ضریب تسهیم مربوط به یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در آن بود ($P = 0.01$). اما تفاوت بین دیگر تیمارها معنی‌دار نبود. ضریب تسهیم منعکس کننده راندمان تولید پروتئین میکروبی و توده میکروبی است (۲۷). پایین بودن ضریب تسهیم بیانگر این است که بخش بیشتری از ماده آلی به‌جای تولید پروتئین میکروبی صرف تولید گاز شده است. پایین بودن تولید توده میکروبی ($P < 0.01$) و بازده تولید توده میکروبی ($P = 0.05$) در یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در آن در مقایسه با دیگر تیمارها بیانگر همین مطلب است. پایین بودن تولید توده میکروبی و بازده تولید توده میکروبی در یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در آن می‌تواند به‌دلیل پایین بودن قابلیت هضم ظاهری ماده خشک یا قابلیت هضم حقیقی ماده آلی باشد. یونجه برداشت شده در صبح یا عصر و خشک شده در سایه و یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در مایکروویو در مقایسه با یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در آن به طور معنی‌داری بازده تولید پروتئین میکروبی بالاتری داشتند ($P = 0.05$). بازده تولید پروتئین میکروبی یونجه برداشت شده در عصر در مقایسه با یونجه برداشت شده در صبح در همه روش‌های خشک کردن بالاتر بود، هرچند این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود. شاید بتوان دلیل آن را به روند مشابه بالا بودن قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و قابلیت هضم حقیقی ماده آلی (جدول ۴) در یونجه برداشت شده در عصر در مقایسه با یونجه برداشت شده در صبح ارتباط داد. در این آزمایش (جدول ۱) و آزمایش‌های دیگر

(۴۳، ۱۲، ۱۰) محتوای کربوهیدرات‌های غیرالیافی در نمونه‌های علوفه یونجه برداشت شده در عصر در مقایسه با علوفه یونجه برداشت شده در صبح بیشتر بود. کربوهیدرات‌های غیرالیافی عمل منبع انرژی و اسکلت کربنی برای ساخت پروتئین میکروبی را دارا هستند (۶). بیشترین و کمترین قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و قابلیت هضم حقیقی ماده آلی به‌ترتیب مربوط به یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در سایه و یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در آن بود ($P < 0.01$). دلیل آن را می‌توان به پایین و بالا بودن بخش C (جدول ۲) یا الیاف شوینده اسیدی (جدول ۱) به ترتیب در یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در سایه و یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در آن ارتباط داد. ضریب تسهیم با مصرف ماده خشک رابطه مستقیم و با تولید متان در شکمبه رابطه عکس دارد (۹). بنابراین می‌توان پیش‌بینی کرد که یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در آن در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی به دلیل پایین بودن ضریب تسهیم و پایین بودن قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و قابلیت هضم حقیقی ماده آلی، احتمالاً باعث کاهش قابلیت هضم ماده خشک و افزایش تولید متان در شکمبه حیوان می‌شود. ضرایب قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی با روش تیلی و تری (۳۷) در مقایسه با روش تولید گاز بالاتر بود (جدول ۳ و ۴). روش تیلی و تری (۳۷) به دلیل راحتی روش کار به‌طور وسیعی، برای ارزیابی قابلیت هضم خوراک‌های علوفه‌ای استفاده می‌شود اما عیب آن تخمین بالاتر از میزان واقعی ضرایب قابلیت هضم در مقایسه با روش تولید گاز است (۲۷) که در این پژوهش نیز مشاهده شد اما با این حال روند نتایج دو روش با هم هم‌خوانی دارند، هرچند که نتایج روش تیلی و تری (۳۷) از نظر آماری معنی‌دار نبودند. طولانی بودن زمان تخمیر خوراک در مایع شکمبه در روش تیلی و تری (۳۷) در مقایسه با روش تولید گاز نیز می‌تواند دلیلی برای بالا بودن ضرایب تجزیه‌پذیری با روش تیلی و تری (۳۷) عنوان کرد. pH مایع شکمبه در یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در مایکروویو در مقایسه با آفتاب یا سایه یا یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در مایکروویو به‌طور معنی‌داری، پایین‌تر بود ($P = 0.04$). اما تفاوت بین دیگر تیمارها معنی‌دار نبود. دلیل پایین بودن pH مایع شکمبه را احتمالاً می‌توان به پایین بودن غلظت آمونیاک مایع شکمبه در این تیمارها ارتباط داد. غلظت آمونیاک مایع شکمبه در یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در آفتاب یا سایه یا یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در مایکروویو در مقایسه با دیگر تیمارها به طور معنی‌داری پایین‌تر بود. پایین‌ترین غلظت آمونیاک مربوط به یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در سایه بود ($P < 0.01$) که تفاوت آن تنها با یونجه برداشت شده در صبح و خشک شده در آفتاب معنی‌دار نبود. دلیل پایین بودن غلظت آمونیاک مایع شکمبه را احتمالاً می‌توان به تولید بالای پروتئین میکروبی ارتباط داد (جدول ۴) زیرا می‌تواند بیانگر این باشد که بخشی از آمونیاک مایع شکمبه صرف تولید پروتئین میکروبی شده است (۶). کل اسیدهای چرب فرار مایع

صبح و خشک شده در مایکروویو بالاتر بود ($P < 0.01$). اما تفاوت بین دیگر تیمارها معنی‌دار نبود. میزان انرژی قابل متابولیسم محاسبه شده با روش منک و همکاران (۲۹) با محتوای پروتئین خام و میزان تولید گاز رابطه مستقیم دارد. با توجه به این که محتوای پروتئین خام بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱) بنابراین می‌توان بالا بودن میزان انرژی قابل متابولیسم در یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در مایکروویو را به بالا بودن میزان تولید گاز (جدول ۴) ارتباط داد.

شکمه در یونجه برداشت شده در صبح یا عصر و خشک شده در آن در مقایسه با یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در مایکروویو پایین‌تر بود ($P < 0.01$). به طور کلی بین میزان تولید گاز و تولید اسیدهای چرب فرار هم‌بستگی بالایی وجود دارد (۸). بنابراین پایین بودن تولید اسیدهای چرب فرار نشان‌دهنده پایین بودن تولید گاز است (جدول ۴). میزان انرژی قابل متابولیسم در یونجه برداشت شده در عصر و خشک شده در مایکروویو در مقایسه با یونجه برداشت شده در صبح یا عصر و خشک شده در آن و یونجه برداشت شده در

جدول ۴- اثر روش‌های خشک کردن بر تولید گاز، فراسنجه‌های تخمیر شکمه و انرژی قابل متابولیسم یونجه برداشت شده در صبح یا عصر
Table 4. Effect of drying method on gas production, ruminal fermentation parameters and metabolizable energy of alfalfa harvested in the morning or in the evening

P-Value	SEM	عصر				صبح				فراسنجه
		مایکروویو	آون	سایه	آفتاب	مایکروویو	آون	سایه	آفتاب	
<0.01	۳/۹۹	۱۵۹/۲ ^a	۱۳۸/۸ ^c	۱۵۴/۶ ^{ab}	۱۴۲/۲ ^{bc}	۱۴۲/۹ ^{bc}	۱۴۰/۷ ^c	۱۴۸/۷ ^{abc}	۱۴۲/۹ ^{bc}	^۱ GP
0.01	۰/۱۹	۴/۲ ^a	۴/۱ ^a	۴/۱ ^{ab}	۴/۰ ^{ab}	۴/۵ ^a	۳/۵ ^d	۴/۱ ^{ab}	۴/۱ ^{ab}	^۲ PF
<0.01	۷/۹۴	۱۲۲/۹ ^{ab}	۱۱۶/۳ ^d	۱۰۸/۲ ^{bc}	۱۲۲/۹ ^{ab}	۱۱۸/۲ ^d	۸۷/۱ ^c	۱۴۵/۹ ^a	۱۴۲/۳ ^a	^۳ MBP
0.05	۱/۵۹	۳۸/۸ ^a	۳۵/۶ ^{ab}	۴۰/۱ ^a	۳۷/۸ ^{ab}	۳۷/۲ ^{ab}	۳۳/۱ ^b	۳۹/۳ ^a	۳۶/۳ ^{ab}	^۵ EMBP
<0.01	۲/۴۰	۶۵/۸ ^{ab}	۵۵/۸ ^{bc}	۶۵/۸ ^a	۵۸/۵ ^{bc}	۵۷/۲ ^{bc}	۵۲/۳ ^c	۶۳/۴ ^{ab}	۵۷/۴ ^{bc}	^۶ ADMD
<0.01	۲/۵۵	۶۳/۱ ^{ab}	۵۵/۵ ^{bc}	۶۶/۹ ^a	۵۸/۳ ^{bc}	۵۶/۰ ^{bc}	۵۱/۹ ^c	۶۲/۴ ^{ab}	۵۷/۳ ^{bc}	^۷ TOMD
0.04	۰/۰۲	۶/۸۲ ^d	۶/۸۶ ^{ab}	۶/۸۸ ^a	۶/۸۹ ^a	۶/۸۸ ^a	۶/۸۶ ^{ab}	۷/۸۶ ^{ab}	۶/۸۵ ^{ab}	pH
<0.01	۰/۲۰	۱۳/۷۷ ^d	۱۴/۴۷ ^a	۱۴/۵۳ ^a	۱۴/۸۴ ^a	۱۴/۶۹ ^a	۱۴/۸۸ ^a	۱۳/۳۱ ^c	۱۳/۵۲ ^{bc}	^۸ NH ₃
<0.01	۰/۰۸	۳/۰۷ ^c	۳/۱۴ ^{bc}	۳/۴۲ ^{ab}	۳/۵۳ ^a	۳/۱۸ ^{bc}	۳/۲۹ ^{abc}	۳/۱۱ ^c	۳/۱۶ ^{bc}	^۹ TVFA
<0.01	۰/۵۴	۲۵/۸۱ ^a	۲۳/۰۹ ^c	۲۵/۲۲ ^{ab}	۲۳/۷۸ ^{bc}	۲۳/۶۳ ^{bc}	۲۳/۳۳ ^c	۲۴/۴۰ ^{abc}	۲۳/۵۹ ^{bc}	^{۱۰} ME

۱- اشتباه معیار کل میانگین‌ها، ۲- تولید گاز (میلی‌لیتر بر گرم ماده آلی)، ۳- ضریب تسهیم، ۴- توده میکروبی (میلی‌گرم)، ۵- بازده تولید توده میکروبی (درصد)، ۶- قابلیت هضم ظاهری ماده خشک (درصد)، ۷- قابلیت هضم حقیقی ماده آلی (درصد)، ۸- آمونیاک (میلی‌مول)، ۹- کل اسیدهای چرب فرار (میلی‌مول)، ۱۰- انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)

هضم ماده خشک و ماده آلی، در مقایسه با روش‌های خشک کردن در آفتاب یا آون روش مناسب‌تری هستند. به‌طور کلی، بنابر نتایج این پژوهش با توجه به این که بین روش خشک کردن در سایه و مایکروویو تفاوت آماری قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد، به دلیل ملاحظات اقتصادی می‌توان روش خشک کردن در سایه را برای یونجه پیشنهاد کرد.

با توجه به نتایج این پژوهش به نظر می‌رسد که یونجه برداشت شده در عصر در مقایسه با یونجه برداشت شده در صبح صرف نظر از نوع روش خشک کردن باید از کیفیت بهتری برای تغذیه دام برخوردار باشد. از میان روش‌های خشک کردن، روش خشک کردن در سایه یا مایکروویو به دلیل پایین بودن بخش C پروتئین و بالا بودن قابلیت

منابع

1. Abdalla, H.O., D.G. Fox and P.J. Van Soest. 1988. An evaluation of methods for preserving fresh forage samples before fraction determinations. *Journal of Animal Science*, 66: 2646-2649.
2. Abdulrazak, S.A., T. Fujihara, J.K. Ondilek and E.R. Orskov. 2000. Nutritive evaluation of some Acacia tree leaves from Kenya. *Animal Feed Science Technology*, 85: 89-98.
3. Alomar, D., R. Fuchslocher and M. De Pablo. 2003. Effect of preparation method on composition and NIR spectra of forage samples. *Animal Feed Science Technology*, 107: 191-200.
4. Alomar, D., R. Fuchslocher and S. Stockebrand. 1999. Effects of oven- or freeze-drying on chemical composition and NIR spectra of pasture silage. *Animal Feed Science Technology*, 80: 309-319.
5. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 1, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., USA.
6. Bach, A., S. Calsamiglia and M.D. Stern. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 88: E9-E21.
7. Blummel, M. and E.R. Orskov. 1993. Comparison of gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. *Animal Feed Science Technology*, 40: 109-119.
8. Blummel, M., H.P.S. Makkar and K. Becker. 1997a. In vitro gas production: a technique revisited. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 77: 24-34.
9. Blummel, M., R. M Gomezulu, X.B. Chen, H.P.S. Makkar, K. Becker and E.R. Orskov. 1999. The modification of in vitro gas production test to detect roughage related differences in in vivo microbial protein synthesis as estimated by the excretion of purine derivatives. *Journal of Agricultural Science, (Camb.)* 133: 335-340.
10. Brito, F., G.F. Tremblay, A. Bertrand, Y. Castonguay, G. Belanger, R. Michaud, H. Lapierre C. Benchaar, H.V. Petit, D.R. Ouellet and R. Berthiaume. 2008. Alfalfa cut at sundown and harvested as baleage improves milk yield of late-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 1: 3968-3982.
11. Broderick, G.A. and J.H. Kang. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science*, 63: 64-75.
12. Burns, J.C., D.S. Fisher and H.F. Mayland. 2007. Diurnal shifts in nutritive value of alfalfa harvested as hay and evaluated by animal intake and digestion. *Crop Science*, 47: 2190-2197.
13. Deinum, B. and A. Maassen. 1994. Effects of drying temperature on chemical composition and in vitro digestibility of forages. *Animal Feed Science Technology*, 46: 75-86.
14. Elizadeh, J.C., N.R. Merchen and D.B. Faulkner. 1999. In situ dry matter and crude protein degradation of fresh forages during the spring growth. *Journal of Dairy Science*, 82: 1978-1990.
15. Galyeen, M.L. 1997. Laboratory procedures in animal nutrition research. West Texas A and M University, Division of Agriculture and Texas A and M Research and Extension Center, Amarillo.
16. Getachew, G., M. Blummel, H.P.S. Makkar and K. Becker. 1998. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science Technology*, 72: 261-281.
17. Grabber, J.H. 2009. Protein fractions in forage legumes containing protein-binding polyphenols: freeze-drying vs. conservation as hay or silage. *Animal Feed Science Technology*, 151: 324-329.
18. Hanson, A.A., D.K. Barnes and R.R. Hill. 1988. Alfalfa and alfalfa improvement. *Agronomy no. 29*. The American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
19. Higgins, H. and A.E. Spooner. 1986. Microwave drying of alfalfa compared to field and oven drying: effect on forage quality. *Animal Feed Science Technology*, 16: 1-6.
20. Hofman, M.A.J. 1965. Microwave heating as an energy source for the predrying of herbage samples. *Plant Science*, 23: 145-148.
21. Honson, A.A., D.K. Barnes and R.R. Hill. 1988. Alfalfa and Alfalfa Improvement. *Agronomy no. 29*. The American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
22. Hove, L., L.R. Ndlovu and S. Sibanda. 2003. The effects of drying temperature on chemical composition and nutritive value of some tropical fodder shrubs. *Agroforestry System*, 59: 231-241.
23. Kirchhof, S. 2007. Kinetik des ruminalen in situ-Nährstoffabbaus von Grünlandaufwuchs des Alpenraumes unterschiedlicher Vegetationsstadien sowie von Maissilagen und Heu-ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Rationsgestaltung für Milchkuhe. Dissertation, Agrar-und Ernährungswiss. Fak. Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Germany.
24. Kowsar, R., G.R. Ghorbani, M. Alikhani, M. Khorvash and A. Nikkhah. 2008. Corn silage partially replacing short alfalfa hay to optimize forage use in total mixed rations for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 91: 4755-4764.
25. Licitra, G., T. Hernandez and P.J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*, 57: 347-358.
26. Lowman, R.S., M.K. Theodorou and D. Cuddeford. 2002. The effect of sample processing on gas production profiles obtained using the pressure transducer technique. *Animal Feed Science Technology*, 97: 221-237.
27. Makkar, H.P.S. 2010. In vitro screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. In 'In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies'. (Eds PE Vercoe, HPS Makkar) 107-144. (IAEA: Dordrecht, The Netherlands).
28. McDougall, E.I. 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemistry Journal*, 43: 99-109.
29. Menke, K.H., L. Rabb, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schinder. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuff from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal of Agricultural Science*, 93: 217-222.

30. Parissi, Z.M., K. Khazaal, A.S. Nastis and C.N. Tsiouvaras. 2004. Assessment of drying methods on chemical composition and in vitro gas production of two ligneous species. Ninth Seminar of the FAO-CHIEAM Sub-Network on Sheep and Goat Nutrition on Nutrition and Feeding Strategies of Sheep and Goats under Harsh Climates, Tunis, Tunisia. Options Mediterraneennes, 59: 141-146.
31. Parissi, Z.M., T.G. Papachristou and A.S. Nastis. 2005. Effect of drying method on estimated nutritive value of browse species using an in vitro gas production technique. Animal Feed Science Technology, 123: 119-128.
32. Pelletier, S., G.F. Tremblay, A. Bertrand, G. Belanger, Y. Castonguay and R. Michaud. 2010. Drying procedures affect non-structural carbohydrates and other nutritive value attributes in forage samples. Animal Feed Science Technology, 157: 139-150.
33. Pelletier, S., G.F. Tremblay, C. Lafrenière, A. Bertrand, G. Belanger, Y. Castonguay and J. Rowsell. 2009. Non-structural carbohydrate concentrations in timothy forage as affected by N fertilization, stage of development, and time of cutting. Agronomy Journal, 101: 1372-1380.
34. Repetto, J.L., J. Gonzalez and C. Cajarville. 2000. Effect of dehydration on ruminal degradability of lucerne. Annales Zootechnology, 49: 113-118.
35. SAS. 2003. Statistical Analysis System. SAS Inc., Cary, NC.
36. Smith, D. 1973. Influence of drying and storage conditions on non-structural carbohydrate analysis of herbage tissue, a review. Grass and Forage Science, 28: 129-134.
37. Tilley, J.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crop. Journal of British Grassland Society, 18: 104-111.
38. Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant, 2nd ed. Comstock Publishing Associated, a division of Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.
39. Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3593-3597.
40. Van Soest, P.J., C.J. Sniffen, J.D. Oconnor, D.G. Fox and J.B. Russel. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 2. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science, 70: 3562-3577.
41. Verbic, J., E.R. Orskov, J. Zgajnar, X.B. Chen and V. Znidarsic-Pongrac. 1999. The effect of method of forage preservation on the protein degradability and microbial protein synthesis in the rumen. Animal Feed Science Technology, 82: 195-212.
42. Vercoe, P.E., H.P.S. Makkar and A.C. Schlink. 2010. In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies. Nuclear and Related Methodologies. 1 st edn. Springer, Heidelberg.
43. Yari, M., R. Valizadeh, A.A. Naserian, G.R. Ghorbani, P. Rezvani Moghaddam, A. Jonker and A.Yu. 2012. Botanical traits, protein and carbohydrate fractions, ruminal degradability and energy contents of alfalfa hay harvested at three stages of maturity and in the afternoon and morning. Animal Feed Science Technology, 172: 162-170.
44. Yu, P., D.A. Christensen, J.J. McKinnon and J.D. Markert. 2003. Effect of variety and maturity stage on chemical composition, carbohydrate and protein sub fractions, in vitro rumen degradability and energy values of timoty and alfalfa. Canadian Journal of Animal Science, 83: 279-290.

Effect of Drying Method on Digestibility of Alfalfa Hay Harvested in the Morning or Afternoon

Farshid Fatahnia¹, Ali Khatibjoo², Seyyed Gholamreza Mosavi³, Taher Mohhammadizad³,
Hamed Tahmasbi³ and Aminolah Pormalekshahi³

1- Associate Professor, Ilam University (Corresponding Author: ffatahnia@yahoo.com)

2 and 3- Assistant Professor and Grajuated M.Sc., Ilam University

Received: Octobr 8, 2014

Accepted: May 19, 2015

Abstract

Effect of drying method was investigated on chemical composition, nutrient digestibility and rumen fermentation parameters of alfalfa hay harvested in the morning or afternoon. Experimental treatments consisted of alfalfa harvested in the morning and dried in sun, alfalfa harvested in the afternoon and dried in sun, alfalfa harvested in the morning and dried in shadow, alfalfa harvested in the afternoon and dried in shadow, alfalfa harvested in the morning and dried in oven, alfalfa harvested in the afternoon and dried in oven, alfalfa harvested in the morning and dried in microwave and alfalfa harvested in the afternoon and dried in microwave. *In vitro* digestibility and ruminal fermentation parameters were determined by two steps and gas production methods. The highest acid detergent fibre and lowest dry matter content were observed in alfalfa dried in oven and shadow, respectively ($P<0.05$). The lowest nitrogen fraction C and the highest rumen undegradable protein content were observed in alfalfa hay dried in shadow and microwave, respectively ($P<0.05$). Alfalfa hay harvested in the afternoon and dried in shadow or microwave had the highest gas production ($P<0.05$). Partitioning factor and microbial biomass production were lower in alfalfa harvested in the morning and dried in oven ($P<0.05$). The highest and the lowest apparent dry matter and true orgaic matter digestibility were observed in alfalfa harvested in the afternoon and dried in shadow and alfalfa harvested in the morning and dried in oven, respectively ($P<0.05$). Overall, alfalfa hay harvested in the afternoon and dried in shadow or microwave had better quality compared to that harvested in the morning and dried in sun or oven.

Keywords: Alfalfa, Gas production, Microwave, Nitrogen fractions, Sun, Shadow