تولیدات دامی
دوره ۲۰ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۷
صفحه‌های ۴۳۵-۴۲۵

تعیین الیاف نامحلول در شوینده خنثی غیر قابل هضم و سایر مؤلفه‌های نوین هضم الیاف در مواد خشبی موجود در یک دامداری گاو شیری

علی کهیانی[۱]، غلامرضا قربانی[۲]، مسعود علیخانی[۳]، ابراهیم قاسمی[۴]، علی صادقی سفیدمزگی[۴]، سید محمود نصراللهی[۵*]

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
۲. استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
۳. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
۴. استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
۵. دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۵/۰۶

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی الیاف نامحلول در شوینده خنثی غیر قابل هضم (iNDF) و سایر مؤلفه‌های نوین هضم الیاف در نمونه‌هایی یونجه خشک، ذرت سیلوشده، کاه گندم، تفاله چغندرقند و سبوس گندم موجود در یک دامداری گاو شیری انجام شد. با استفاده از روش کیسه‌گذاری در دو رأس گاو هلشتاین غیر شیرده مجهز به فیستولای شکمبه‌ای، الیاف نامحلول در شونده خنثی هضم نشده پس از ۲۸۸ ساعت (uNDF) به عنوان شاخصی از iNDF اندازگیری شد. سپس با استفاده از این روش کینتیک هضم‌پذیری در زمان‌های مختلف، مقادیر نرخ هضم و مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی هضم شده (NDFD) تعیین و بر اساس آنها مقدار قابلیت هضم NDF در کل لوله گوارش (TTNDFD) پیش‌بینی شد. یونجه خشک دارای سطح لیگنین و نرخ هضم NDF بیشتر از کاه و ذرت سیلوشده بود. یونجه و کاه در مقایسه با ذرت سیلوشده دارای uNDF بیشتر و NDFD و TTNDFD کمتر بودند. تفاله چغندرقند و سبوس گندم با وجود شباهت در میزان NDF، مقدار لیگنین و uNDF کمتر و نرخ هضم NDF، NDFD و TTNDFD بیشتری در مقایسه با علوفه‌ها داشتند. در کل مواد خوراکی بررسی‌شده در این آزمایش دارای تنوع گسترده‌ای از نظر uNDF، NDFD و TTNDFD بودند که بایستی در زمان استفاده مورد توجه قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: الیاف نامحلول در شوینده خنثی هضم‌نشده، علوفه‌ها، کینتیک هضم الیاف، گاو شیری، محصولات فرعی.

* نویسنده مسئول
Email: smnasrolahi@gmail.com

مقدمه

خصوصیات فیبری و هضمی مواد خشبی برای سال‌ها مورد توجه بوده است. روش‌های تعیین و جداسازی الیاف [۲۳] و همچنین اندازه‌گیری لیگنین [۲۲] از مؤلفه‌های بسیار مفید تعیین کیفیت علوفه بوده و امروزه اساس جیره‌نویسی را تشکیل داده است؛ اما محققین در ادامه با توجه بیشتر به ماهیت الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و هضم‌پذیری آن نشان دادند که واژه NDF به‌تنهایی نمی‌تواند برای تعیین خصوصیات فیبری و هضمی کافی باشد و NDF موجود در منابع مختلف خصوصیات فیزیکی و هضمی متفاوتی را دارا می‌باشند. گام اول در این زمینه با معرفی NDF علوفه‌ای برداشته شد [۱۶]. با توصیف خصوصیات هضمی NDF این بحث کامل‌تر شد. براساس یافته‌های اخیر NDF به دو بخش دارای پتانسیل هضم (Potentially Digestible NDF: pdNDF) و غیر قابل هضم (Indigestible NDF: iNDF) تقسیم‌پذیر است [۲۲]. iNDF که به‌صورت NDF هضم‌نشده (Undigested NDF: uNDF) اندازگیری می‌شود در شکمبه هضم نخواهد شد ولو این‌که برای مدت طولانی در شکمبه بماند. حاصل تفریق NDF غیرقابل هضم از NDF کل برابر با NDF با پتانسیل هضمی می‌باشد [۱۷]. مشخص شده است که با بررسی کینتیک هضمی به‌وسیله اندازه‌گیری هضم در ساعت‌های مختلف در محیط in vitro یا in situ می‌توان نرخ و میزان هضم‌پذیری بخش NDF قابل هضم را به‌دست آورد [۲]. در نهایت با استفاده از معادلات مناسب و استفاده از میزان هضم‌پذیری NDF (NDF Digestibility: NDFD) می‌توان برآورد بسیار دقیق از قابلیت هضم NDF درکل لوله گوارش (Total Tract NDF Digestibility: TTNDFD) را پیش‌بینی کرد [۱۲ و ۱۳].

مباحث uNDF، NDFD و TTNDFD عمده‌ترین مباحث دهه اخیر متخصصان الیاف در دنیا می‌باشند و بخش عمده‌ای از گزارشات علمی سمینارهای تخصصی را به خود اختصاص داده‌اند [۳، ٤ و ۸]. برای مثال عنوان شده است که با افزایش یک درصد در میزان NDFD در جیره میزان مصرف خوراک به مقدار ۰/۱۷ کیلوگرم در روز و تولید شیر تصحیح‌شده برای چربی به میزان ۰/۲۵ کیلوگرم در روز افزایش پیدا خواهد کرد [۱٦]. همچنین تأمین نیاز الیاف با تصحیح برای uNDF امکان استفاده از منابع ارزان مانند کاه را فراهم خواهد نمود و مشکل چربی شیر را به‌عنوان یکی از مشکلات کنونی صنعت گاو شیری کشور 5بهبود خواهد داد. [۵]. همچنین در ایران یونجه خشک در مراحل اواخر گل‌دهی و ذرت سیلوشده در اوایل بلوغ برداشت می‌شود که با مرحله مطلوب برداشت متفاوت است [۱٤ و ۱۸]. بر این اساس به نظر می‌رسد شناسایی میزان uNDF و NDFD در این علوفه‌ها ضروری است. لذا این تحقیق به بررسی مقادیر uNDF، NDFD و سایر مؤلفه‌های نوین هضم الیاف در علوفه‌ها، تفاله چغندرقند و سبوس گندم موجود در یکی از گاوداری‌های کشور پرداخته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به اجرا درآمد. سعی شد از علوفه‌هایی استفاده شود که از نظر نوع و مرحله بلوغ بازگوکننده شرایط فعلی کشور باشند. براین اساس مواد خوراکی استفاده‌شده در این آزمایش از انبارهای نگه‌داری این مواد در مزرعه تحقیقاتی-صنعتی لورک وابسته به دانشگاه صنعتی اصفهان نمونه‌گیری شد. یونجه خشک، ذرت سیلوشده، کاه گندم، از منابع علوفه‌ای و سبوس گندم و تفاله چغندرقند از منابع محصولات فرعی مورد نمونه‌گیری قرار گرفتند. یونجه خشک استفاده شده در

همدان کشت و در مرحله اواسط گل‌دهی برداشت شده بود. علوفه ذرت سیلوشده در خود مزرعه کشت شده بود و در مرحله خط شیری ۵۰ درصد و در آبان سال قبل سیلو شده بود. برای کاه گندم، تفاله چغندر و سبوس گندم اطلاعات محل و زمان برداشت در دسترس نبود. در ابتدا به منظور نمونه‌گیری یکنواخت بسته‌های یونجه خشک و کاه به‌ترتیب با دستگاه‌های یونجه خرد کن (طول برش فرضی ۱۵ میلی‌متر) و خرمنکوب (طول برش فرضی ۱۰ میلی‌متر) آسیاب و سپس نمونه‌گیری شدند. نمونه‌ها بعد از تهیه در دمای ۵۵ درجه برای ۷۲ ساعت خشک شدند و بعد از آن با آسیاب چکشی با توری یک میلی‌متر آسیاب شدند [۷].

پروتئین خام و چربی خام بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند [۱]. ماده آلی با خاکسترگیری در دمای ۶۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت هشت ساعت اندازه‌گیری شد و NDF همراه با استفاده از آنزیم آمیلاز مقاوم به حرارت اندازه‌گیری شد [۲۳]. مقدار کربوهیدرات‌های غیرالیافی نیز با روش تفاضل محاسبه شد. لیگنین (لیگنین نامحلول در شوینده اسیدی) نمونه‌ها با استفاده از اسید سولفوریک ۷۲ درصد (۶۶۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ٪۹۶ به ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و بعد از سرد شدن به حجم ۱ لیتر رسانده شد، وزن مخصوص ۱/۶۳۴) در دستگاه انکوباتور دیزی دو (آنکوم تکنولوژی، ماسدون، آمریکا) به‌مدت سه ساعت در دمای معمولی استخراج شد و پس از آن کیسه‌ها با آب زیاد شستشو و نمونه باقیمانده توزین شد. همچنین بخش‌های مختلف پروتئین شامل نیتروژن غیرپروتئینی، نیتروژن محلول در بافر بورات- فسفات، نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی و نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی اندازگیری شدند [۱۱].

به‌منظور اندازگیری uNDF و NDFD و بررسی مؤلفه‌های هضم NDF و ماده خشک در شکمبه از دو رأس گاو هلشتاین غیرشیرده غیرآبستن و مجهز به فیستولای شکمبه استفاده شد. جیره گاوها بر اساس ماده خشک حاوی به‌ترتیب ۲۵، ۲۵، ۲۵، ۴/۲ و ۱۶/۸ درصد از یونجه خشک، ذرت سیلوشده، کاه گندم، تفاله چغندرقند و کنسانتره گاوهای پرتولید بود. سعی بر آن بود که مواد مورد آزمایش حتماً در جیره گاوها باشد. بعد از دو هفته عادت‌دهی دام‌ها به جیره مذکور و اطمینان از ثبات شرایط شکمبه کیسه‌گذاری آغاز شد. تمام روش‌های استفاده شده در این تحقیق جهت کیسه‌گذاری بر اساس دستورالعمل توصیه شده می‌باشد [۲ و ۱۰]. برای این منظور مواد خوراکی مورد هدف، خشک (دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد برای ۷۲ ساعت) و با توری یک میلی‌متری آسیاب شدند.

نمونه‌ها درون کیسه‌های آنکوم F57 (آنکوم تکنولوژی، ماسدون، آمریکا) با ابعاد پنج سانتی‌متر در چهار سانتی‌متر و دارای اندازه منافذ ۲۵ میکرومتر و به میزان ۰/۵ گرم در هر کیسه قرار گرفته و در آنها بسته شد. نمونه‌ها در ۱۱ زمان مختلف شش، ۱۲، ۲۴، ۳۰، ۳۶، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۲۴۰ و ۲۸۸ ساعت تحت انکوباسیون در محیط شکمبه قرار گرفتند. برای هر زمان دو تکرار (دو گاو) و برای هر تکرار سه نمونه در نظر گرفته شد. همچنین سه کیسه شاهد (فاقد نمونه) نیز با دستورالعمل مشابه تهیه شد و برای تصحیح خطا در کنار نمونه‌های هر زمان قرار گرفت. بعد اتمام زمان مربوط به هر نمونه، نمونه‌های مربوط به آن زمان از شکمبه تخلیه شدند و توسط ماشین لباس‌شویی برای ۱۲ دقیقه مورد شستشو قرار گرفته تا حدی که آب کاملاً زلال از آنها تخلیه شود و این عمل دو بار تکرار شد. همچنین برای نمونه‌ها زمان صفر نیز در نظر گرفته شد که فقط تحت شستشو قرار - گرفت. سپس نمونه‌ها در آون با دمای ۵۵ درجه برای ۷۲

ساعت خشک شدند در نهایت میزان ناپدید شدگی ماده خشک و NDF برای هر نمونه اندازه‌گیری و ثبت شد. میزان بقایای NDF بعد از ۲۸۸ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای به‌عنوان uNDF در نظر گرفته شد و میزان NDF با پتانسیل هضمی (pdNDF) از تفریق UNDF از NDF حاصل شد [۱۲].

محاسبه پارامترهای تجزیه‌پذیری ماده خشک در شکمبه در این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Fitcurve انجام شد. نرخ هضم pdNDF با استفاده از نرم‌افزار تحلیل‌گر آماری SAS (نسخه ۹/۱) با رویه NLIN محاسبه شد [۱۹]. رابطه‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب معادله‌های غیرخطی و فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و NDF هستند [۱۹].

رابطه ۱) $P = a+b\ (1-e^{-ct})$

رابطه ۲) $ED = a+bc/(c+k)$

که، a بخش سریع تجزیه، b بخش کند تجزیه، c ثابت نرخ تجزیه در واحد زمان و P ناپدید شدن ماده خشک از کیسه‌ها و ED تجزیه‌پذیری مؤثر است. در رابطه ۲ تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در نرخ‌های عبور مختلف (k) محاسبه شد. معیارهای پیش‌بینی شده برای فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر حاصل از آنالیز با استفاده از رویه مدل‌های تعمیم‌یافته خطی آنالیز گردید. به‌منظور محاسبه میزان تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی در هر نقطه زمانی از رابطه ۳ استفاده شد.

رابطه ۳) $NDFD\ (\%\ of\ NDF) = (NDF0h - NDFresidue) / (NDF0h)$

که در آن: NDFD قابلیت هضم NDF به‌صورت درصد NDF اولیه است و NDF0h میزان NDF در ساعت صفر و NDF residue میزان NDF باقیمانده در زمان مورد نظر می‌باشد. به منظور محاسبه نرخ تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی از رابطه‌های ٤، ٥ و ٦ استفاده شد [۲].

رابطه ٤) $t<L$ برای $f(t) = ۱$

رابطه ٥) $t\geq L$ برای $f(t) = e^{kd\,(t-l)}$

رابطه ٦) $t\geq L$ برای $R(t) = (1-iNDF)\times(1-e^{kd(t-L)})$

و برای زمانی که $۱/۱ \times uNDF > iNDF > ۰/۹ \times uNDF$

که در این روابط: F(t) مقدار باقیمانده NDF با پتانسیل هضمی (pdNDF) (گرم در گرم NDFکل) در زمان t، R(t) میزان NDF تجزیه‌شده (گرم بر گرم NDF کل) در زمان t، kd نرخ بخشی هضم NDF، t زمان (به ساعت) و L زمان وقفه قبل از شروع هضم می‌باشد. در نهایت میزان هضم‌پذیری NDF در کل لوله گوارش به‌کمک رابطه ۷ محاسبه شد شد[۲]:

رابطه ۷) $TTNDFD = 100 \times \{pdNDF \times [kd /(kd + kp)]\}/0.9$

نتایج و بحث

شناخت دقیق کیفیت علوفه براساس جدیدترین شاخص‌های شناخته‌شده می‌تواند کمک ارزنده‌ای به جیره‌نویسی گاو شیری نماید. معرفی شاخص‌هایی مانند uNDF، NDFD و TTNDFD می‌تواند ابزاری مؤثر در ارزش‌گذاری کیفیت علوفه‌ها و متوازن کردن بهینه جیره گاو شیری باشد [٤]. همچنین بر اساس این مؤلفه‌ها می‌توان به مدیریت بازار و حداقل نمودن هزینه‌های خوراک و حداکثر کردن استفاده از مواد خوراک پسمانده کمک کرد. این تحقیق به‌منظور شناسایی اهمیت مسئله و آغاز باب تحقیقات بومی در این زمینه به اجرا در آمد و بررسی‌ها با خوراک‌های محدودی انجام شد. بدون تردید به منظور یافتن استانداردها در این زمینه بایستی از تعداد متنوع‌تری از نمونه‌های خوراکی از سرتاسر کشور اقدام نمود. در هر حال، به جهت اهمیت مسئله و ارائه داده‌های

براساس علوفه مصرفی در کشور این تحقیق مقدماتی صورت گرفت.

ماده خشک ذرت سیلوشده ۲٦ درصد بود و این کمیت برای سایر مواد خوراکی در دامنه ۹۰ تا ۹۵ درصد قرار داشت. سطح ماده آلی در ذرت سیلوشده بیشترین (۹٤ درصد) و در یونجه خشک کمترین (۸۹ درصد) بود. کاه بالاترین سطح NDF در میزان ۸۰ درصد را دارا بود درحالی‌که این کمیت برای یونجه خشک، ذرت سیلوشده، سبوس گندم و تفاله چغندرقند به‌ترتیب ۵۲، ٥٤، ٤۷ و ۳۵ درصد بود. همچنین سطح پروتئین برای کاه ۲/٦ درصد بود و برای سایر مواد خوراکی در دامنه ۷/۷ درصد برای ذرت سیلوشده تا ١٤/۵ درصد برای سبوس گندم متغیر بود. نکته جالب توجه سطح لیگنین بود که در یونجه با مقدار ۹/۵ درصد بیشترین بود و بعد از آن کاه با ۸/٤ درصد در جایگاه دوم قرار داشت، این کمیت برای ذرت سیلوشده، سبوس گندم و تفاله به‌ترتیب ۳/۹، ٤/۳ و دو درصد بود (جدول ۱).

اگرچه کلیت ترکیب شیمیایی خوراک‌های تحت بررسی این آزمایش در تأیید یافته‌های محققین کشورهای دیگر بود [۱۰ و ۱۷]، اما در جزئیات تفاوت‌هایی مشاهده شد. به‌عنوان مثال یونجه خشک که عموماً دارای پروتئین در دامنه ١٦ تا ۱۹ درصد و NDF برابر ٤۵ درصد می‌باشد در مطالعه حاضر دارای پروتئین خام ۱۳ درصد و NDF برابر با ۵۲ درصد بود. به نظر می‌رسد یونجه بررسی شده به‌علت پروتئین کم در کنار لیگنین و NDF بالاتر حتی تا حدی از میانگین شرایط کشور هم پائین‌تر باشد. همچنین ذرت سیلوشده که عموماً دارای ماده خشک بیش از ۳۰ درصد، پروتئین خام نه درصد و NDF برابر با ٤۵ درصد می‌باشد، در مطالعه حاضر دارای مقادیر ماده خشک و پروتئین کمتر و NDF بیشتر بود. مهمترین عامل از این حیث می‌تواند مربوط به بلوغ علوفه در ایران باشد. در حقیقت در ایران یونجه عموماً در اواخر گل‌دهی و ذرت در اوایل بلوغ برداشت می‌شوند [۱۸] که سبب عدم تطابق ترکیبات آنها با علوفه‌های موجود در کشورهایی مثل آمریکا می‌شود که یونجه و ذرت را در اواسط بلوغ برداشت می‌کنند [۲۰].

جدول ۱. ترکیب شیمیایی علوفه‌ها، تفاله چغندرقند و سبوس گندم (درصد ماده خشک؛ n=۵)

ترکیب مواد مغذی	یونجه خشک	ذرت سیلوشده	کاه گندم	سبوس گندم	تفاله چغندرقند
ماده خشک	۹٤/۰±۰/۸۲	۲٦/۲±۱/۰۵	۹۳/۰±۰/٤۸	۹۲/٤±۰/۷۵	۹۰/۲±۰/۵۲
ماده آلی	۸۸/۵±۰/۰۹	۹۳/٦±۰/۰۹	۹۰/۹±۰/۹۳	۹۲/۷±۰/۱۸	۹۲/۵±۰/۱۸
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۵۲/۰±۰/۰۱	۵۳/۸±۰/۰۰	۸۲/۰±۰/۰۱	٤٦/۸±۰/۰۱	۳۵/۱±۰/۰۱
پروتئین خام	۱۳/۳±۰/۱۵	۷/۷±۰/۱۲	۲/٦±۰/۲۱	١٤/۵±۰/۲۵	۱۰/۳±۰/۱۷
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۳۸/۹±۰/۰۱	۳۰/۵±۰/۰۰	۵۲/۵±۰/۰۱	١٦/۳±۰/۲۵	۱۵/۹±۰/۰۱
لیگنین	۹/۵±۰/۷۳	۳/۹±۰/۳۱	۸/٤±۰/۲۰	٤/۳±۰/۲۳	۲/۱±۰/۵۰
عصاره اتری	۱/۳۸±۰/۰۸	۲/٤۷±۰/۲۷	۱/۳۷±۰/۱۰	۳/۹۳±۰/٤۱	۰/٦۳±۰/۰۸
کربوهیدرات غیرالیافی	۲۱/۸±۰/٤۳	۲۹/٦±۰/۷٤	٤/۹±۰/۲۵	۲۷/٤±۰/۳۹	٤٦/۵±۰/۳۵
کلسیم	۱/٦۱±۰/۰۷	۰/۳۵±۰/۰۳	۰/۱۹±۰/۰۲	۰/۳۵±۰/۰۲	۰/۷٤±۰/۰۳
فسفر	۰/۲۹±۰/۰۲	۰/۲۱±۰/۰۲	۰/۰۳±۰/۰۱	۰/۹۹±۰/۰۲	۰/۰۳±۰/۰۱

از نکته‌های جالب این تحقیق این بود که اگرچه مقدار NDF علوفه‌ها و محصولات فرعی بررسی‌شده در این آزمایش در یک دامنه مشخص و به نسبت مشابه بود، اما مقادیر ADF و لیگنین تنوع قابل توجهی داشتند به‌عنوان مثال لیگنین در ذرت سیلوشده در حد مقادیر مربوطه به محصولات فرعی (سبوس) پائین بود که در تطابق با یافته‌های قبلی بود [۱۰، ۱۵ و ۱۷]. این مشاهدات بیانگر این نکته است که ماهیت NDF می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در ارزش‌غذایی آن و درنهایت کیفیت علوفه مربوطه داشته باشد.

بخش‌بندی‌های پروتئینی در مواد خوراکی مختلف بررسی‌شده نشان داد که پروتئین در کاه گندم (۵۵ درصد) و ذرت سیلوشده (٤۹ درصد) عمدتاً در بخش A بود. این در حالی بود که در یونجه خشک و سبوس بخش‌های مختلف پروتئین سهم همگنی از پروتئین کل را به خود اختصاص داده بودند. همچنین بخش اعظمی از پروتئین تفاله چغندر در بخش‌های A (۳٦ درصد) و بخش B3 (۳۷ درصد) قرار گرفته بود. تا به حال مطالعات محدودی به بررسی بخش‌بندی پروتئین در علوفه‌ها، تفاله چغندرقند و سبوس گندم پرداخته‌اند. ممکن است به این علت باشد که سطح پروتئین در این مواد اغلب پائین است. اما باید دانست با توجه به سطح بالای مصرف این مواد، این درصد پائین پروتئین نیز می‌تواند تعیین‌کننده باشد. در بین مواد خوراکی بررسی‌شده یونجه خشک و سبوس دارای بخش‌بندی مناسبی بودند و با توجه سطح مناسب B2 و B3 می‌توانند نقش مفیدی در میزان پروتئین عبوری و قابل متابولیسم داشته باشند. نتایج تحقیقات قبل نشان داده شده است که یونجه خشک یکی از مواد خوراکی عالی جهت تأمین پروتئین قابل متابولیسم می‌باشد [۱۵] که در تطابق با یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد (جدول ۲).

تجزیه‌پذیری بخش سریع تجزیه‌پذیر در یونجه خشک و ذرت سیلوشده به نسبت مشابه بود اما تفاوت عمده‌ای در تجزیه‌پذیری بخش آهسته تجزیه‌پذیر مشاهده شد (۳٦ درصد در یونجه در مقایسه با ٤۷ درصد در ذرت سیلوشده). وجود بخش آهسته تجزیه‌پذیر بزرگ در ذرت سیلوشده منجر به تفاوت قابل توجه در نرخ تجزیه‌پذیری این علوفه در مقایسه با یونجه شد (۲/٤ درصد در ساعت برای ذرت سیلوشده در مقابل ٦/۹ درصد در ساعت در یونجه). نرخ تجزیه‌پذیری بیشتر در یونجه سبب بهبود تجزیه‌پذیری آن در نرخ‌های عبور سریع‌تر شد. کاه گندم دارای بخش سریع تجزیه‌پذیر بسیار کمتر از دو علوفه قبل بود، اما بخش آهسته تجزیه‌پذیر آن بیشتر شد و در نهایت نرخ تجزیه‌پذیری آن در حد ۱/۵ درصد در ساعت باقی ماند که از نظر عددی بیشتر شبیه ذرت سیلوشده بود؛ اما تجزیه‌پذیری مؤثر آن به خصوص در نرخ‌های عبور بالا بسیار پائین‌تر از دو علوفه دیگر بود. پارامترهای تجزیه‌پذیری در سبوس گندم و تفاله چغندر بیشتر از علوفه‌ها بودند که سبب افزایش قابل توجه در نرخ تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ‌های عبور بالا، در این اقلام شد (جدول ۳).

همان‌طورکه قابل مشاهده است تفاوت مشخص بین یونجه خشک و ذرت سیلوشده از نظر آهنگ تجزیه‌پذیری وجود دارد. در یونجه خشک عموماً تجزیه‌پذیری در زمان‌های اولیه انکوباسیون اتفاق افتاد و بعد از ۷۲ ساعت به مقدار تقریباً پایداری رسید این در حالی بود که در ذرت سیلوشده تجزیه‌پذیری در زمان‌های اولیه بسیار پائین بود و با گذشت زمان مقادیر بیشتری از آن هضم شد و مقدار NDFD تا ساعت ۲۸۸ هم روند افزایشی داشت. جالب توجه آن بود که روند تجزیه ذرت سیلوشده شباهت زیادی با کاه داشت و تنها تفاوت کاه با ذرت سیلوشده NDFD کمتر کاه در زمان‌های پایانی بود. این سبب شباهت نرخ هضم NDF در ذرت سیلوشده (۲/۳۹ درصد در ساعت) و کاه (۱/۷ درصد در ساعت) و تفاوت فاحش آنها با یونجه (٤/٦ درصد در ساعت) شد (جدول ٤).

جدول ۲. بخش‌بندی پروتئین در علوفه‌ها، تفاله چغندرقند و سبوس گندم[1] (درصدی از پروتئین خام؛ n=۵)

	A	B_1	B_2	B_3	C	پروتئین‌محلول (B1+A)
یونجه خشک	۲۸/۲±۱/۲	۱۹/۷±۰/۷	۲۸/۳±۱/۰۲	۱٤/۷±۰/٥٦	۹/۱±۰/٦۳	٤۷/۹±۲/٥
ذرت سیلوشده	٤۹/٤±۱/٤۳	۹/۰۰±۰/٦٥	۱۷/٦±۱/۱۱	۱٦/۱±۰/٤۸	۷/۹±۰/٤٥	٥۸/٤±۲/٦
کاه گندم	٤٥/۱±۱/۳۸	۱۱/۱±۰/۷٥	۱۷/٦±۰/۸۸	۱۰/٥±۰/٤۳	۱٥/۷±۰/٦٥	٥٦/۲±۲/٤۸
سبوس گندم	۲۳/٦±۱/۱۳	۲۹/۱±۱/۱	۲۷/۰±۱/۰۰	۱۷/٥±۰/٦۸	۲/۸±۰/۳٦	٥۲/۷±۲/٤٥
تفاله چغندرقند	۳٥/٦±۱/۳۹	۳/٦±۰/۳٥	۱۱/۷±۰/۹٤	۳۷/۲±۱/۰۳	۱۱/۹±۰/٤۸	۳۹/۲±۲/۳۷

۱) A نیتروژن غیرپروتئینی محلول در بافر، B_1 پروتئین حقیقی محلول بافر، B_2 پروتئین محلول در شوینده خنثی و نامحلول در بافر، B_3 پروتئین محلول در شوینده اسیدی و نامحلول در شوینده خنثی و C پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی.

جدول ۳. فراسنجه های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در علوفه‌ها، تفاله چغندرقند و سبوس گندم (n=٦)

ماده خوراکی	فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری (درصد)			تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ‌های عبور مختلف (درصد در ساعت)		
	A	B	C	۰/۰۲	۰/۰٥	۰/۰۸
یونجه خشک	۳۲/٤±۰/۷۷	۳٦/۳±۰/۷۷	٦/۹٤±۰/۲۰	٦۰/٦±۰/۳۱	٥۳/٦±۰/٥۳	٤۹/۳±۰/٦۲
ذرت سیلوشده	۳۳/۹±۰/۸٤	٤٦/٥±۰/٥۷	۲/٤±۰/۲۱	٥۹/۷±۰/۲۰	٤۹/٥±۰/۱۱	٤٥/۰±۰/۱٦
کاه گندم	۱۳/٦±۰/۸٦	٥۲/۷±۱/٦۰	۱/٤٥±۰/۲۱	۳٥/۹±۰/۱۱	۲٥/٦±۰/۱۹	۲۱/۸±۰/۳٤
سبوس گندم	۳۲/٤±۰/۲۱	۳۹/۸±۰/۲۲	۱٥/۰±۰/۷۰	٦۷/۲±۰/۷۲	٦۲/۲±۰/۳٦	٥۸/٤±۰/۳۳
تفاله چغندرقند	٤٦/۲±۱/۰٥	٥۲/٥±۱/۸۹	٥/۸۱±۰/٥۷	۸٤/۸±۰/۱۱	۷٤/۰±۰/۱۹	٦٤/۸±۰/۳٤

نرخ تجزیه‌پذیری متفاوت NDF در یونجه در مقایسه با کاه و ذرت سیلوشده عمدتاً به تفاوت اولیه ماهیت لیگنین در علوفه‌های لگومیان مانند یونجه با علوفه‌های گراسه مانند گندم و ذرت برمی‌گردد [۹ و ۲۱]. در حقیقت لیگنین در گیاهان خانواده لگومیان به‌صورت هسته‌ای و متراکم است که عمدتاً به‌صورت داخلی در خود تنیده شده و توده‌های لیگنینی با حداقل اتصال با الیاف را ایجاد می‌کنند [۹ و ۲۱]. این در حالی است که لیگنین در گراس‌ها به‌صورت غیرهسته‌ای بوده و پیوندهای استری و اتری متعددی را با همی‌سلولز در ساختار الیاف گیاه ایجاد می‌کند [٦، ۹ و ۲۱]. بر این اساس لیگنین‌های هسته‌ای در گیاهی مانند یونجه به‌دلیل عدم اتصال با الیاف سبب کند شدن نرخ هضم الیاف نخواهند شد اما در سیلاژ به‌دلیل وجود اتصالات نرخ هضم کند خواهد شد.

به دلیل امکان شکستن پیوندهای استری و اتری لیگنین غیرهسته‌ای در علوفه‌های نابالغ گراس مانند ذرت سیلوشده مقدار هضم الیاف در طولانی‌مدت بیشتر خواهد شد [۲۱]. این امر در مقایسه مقادیر TTNDFD کاملاً مشخص بود در حقیقت به‌واسطه مقادیر بیشتر NDFD در نقاط پایانی در ذرت سیلوشده نسبت به کاه گندم و یونجه خشک مقدار TTNDFD در ذرت سیلوشده نسبت به دو علوفه مذکور بیشتر شد (۳۹ در مقابل ۳٤ و ۲۹ درصد NDF). با توجه به همبستگی بالای (r^2=٦۸) این برآورد با هضم واقعی اندازه‌گیری‌شده در لوله گوارش [۲] به نظر می‌رسد که علوفه ذرت سیلوشده از نظر هضم‌پذیری نسبت به یونجه خشک برتری داشته باشد که بایستی در جیره‌نویسی لحاظ شود. این مهم می‌تواند در شرایط علوفه‌های مصرفی در گاوداری‌های کشور به بررسی گذاشته شود و بر اساس آن و در صورت تکرار نتایج به‌صورت قانون کاربردی در کشور استفاده شود.

جدول ٤. پارامترهای تجزیه‌پذیری NDF برای علوفه‌ها، تفاله چغندرقند و سبوس گندم (n=٦)

	یونجه خشک	ذرت سیلوشده	کاه گندم	سبوس گندم	تفاله چغندرقند
	میزان هضمNFD در زمان‌های مختلف، (درصد)				
٦ساعت	١٥/٨±١/١٣	٧/٩٩±١/٢٧	٩/٢١±١/٣٧	٣٠/٧±٠/٦٠	٢٥/٠±٢/٩٦
١٢ساعت	٢٣/٢±٢/٣٧	١٢/٥±٢/٦٢	١٤/١±٠/٨٠	٣٤/٥±٠/٦٤	٤١/٣±٢/٤٥
٢٤ساعت	٣٥/٠±٠/٩٩	٢٤/٤±٣/٢٦	٢٤/٤±١/٧٣	٣٩/٥±١/٧٦	٦٩/٠±٣/١٤
٣٠ساعت	٣٨/٦±١/٩٢	٣٠/٩±٤/٣٣	٢٥/٩±٢/٤٥	٤١/٤±١/٩٣	٧٨/٢±٣/٥٥
٣٦ساعت	٣٩/٣±٢/٧٦	٣٢/٩±٣/٣٤	٢٧/٧±٠/٨٠	٤٣/٠±٠/٧٤	٨٤/٦±١/٩١
٤٨ساعت	٤٣/١±٢/٣٢	٤٠/٧±٤/٢٣	٣٧/١±٤/٤٨	٥٠/٢±٤/٧٤	٩٠/٧±٠/٩٧
٧٢ ساعت	٤٦/٢±١/٤٣	٥٥/١±٤/٦٥	٤٥/٥±٣/٢١	٦٥/٥±٢/٥٩	٩١/٣±٠/٥٤
٩٦ساعت	٤٦/٦±٠/٨٥	٦٦/٧±٤/٣٧	٥٥/١±٢/٦٦	٦٩/١±٢/٥٧	٩١/٩±٠/٥٤
١٢٠ساعت	٤٧/٠±١/١٤	٦٨/٩±١/٨٠	٥٨/٧±١/٦١	٧٢/٥±١/٥٣	٩١/٩±٠/٧١
٢٤٠ساعت	٤٧/٧±١/١٨	٧٥/٩±١/٢٦	٦٦/٦±١/٢٢	٧٦/٦±١/٥٠	٩٢/٠±١/١١
٢٨٨ساعت	٤٧/٨±١/١٠	٧٦/٢±١/٢٧	٦٧/٦±١/٠٦	٧٦/٨±١/٥٩	٩٢/٠±١/١٢
	نرخ هضم بخش قابل هضم NDF، (درصد بر ساعت)				
	٤/٥٩±٠/٠٦	٢/٣٩±٠/٠٦	١/٦٩±٠/٠٧	٢/٠٨±٠/٠٨	٧/٢٤±٠/٠٤
	NDF قابل هضم در کل لوله گوارش، (درصد)				
	٣٣/٦±٠/٤٥	٣٩/٢±٠/٣١	٢٩/١±٠/٣١	٣٧/٠±٠/٢٢	٧٤/٧±٠/١٩

همچنین اطلاعات مربوط به NDFD در تفاله نشان‌دهنده برتری قابل توجه آن نسبت به سبوس گندم بود به‌نحوی‌که سبب تفاوت فاحش در نرخ هضم NDF (٧/٢٤ درصد در ساعت در تفاله در مقابل ٢/٠٨ درصد در ساعت در سبوس) و مقدار TTNDFD (٧٤/٧ درصد در تفاله در مقایسه ٣٧/٠ درصد در سبوس) در بین این دو ماده از دسته محصولات فرعی شد. این تفاوت قابل ملاحظه بین تفاله و سبوس نیز می‌تواند به تفاوت ذاتی بین ماهیت NDF بین این دو ماده فرعی برگردد. یکی از این موارد که در جدول ٢ نیز نشان داده شد، میزان لیگنین است که در سبوس دو برابر تفاله است. از طرف دیگر نشان داده شده است که بخشی از پکتین موجود تفاله می‌تواند در NDF باقی ماند [٢١] و با توجه به سرعت و مقدار هضم بالای آن می‌تواند منشأ بخشی از تفاوت مشاهده شده در این آزمایش باشد. در تأیید مطالعه حاضر گزارش شده است که نسبت uNDF به لیگنین در سبوس (٢/٦) بسیار بیشتر از تفاله (٠/٨) می‌باشد که بیانگر قابلیت هضم بهتر NDF تفاله (NDFD و TTNDFD) به سبب ماهیت آن می‌باشد [٩].

یونجه با میزان ٢٧٢ گرم بر کیلوگرم ماده خشک دارای بیشترین مقدار uNDF بود و بعد از آن کاه و ذرت سیلوشده قرار داشتند. سبوس هم مقدار قابل توجه ١١٨ گرم در کیلوگرم از uNDF را دارا بود درحالی‌که این کمیت در تفاله ٢٨ گرم بود. مقادیر مربوطه با یافته‌های به‌دست‌آمده در کشورهای دیگر در تطابق بود [١٠ و ١٧]. در برخی موارد مثل یونجه، یافته‌های این آزمایش با یافته‌های برخی از محققین [١٠] اندکی بیشتر بود که احتمالاً مربوط به مرحله بلوغ می‌شد [١٠] (جدول ٥). نکته مهم مشاهده‌شده در یونجه خشک که در تأیید مطالعات قبل بود، این بود که این علوفه در عین داشتن مقادیر لیگنین و uNDF بالا و در حد کاه دارای نرخ هضم بالا بود. این امر به ماهیت لیگنین در گیاهان لگومینوز

برمی‌گردد. در حقیقت در گیاهان لگومینوز (یونجه) برخلاف گراس لیگنین از نوع هسته‌ای بوده و اتصالات کمتری با رشته‌های سلولزی دارد و در نتیجه بخش سلولز عاری از لیگنین در این گیاهان با سرعت بیشتری هضم‌شده و نرخ هضم در یونجه را بالا می‌برد [۲۱]. در حقیقت یونجه دارای بخش هضم‌شونده با سرعت هضم سریع زیاد و بخش هضم شوند با سرعت هضم آهسته کمتری نسبت به ذرت سیلوشده می‌باشد [۱۷].

جدول ۵. مقادیر NDF غیرقابل هضم برای علوفه‌ها، تفاله چغندرقند و سبوس گندم (n=٦)

آیتم	گرم در کیلوگرم ماده خشک	گرم در کیلوگرم NDF	درصد NDF
یونجه خشک	۲۷۲±۵/۷۳	۵۲۲±۱۱/۰	۵۲/۲±۱/۱۰
ذرت سیلوشده	۱۱۸±۷/۵۳	۲۳۲±۱٦/۰	۲۳/۲±۱/۵۹
کاه گندم	۲٦٦±۸/۷۱	۳۲٤±۱۰/٦	۳۲/٤±۱/۰٦
سبوس گندم	۱۲۸±٦/۸۸	۲۳۹±۱۲/۸	۲۳/۹±۱/۲۷
تفاله چغندرقند	۲۸/۱±۳/۹۳	۸۰/۲±۱۱/۲	۸/۰۲±۱/۱۲

یکی از اهداف این مطالعه امکان‌سنجی جایگزینی منابع علوفه‌ای بر اساس خصوصیات کیفی آنها بود. به نظر می‌رسد که برای افزودن کاه به جیره جایگزینی آن با ذرت سیلوشده به‌دلیل همخوانی آهنگ تجزیه NDF معقول‌تر باشد. همچنین با توجه به نرخ تجزیه‌پذیری کمتر کاه اگر همزمان بخشی از NDF کاه با NDF ذرت سیلوشده و بخش دیگر آن با NDF تفاله جایگزین شود نتایج مناسب‌تری حاصل خواهد شد. از طرف دیگر بایستی عنوان شود با توجه به اینکه میزان uNDF و میزان هضم NDF در یونجه و کاه شباهت بیشتری داشت ممکن است در شرایطی جایگزینی کاه با یونجه مفیدتر باشد. نکته پایانی در خور توجه این است که با توجه به اینکه این نتایج بر اساس بررسی نمونه‌های محدودی صورت گرفت استفاده از نتایج و تعمیم آن بایستی با احتیاط و در نظر گرفتن شرایط این گله صورت گیرد. مطالعات بعدی با بررسی تعداد بیشتری گله از نقاط مختلف کشور برای این منظور و افزایش اطمینان نسبت به نتایج مطلوب می‌باشد.

بر اساس نتایج این تحقیق، شناخت NDF و ماهیت آن در مواد خوراکی مختلف نقش تعیین‌کننده‌ای در شناخت کیفیت و ارزش هضم‌پذیری دارد. لذا لحاظ نمودن خصوصیات هضمی NDF در تدوین راهبردهای تغذیه الیاف در گاو شیری برای حفظ سلامتی دام و دستیابی به عملکرد مطلوب آن توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از صندوق حمایت از پژوهش‌گران و فناوران کشور (با شماره طرح ۹۵۸۱٦۰٤۷) به خاطر تأمین هزینه‌های این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2002). Official Methods of Analysis. Vol. 1. 17th ed. AOAC, Arlington, VA.
2. Bender RW, Cook DE and Combs DK (2016). Comparison of in situ versus in vitro methods of fiber digestion at 120 and 288 hours to quantify the indigestible neutral detergent fiber fraction of corn silage samples. Journal of Dairy Science, 99(7): 5394-5400.
3. Cotanch KW (2015) Using 240 hour uNDF in the field. In: Proceeding 77th Cornell Nutrition Conference Feed Manufacturers. 107-110.
4. Cotanch KW, Grant RJ, Van Amburgh ME, Zontini A, Fustini M, Palmonari A and Formigoni A (2014) Application of uNDF in ration modeling and formulation. In: Proceeding 76th Cornell Nutrition Conference Feed Manufacturers. 114-131.
5. Esmaeili M, Khorvash M, Ghorbani GR, Nasrollahi SM and Saebi M (2016). Variation of TMR particle size and physical characteristics in commercial Iranian Holstein dairies and effects on eating behaviour, chewing activity, and milk production. Livestock Science. 191: 22-28.

6. Hatfield R and Fukushima R.S (2005). Can lignin be accurately measured? Crop Science. 45: 832-839.
7. Iranian Council of Animal Care. (1995). Guide to the Care and Use of Experimental Animals. Vol. 1. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
8. Jones LR and J Siciliano-Jones (2015) Considering Forage NDFu30 as a Constraint in Dairy Rations. In: In: Proceeding 77th Cornell Nutrition Conference Feed Manufacturers. 103-106.
9. Krämer M, Weisbjerg MR, Lund P, Jensen CS and Pedersen MG (2012). Estimation of indigestible NDF in forages and concentrates from cell wall composition. Animal Feed Science Technology, 177(1-2): 40-51.
10. Krizsan SJ and Huhtanen P (2013). Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible neutral detergent fiber concentration in dairy cows. Journal of Dairy Science, 96(3): 1715-1726.
11. Licitra G, Hernandez TM and Van Soest PJ (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Animal Feed Science Technology, 57(4): 347-358.
12. Lopes F, Cook DE and Combs DK (2015). Effects of varying dietary ratios of corn silage to alfalfa silage on digestion of neutral detergent fiber in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 98(9): 6291-6303.
13. Lopes F, Ruh K, and Combs DK (2015). Validation of an approach to predict total-tract fiber digestibility using a standardized in vitro technique for different diets fed to high-producing cows. Journal of Dairy Science, 98(4): 2596-2602.
14. Nasrollahi SM and Khorvash M (2014). Carbohydrates in Dairy Cow Nutrition. 1st ed. Khotan publication, Iran.
15. NRC (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
16. Oba M and Allen MS (1999) Evaluation of the importance of NDF digestibility: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. Journal of Dairy Science, 82(3): 589-596.
17. Raffrenato E (2011) Physical, chemical and kinetic factors associated with fiber digestibility in ruminants and models describing these relationships. PhD Diss. Cornell University, Ithaca, NY.
18. Ranjbari M, Ghorbani GR, Alikahni M, Khorvash M (2007) Chemical composition,crude protein fractionation and ruminal degradability of maize silage produced in Isfahan. International Journal of Dairy Science, 2(1): 66-72.
19. SAS Institute (2002) User's Guide: Statistics. Version 9.1. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
20. St-Pierre NR and Weiss WP (2015) Partitioning variation in nutrient composition data of common feeds and mixed diets on commercial dairy farms. Journal of Dairy Science, 98: 5004-5015.
21. Van Soest PJ (1994) Nutritional Ecology of the Ruminant, second ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.
22. Van Soest PJ and Wine RH (1968) Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. Journal Association Official Analytical Chemistry, 51: 780-785.
23. Van Soest PJ, Robertson JB and Lewis BA (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharide in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10): 3583-3597.
24. Volden H (2011) NorFor – The Nordic Feed Evaluation System. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.

Animal Production
(*College of Abouraihan – University of Tehran*)

Vol. 20 ■ No. 3 ■ Autumn 2018

Determination of indigestible neutral detergent fiber and other newly identified parameters of fiber digestibility in fibrous feedstuffs of a dairy farm

Ali Kahyani[1], Gholam Reza Ghorbani[2], Masoud Alikhani[3], Ebrahim Ghasemi[4], Ali Sadeghi-Sefidmazgi[4], Sayyed Mahmoud Nasrollahi[5*]

1. Ph.D. Student, Department of Animal Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2. Professor, Department of Animal Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
3. Associate Professor, Department of Animal Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Animal Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
5. Former Ph.D. Student, Department of Animal Sciences, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Received: April 7, 2018 Accepted: July 28, 2018

Abstract

The study was conducted to evaluate indigestible neutral detergent fiber (iNDF) and other related parameters of fiber digestibility of alfalfa hay, corn silage, wheat straw, beet pulp, and wheat bran of a dairy farm. Using two cannulated non-lactating Holstein cows and in situ method, undigested neutral detergent fiber (uNDF) after 288 h was measured as indicator of iNDF. Then with evaluating the kinetic of fiber digestibility in several time points, the rate and extent of NDF digestibility (NDFD) were measured according to newly-developed equations. The measured NDFD was used for estimation of total tract NDF digestibility (TTNDFD). Alfalfa hay had a greater amount of lignin as well as greater rate of NDF digestion than corn silage and wheat straw. Alfalfa hay and wheat straw, compared with corn silage, had a greater amount of uNDF and lower NDFD and TTNDFD. In spite of having relatively similar amount of NDF, the beet pulp and wheat bran had lower amounts of lignin and uNDF, while greater rate and extent of NDF digestibility as well as TTNDFD than forages. Overall, the considered fibrous feedstuffs showed a considerable variation in uNDF, NDFD, and TTNDFD that must be considered at the time of use.

Keywords: Byproducts, dairy cows, forages, kinetic of fiber digestibility, undigested neutral detergent fiber.

Corresponding author: smnasrolahi@gmail.com