دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

بررسی فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی سه علوفه یونجه، کاه گندم و سیلاژ ذرت با استفاده از سیستم نورفور

مائده فیض[1] و تقی قورچی[2]

۱- دکتری تغذیه دام، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: feyz_2@yahoo.com)
۲- استاد گروه تغذیه دام، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۷
صفحه: ۷۰ تا ۷۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: سیستم نورفور در کشورهای دانمارک، ایسلند، نروژ و سوئد برای پیش‌بینی تامین موادمغذی، احتیاجات نگهداری، تولید شیر، رشد و آبستنی در گاو توسعه یافته است. با توجه به تنوع در تجزیه شکمبه‌ای NDF و تأثیر آن بر عملکرد حیوانات، دانش در مورد قابلیت هضم NDF در علوفه برای تغذیه موثر نشخوارکنندگان حیاتی است. هدف از این پژوهش مقایسه تجزیه‌پذیری علوفه‌های یونجه، کاه گندم و سیلاژ ذرت و برآورد غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی هضم ناپذیر (iNDF) و بالقوه قابل هضم (pdNDF) با استفاده از سیستم نورفور (Norfur) است.

مواد و روش‌ها: فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی به روش *in situ* و با استفاده از سه رأس گوسفند بالغ فیستولاگذاری شده در فواصل زمانی صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸ و ۹۶ ساعت در یک طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای سنجش iNDF سه گرم از نمونه‌ها داخل کیسه‌های پلی استر تا ۲۸۸ ساعت انکوبه شدند.

یافته‌ها: بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سه علوفه یونجه، سیلاژ ذرت و کاه گندم از نظر تجزیه‌پذیری ماده خشک (DM) و NDF وجود دارد. ناپدید شدن شکمبه‌ای DM و NDF در زمان‌های انکوباسیون صفر تا ۹۶ ساعت در علوفه یونجه بیشترین (به‌ترتیب ۷۲/۳۵ و ۵۶/۸۱درصد) و در کاه گندم کمترین (به ترتیب ۴۵/۷۲ و ۳۵/۳۹درصد) بود. نرخ ثابت تجزیه بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت. تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبورهای ۲، ۵ و ۸ درصد نیز بین تیمارهای آزمایشی بطور معنی‌داری متفاوت بود ($p<۰/۰۰۰۱$). تجزیه‌پذیری موثر و غلظت NDF بالقوه قابل هضم در یونجه بیشترین و در کاه کمترین بود. اختلاف معنی‌داری بین فراسنجه‌های pdNDF و iNDF در کاه گندم نسبت به سیلاژ ذرت و یونجه مشاهده شد و علوفه یونجه بخش بالقوه قابل هضم بالاتری داشت ($p<۰/۰۰۰۱$). بیشترین غلظت iNDF مربوط به کاه گندم و پس از آن، سیلاژ ذرت و کمترین غلظت در یونجه بعد از ۲۸۸ ساعت انکوباسیون بود (به‌ترتیب ۵۵/۳۱، ۲۸/۸۱ و ۱۲/۹۴درصد از NDF).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این پژوهش با استفاده از سیستم نورفور برای تعیین تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی، کمترین مقدار iNDF و بیشترین مقدار pdNDF متعلق به یونجه در مقایسه با کاه و سیلاژ ذرت بود که نشان‌دهنده هضم‌پذیری بالاتر علوفه یونجه است.

واژه‌های کلیدی: الیاف نامحلول در شوینده خنثی، تجزیه‌پذیری، علوفه، نورفور

مقدمه

میزان مصرف و قابلیت هضم علوفه‌ها تا حد زیادی تحت تأثیر محتوای الیاف و به طور خاص الیاف نامحلول درشوینده خنثی[1] قرار می‌گیرد. الیاف ماده پیچیده‌ای است که به دلیل تنوع علوفه، بلوغ گیاه و محیط رشد، قابلیت هضم آن متفاوت است (۴). با توجه به تنوع در تجزیه شکمبه‌ای NDF و تأثیر آن بر عملکرد حیوانات، دانش در مورد قابلیت هضم NDF در علوفه برای تغذیه موثر نشخوارکنندگان حیاتی است. تنظیم یک رژیم غذایی تا سطح خاصی از NDF بدون مراجعه به iNDF می‌تواند به طور قابل توجهی بر میزان مصرف، قابلیت هضم و انرژی قابل سوخت و ساز (ME) جیره تأثیر بگذارد (۱۰). NDF علوفه از ۲ بخش تشکیل شده است: بخش غیر قابل هضم (iNDF) و بخش بالقوه قابل هضم (pdNDF). بخش بالقوه قابل هضم یا با هضم میکروبی یا عبور از شکمبه ناپدید می‌شود، در حالی که بخش هضم ناپذیر NDF، فقط با عبور از شکمبه خارج می‌شود (۱۵). برآورد دقیق بخش بالقوه قابل هضم NDF (pdNDF) و نرخ هضم آن در مدل‌های تغذیه‌ای نیاز به تعیین دقیق محتوای NDF غیر قابل هضم (iNDF) دارد (۳۰،۵). برخی محققین پیشنهاد کردند که بخش iNDF را می‌توان با استفاده از اندازه گیری NDF هضم نشده (uNDF) باقیمانده در یک زمان انکوباسیون از پیش تعیین شده، مانند ۹۶ ، ۱۲۰ یا ۲۱۶ ساعت، در هر دو سیستم *in vitro* یا *in situ* تخمین زد (۲۶،۲۴،۱۳). برخی دیگر پیشنهاد می‌کنند که برای تخمین دقیق غلظت iNDF یک خوراک، زمان‌های انکوباسیون طولانی‌تری لازم است (۱۹). سیستم ارزیابی خوراک نورفور (Norfur)، iNDF را به عنوان NDF مانده پس از ۲۸۸ ساعت انکوباسیون *in situ* تعریف می‌کند (۱۹).

ارائه‌دهندگان این سیستم به منظور طراحی این مدل به بررسی چندین سیستم ارزیابی خوراک از جمله سیستم کربوهیدرات و پروتئین خام خالص کورنل (CNCPS) و NRC (۲۰۰۱) پرداختند تا کاربردش ساده و قابل درک باشد (۲۷). به‌منظور بهبود و پیشرفت ارزیابی مواد خوراکی و تنظیم جیره، طرح نورفور اثر تداخل بین ویژگی‌های خوراک و دام را در یک مدل غیرخطی بررسی می‌کند (۶). مدل مذکور تخمیر و هضم پروتئین، چربی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، نشاسته و سایر کربوهیدرات‌ها را در شکمبه، روده باریک و روده فراخ توصیف نموده و بنابراین انرژی در دسترس برای رشد میکروب‌ها از روی میزان تجزیه مواد مغذی و نرخ عبور محاسبه می‌گردد.

روش‌های فعلی تنظیم جیره در ایران براساس مقادیر در دسترس از مواد مغذی گزارش شده در سیستم‌های ارزیابی خوراک، برای خوراک‌هایی است که در شرایط آن مناطق رشد کرده و به حیوانات آن مناطق خورانده می‌شوند. این مقادیر

1- Neutral detergent fiber (NDF)

ممکن است در سایر مکان‌های جغرافیایی بهینه نباشند، در نتیجه بهره‌وری کمتری از خوراک و یا ضرر اقتصادی ایجاد می‌کند. بنابراین، برآورد دقیق ضرایب تجزیه شکمبه‌ای مواد مغذی در خوراک‌های محلی مورد نیاز است.

در ایران با توجه به اقلیم منطقه و کمبود آب در بیشتر مناطق و همچنین عدم رعایت الگوی کشت مناسب هر ساله با کمبود علوفه به خصوص علوفه مرغوب مواجه هستیم. یونجه ارزش تغذیه‌ای زیادی دارد و یکی از بهترین گیاهان علوفه‌ای برای تغذیه دام است. در حال حاضر یونجه باکیفیت (با رطوبت کم و بدون علف) قیمت بسیار بالایی دارد. علاوه بر این هزینه نگهداری یونجه بسیار بالاست و طی زمان انبارداری ۴–۵ درصد از ماده خشک آن کم می‌شود. بنابراین استفاده از علوفه‌های دیگر مانند کاه گندم و سیلاژ با اطلاع از سطح تجزیه‌پذیری ترکیبات آن برای تنظیم دقیق جیره، می‌تواند هزینه‌ها را کاهش دهد. در پژوهش‌های گذشته تجزیه‌پذیری پروتئین و نشاسته در جو و ذرت با استفاده از مدل نورفور بررسی شد (۶،۷). اما با توجه به پژوهش‌های اندک در رابطه با سیستم نورفور، این آزمایش برای اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی سه علوفه‌ی یونجه، کاه گندم و سیلاژ ذرت به روش کیسه‌های نایلونی با استفاده از سیستم نورفور طراحی و انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه‌ها از روش کیسه‌های نایلونی از سه رأس میش نژاد زل (وزن۳ ± ۴۰ کیلوگرم) دارای فیستولای شکمبه‌ای موجود در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری استفاده شد. دام‌های مورد آزمایش طبق روش استاندارد تکنیک کیسه‌های نایلونی در سطح نگهداری تغذیه شدند. جیره با نرم‌افزار SRNS (نسخه ۱.۱۰.۶۶۳۰) تنظیم شد (جدول ۱).

خوراک‌دهی روزانه در دو نوبت ۸ صبح و ۱۸ عصر انجام شد. مدت دو هفته به سازگاری دام‌ها با جیره مورد نظر اختصاص داده شد. نمونه‌های خوراک قبل از تجزیه و تحلیل شیمیایی در آون در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و با اندازه ذرات ۱ میلی‌متری آسیاب شدند (۲).

سه گرم علوفه یونجه، سیلاژ ذرت و کاه گندم در ۳ تکرار در کیسه‌های پلی استر یا داکرونی به ابعاد ۱۴×۷ سانتی‌متر با قطر منفذ تقریبی ۵±۴۰ میکرون و برای تعیین iNDF، نمونه‌ها در کیسه‌های داکرونی به ابعاد ۷/۵ ×۶ و قطر منفذ ۲±۱۵ میکرون قرار داده شد و در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸، و ۲۸۸ ساعت شکمبه‌گذاری شدند. کیسه ها قبل از شکمبه‌گذاری (از جمله کیسه‌های ساعت صفر) به مدت ۲۰ دقیقه در ظرف آب با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. کیسه‌هایی که به مدت ۲، ۴ و ۸ ساعت انکوبه شدند به طور همزمان ۱۵–۳۰ دقیقه قبل از تغذیه صبح در شکمبه قرار داده شدند. برای کیسه‌هایی که برای مدت زمان طولانی‌تری انکوبه شدند، در سیستم نورفور، الزامی برای قراردادن کیسه‌ها در شکمبه قبل از تغذیه صبح نیست. کیسه‌های خارج شده از شکمبه و کیسه‌های ساعت صفر پس از شستشو در آب سرد، در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و وزن شدند. باقی مانده‌ها برای تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و NDF بررسی شدند (۲۰).

تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی به روش نورفور

در سیستم نورفور، بخش NDF به یک بخش بالقوه قابل تجزیه (pdNDF) و یک بخش غیر قابل هضم (iNDF) تقسیم می‌شود. به‌منظور برآورد فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری از نرم‌افزار Fit curve برای داده‌ها تا ۹۶ ساعت استفاده شد (۲۰):

$$P=a+b\ (1-e^{-ct}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

به‌طوری‌که P: تجزیه‌پذیری در زمان t، a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه و c: نرخ تجزیه بخش b ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی، e: عدد نپری و t: زمان انکوباسیون (ساعت) بود. تجزیه‌پذیری موثر نیز در نرخ عبورهای ۲، ۵ و ۸ درصد محاسبه شد.

$$ED\ (\%) =a+ (b\times c\ /(c+kp)) \quad \text{رابطه (۲)}$$

به‌طوری‌که ED: تجزیه‌پذیری مؤثر و kp: ثابت نرخ خروج شیرابه هضمی از شکمبه (۲ و ۵ و ۸ درصد در ساعت) بود. محتوای iNDF با توجه به محتوای NDF باقی مانده در کیسه‌ها پس از ۲۸۸ ساعت انکوباسیون محاسبه شد. محتوای pdNDF بر اساس اختلاف کل NDF و iNDF محاسبه شد (۲۳،۹).

$$pdNDFt = NDF - iNDFt \quad \text{رابطه (۳)}$$

محاسبه kdNDF

در داده‌های Fit curve، b به عنوان $NDFD_{curvefitting}$ و c به عنوان kdNDF گزارش می‌شود. در سیستم نورفور، وقتی iNDF در ساعت ۲۸۸ در دسترس است، NDFD را در ساعت ۲۸۸ ساعت باید به عنوان pdNDF گزارش و kdNDF را با توجه به موارد زیر تصحیح کرد:

$$kdNDF= \frac{NDFDcurvefit^{*}\ kdNDF96}{pdNDF} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن kdNDF نرخ تجزیه‌پذیری تصحیح شده برای NDF است، $NDFD_{curvefit}$ مقدار تقریبی از NDF تجزیه شده که از curvefit بدست آمده و pdNDF بخش بالقوه قابل تجزیه NDF است که از iNDF تخمین زده شده با ۲۸۸ ساعت انکوباسیون تخمین زده شده است.

تجزیه و تحلیل آماری

اطلاعات به‌دست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار و ۳ تکرار و با استفاده از PROC GLM در نرم‌افزار SAS (نسخه ۹.۱؛ SAS Institute Inc.، Cary، USA) تجزیه واریانس شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. مدل آماری مورد استفاده به شرح زیر است.

$$Y_{ij}= \mu + T_i+e_{ij}$$

Y_{ij}: مقدار مشاهده مربوط به فراسنجه، μ: میانگین مشاهدات، t_i: اثر تیمار iام، e_{ij}: اثرخطا

جدول ۱- اجزای خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره در آزمایش تجزیه‌پذیری
Table 1. Ingredient and chemical composition of the experimental diet

مواد خوراکی (درصد ماده خشک)	مقدار
یونجه خشک	۱۲/۵۴
کاه گندم	۲۹/۲۶
دانه جو	۱۵/۵۷
دانه ذرت	۱۲/۵۴
کنجاله سویا	۳/۳۴
سبوس گندم	۱۲/۵۴
تفاله چغندر قند	۹/۴۵
کنجاله کانولا	۳/۳۴
کربنات کلسیم	۰/۴۲
مکمل معدنی و ویتامینی	۱/۰۰
ترکیب شیمیایی	
ماده خشک (درصد)	۸۹/۴۵
پروتئین خام (درصد)	۱۲/۵۰
چربی خام (درصد)	۳/۶۳
خاکستر (درصد)	۷/۷۰
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۴۲/۲۰
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	۲۰/۱۷
کربوهیدرات غیر الیافی (درصد)	۳۳/۹
انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری بر کیلوگرم)	۲/۰۸

هر کیلوگرم مکمل معدنی-ویتامینی دام شامل: ویتامین A (۵۰۰۰۰۰ واحد)، ویتامین D_3 (۱۰۰۰۰۰ واحد)، ویتامین E (۰/۱ گرم)، کلسیم (۱۹۶ گرم)، فسفر (۹۰ گرم)، سدیم (۷۱ گرم)، آهن (۳ گرم)، منگنز (۲ گرم)، منیزیم (۲ گرم)، مس (۰/۳ گرم)، روی (۳ گرم)، کبالت (۰/۱ گرم)، ید (۰/۱ گرم)، سلنیم (۱ میلی‌گرم) (شرکت داروسازی کیمیا رشد گرگان)

نتایج و بحث

ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی

مقایسه ساعت‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و NDF علوفه‌های یونجه، کاه گندم و سیلاژ ذرت در جدول ۲ نشان داده شده است. در تمام ساعت‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و NDF تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد ($p<۰/۰۰۰۱$). ناپدید شدن شکمبه‌ای DM و NDF در زمان‌های انکوباسیون صفر تا ۹۶ ساعت در علوفه یونجه بیشترین (به‌ترتیب ۷۲/۳۵ و ۵۶/۸۱) و در کاه گندم کمترین (به‌ترتیب ۴۵/۷۲ و ۳۵/۳۹) بود. در آزمایش یوسفیان و همکاران (۲۹) ناپدید شدن ماده خشک (در صفر و ۲ ساعت) و ناپدید شدن NDF (در انکوباسیون ۹۶ ساعت) در جیره حاوی سیلاژ ذرت بیشتر از یونجه بود. میزان و نرخ تجزیه ماده خشک علوفه‌ها در شکمبه، تعیین‌کننده اصلی تأمین انرژی و مواد مغذی برای نشخوارکنندگان است. گزارش شده است که الگوی تجزیه در شکمبه بر عملکرد شکمبه و هضم الیاف، پروتئین میکروبی و سنتز چربی شیر و عملکرد کلی و سلامتی حیوانات تأثیر می‌گذارد (۲۱).

جدول ۲- مقایسه ساعت‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و NDF یونجه، کاه گندم و سیلاژ ذرت
Table 2. Dry matter and NDF degradability (%) of alfalfa, wheat straw and corn silage during ruminal incubation hours

زمان (ساعت)	یونجه	کاه	سیلاژذرت	SEM[1]	p-value[2]
ماده خشک					
۰	۲۴/۵۰^{a}	۶/۵۷^{b}	۲۲/۲۰^{a}	۰/۸۵۹	۰/۰۰۰۳
۲	۲۹/۲۰^{a}	۹/۲۷^{c}	۲۴/۶۷^{b}	۰/۵۸۵	<۰/۰۰۰۱
۴	۳۳/۵۰^{a}	۱۱/۷۷^{c}	۲۸/۲۳^{b}	۰/۵۹۹	<۰/۰۰۰۱
۸	۴۰/۸۳^{a}	۱۶/۲۷^{b}	۳۳/۴۳^{c}	۰/۵۴۹	<۰/۰۰۰۱
۱۶	۵۱/۵۷^{a}	۲۳/۵۳^{c}	۴۱/۷۳^{b}	۰/۶۷۷	<۰/۰۰۰۱
۲۴	۵۸/۷۳^{a}	۲۹/۰۳^{c}	۴۸/۰۰^{b}	۰/۷۵۲	<۰/۰۰۰۱
۴۸	۶۸/۶۳^{a}	۳۸/۹۷^{c}	۵۸/۸۳^{b}	۰/۶۰۱	<۰/۰۰۰۱
۹۶	۷۲/۳۵^{a}	۴۵/۷۲^{c}	۶۵/۵۳^{b}	۰/۴۳۲	<۰/۰۰۰۱
NDF					
۰	۱۴/۸۰^{a}	۵/۳۰^{b}	۱۴/۷۳^{a}	۰/۵۶۴	۰/۰۰۰۷
۲	۱۸/۷۳^{a}	۷/۶۷^{b}	۱۷/۸۳^{a}	۰/۴۴۸	<۰/۰۰۰۱
۴	۲۲/۲۶^{a}	۹/۸۷^{b}	۲۰/۶۰^{a}	۰/۳۷۹	<۰/۰۰۰۱
۸	۲۸/۴۳^{a}	۱۳/۷۳^{c}	۲۵/۳۷^{b}	۰/۳۸۶	<۰/۰۰۰۱
۱۶	۳۷/۷۰^{a}	۱۹/۸۰^{c}	۳۲/۴۰^{b}	۰/۵۱۱	<۰/۰۰۰۱
۲۴	۴۳/۹۷^{a}	۲۴/۲۰^{c}	۳۷/۰۳^{b}	۰/۵۸۲	<۰/۰۰۰۱
۴۸	۵۳/۰۷^{a}	۳۱/۳۷^{c}	۴۳/۵۰^{b}	۰/۴۶۷	<۰/۰۰۰۱
۹۶	۵۶/۸۱^{a}	۳۵/۳۹^{c}	۴۵/۹۸^{a}	۰/۳۱۵	<۰/۰۰۰۱

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بین تیمارها می‌باشد. [1] SEM: خطای استاندارد میانگین (standard error of the mean)؛ [2] p-value : احتمال معنی‌داری

سازوکار ناپدید شدن سریعتر بخش NDF از شکمبه، به دلیل افزایش سرعت هضم یا دفع ممکن است با گذشت زمان پر شدن فیزیکی شکمبه را کاهش داده و باعث مصرف داوطلبانه بیشتر خوراک شود.NDF به عنوان منبع ME و کنترل کننده نرخ عبور شکمبه اهمیت دارد و با تحریک تولید بزاق، که شکمبه را بافری می‌کند، باعث بهبود سلامت شکمبه می‌شود. NDF شامل بخش دیواره سلولی از علوفه ها و شامل یک ترکیب پیچیده از لیگنین، مقدار کمی پروتئین و پلی ساکاریدهای مختلف، به ویژه سلولز، همی سلولز و پکتین است (۱۶). غلظت زیاد لیگنین در دیواره‌های اولیه سدی در برابر میکروارگانیزم‌ها ایجاد می‌کند، بنابراین از هضم کامل سلول گیاه جلوگیری می‌کند. گزارش شده که تقریباً یک سوم علوفه مصرف شده، شکمبه را بدون هضم به دلیل عدم دسترسی یا عدم قرار گرفتن در معرض میکروب‌های شکمبه، ترک می‌کند (۲۸). مصرف جیره‌های غذایی علوفه‌ای توسط نشخوارکنندگان اغلب با پر شدن شکمبه و میزان ناپدید شدن کنترل می‌شود (۲۲). میزان ناپدید شدن تا حد زیادی تحت تأثیر میزان ذاتی هضم و میزان عبور است.

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک الیاف نامحلول در شوینده خنثی

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و NDF علوفه‌های یونجه، کاه گندم و سیلاژذرت در جدول ۳ گزارش شده است. بخش‌های سریع تجزیه و کند تجزیه در علوفه‌های یونجه، کاه گندم و سیلاژ ذرت به ترتیب ۲۴/۵۰، ۶/۵۷ و ۲۲/۲۰ درصد ،۴۸/۳۰، ۴۱/۴۳ و ۴۵/۰۰ درصد برای ماده خشک؛ ۱۴/۸۰، ۵/۳۰ و ۱۴/۷۳ درصد و ۴۲/۴۳، ۳۱/۰۳ و ۳۱/۴۶ درصد برای NDF بود. نرخ ثابت تجزیه بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت (جدول ۳). تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبورهای ۲، ۵ و ۸ درصد نیز بین تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (p<۰/۰۰۰۱). تجزیه پذیری موثر یونجه بیشترین و کاه کمترین بود.

جدول ۳- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و NDF یونجه، کاه گندم و سیلاژذرت
Table 3. Different fractions of dry matter and NDF degradability (%) of alfalfa, wheat straw and corn silage

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری	یونجه	کاه	سیلاژذرت	SEM[1]	p-value[2]
ماده خشک					
سریع تجزیه (a: درصد)	۲۴/۵۰^{a}	۶/۵۷^{b}	۲۲/۲۰^{a}	۰/۸۵۹	۰/۰۰۰۳
کند تجزیه (b: درصد)	۴۸/۳۰^{a}	۴۱/۴۳^{b}	۴۵/۰۰^{ab}	۰/۷۱۶	۰/۰۲۲۲
C (نرخ ثابت تجزیه بخشb)	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۰۳	۰/۱۳۳۷
تجزیه‌پذیری موثر ۲ درصد	۵۹/۲۰^{a}	۳۲/۱۷^{c}	۵۰/۹۳^{a}	۰/۴۳۴	<۰/۰۰۰۱
تجزیه‌پذیری موثر ۵ درصد	۴۸/۹۷^{a}	۲۳/۰۷^{c}	۴۰/۸۷^{b}	۰/۵۱۱	<۰/۰۰۰۱
تجزیه‌پذیری موثر ۸ درصد	۴۳/۴۳^{a}	۱۸/۸۷^{c}	۳۶/۰۷^{b}	۰/۵۱۳	<۰/۰۰۰۱
NDF					
سریع تجزیه (a)	۱۴/۸۰^{a}	۵/۳۰^{b}	۱۴/۷۳^{a}	۰/۵۶۴	۰/۰۰۰۷
کند تجزیه (b)	۴۲/۴۳^{a}	۳۱/۰۳^{b}	۳۱/۴۶^{b}	۰/۵۲۱	۰/۰۰۰۲
C (نرخ ثابت تجزیه بخشb)	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۰۲	۰/۱۴۳۶
تجزیه‌پذیری موثر ۲ درصد	۴۴/۸۰^{a}	۲۵/۷۶^{c}	۳۷/۳۷^{b}	۰/۳۸۰	<۰/۰۰۰۱
تجزیه‌پذیری موثر ۵ درصد	۳۵/۷۰^{a}	۱۸/۹۷^{c}	۳۰/۶۶^{b}	۰/۳۸۴	<۰/۰۰۰۱
تجزیه‌پذیری موثر ۸ درصد	۳۰/۸۳^{a}	۱۵/۶۰^{c}	۲۷/۰۳^{b}	۰/۳۶۰	<۰/۰۰۰۱

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین تیمارها می‌باشد. SEM: خطای استاندارد میانگین؛ [2]p-value: احتمال معنی‌داری

این نتایج با نتایج گزارش شده گلچین گله‌دونی و همکاران (۸) برای فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری یونجه در دو اندازه ذرات پودری و بلند مطابقت دارد. در آزمایشی دیگر تجزیه‌پذیری یونجه و سیلاژ ذرت به دو روش آزمایشگاهی و کیسه‌های نایلونی نتایج متفاوتی را نشان داد بطوری‌که در هر دو روش، بخش سریع تجزیه‌ی بالاتر و بخش کند تجزیه‌ی پایین‌تری برای یونجه و سیلاژ ذرت نسبت به نتایج ما گزارش شد هرچند تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبورهای ۲، ۵ و ۸ درصد تفاوت چندانی با نتایج تحقیق حاضر نداشت (۱). برآورد بخش کندتجزیه NDF و میزان هضم آن مربوط به مصرف ماده خشک و عبور از شکمبه است. قابلیت هضم الیاف نسبت به قابلیت هضم سایر اجزای خوراک متغیر است و NDF ۳۰ تا ۴۰ درصد انرژی قابل هضم را در علوفه‌های با کیفیت بالا تشکیل می‌دهد (۴). درصد NDF خوراک با حجم خوراک ارتباط مثبت دارد و بر پتانسیل مصرف خوراک تأثیر می‌گذارد، اما قابلیت هضم NDF مستقل از غلظت آن بر عملکرد حیوان تأثیر می‌گذارد (۲۳).

ویژگی‌های NDF یونجه، کاه گندم و سیلاژ ذرت

مقادیر محاسبه شده iNDF، pdNDF و kdNDF علوفه‌های یونجه، کاه گندم و سیلاژذرت نیز در جدول ۴ گزارش شده است. مقدار NDF در تیمارهای آزمایشی بطور معنی‌داری در کاه گندم بیشتر از علوفه یونجه و سیلاژ ذرت بود (جدول ۴). کوتانچ و همکاران (۵) دریافتند که دو نوع یونجه (قابلیت هضم زیاد و کم) به‌ترتیب ۳۶/۷ و ۴۴/۵درصد NDF دارند. مقدار و کیفیت NDF در یک رژیم غذایی می‌تواند مصرف خوراک را افزایش یا محدود کند. همانطور که در جدول ۴ نشان داده شده، pdNDF در کاه گندم نسبت به سیلوی ذرت و یونجه (در زمان انکوباسیون ۲۸۸ ساعت) به‌طور معنی‌داری متفاوت بود و علوفه یونجه بخش بالقوه قابل هضم بالاتری داشت (p<۰/۰۰۰۱). با این حال، نرخ

هضم برای بخش بالقوه قابل هضم NDF بین نمونه‌های آزمایشی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت. کریزسان و همکاران (۱۲) گزارش دادند که نرخ تجزیه pdNDF در یک پایگاه داده از ۱۷۲ ماده خوراکی از یک درصد در ساعت تا بیش از ۱۰درصد ساعت متغیر است. در یک پژوهش مقادیر kd بدست آمده برای سیلاژ ذرت، سیلاژ گراسه و دانه جو به‌ترتیب ۰/۰۵۸، ۰/۱۰۹، ۰/۱۶۸ و ۰/۰۲۸، ۰/۰۵۴ و ۰/۰۶۹ در ساعت برای روش *in vitro* و *in situ* بود، که نشان می‌دهد روش *in Situ* با استفاده از گاوهایی که در سطوح تولید تغذیه می‌شوند می‌تواند نرخ بالقوه قابل تجزیه NDF را دست کم بگیرد (۳).

غلظت iNDF در نمونه‌های مورد آزمایش به طور معنی‌داری متفاوت بود ($p<۰/۰۰۰۱$). بیشترین غلظت iNDF مربوط به کاه گندم و پس از آن سیلاژ ذرت و کمترین غلظت در یونجه بعد از ۲۸۸ ساعت انکوباسیون بود (به‌ترتیب ۵۵/۳۱، ۲۸/۸۱ و ۱۲/۹۴درصد از NDF). از آنجا که iNDF بر پرکنندگی شکمبه، پویایی هضم و دفع و اثربخشی فیزیکی الیاف تأثیر می‌گذارد، می‌توان از آن برای برآورد موثر میزان و نرخ هضم استفاده کرد (۱۴).

جدول ۴- فراسنجه‌های NDF یونجه، کاه گندم و سیلاژ ذرت به روش Norfur

Table 4. NDF parameters of alfalfa, wheat straw and corn silage using Norfur method

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری	یونجه	کاه	سیلاژذرت	SEM[1]	P-value[2]
NDF(g/kgDM)	۵۴۹/۴۰^{c}	۷۸۱/۹۷^{a}	۵۸۷/۶۷^{D}	۶/۱۶۰	<۰/۰۰۰۱
pdNDF(g/kgNDF)	۸۷۰/۵۵^{a}	۴۴۶/۸۷^{c}	۷۱۱/۹۲^{D}	۶/۸۲۴	<۰/۰۰۰۱
iNDF(g/kgNDF)	۱۲۹/۴۵^{c}	۵۵۳/۱۳^{a}	۲۸۸/۰۸^{D}	۶/۸۲۴	<۰/۰۰۰۱
kdNDF(%/h)	۴/۲۹	۳/۵۵	۴/۰۲	۰/۲۱۳	۰/۴۱۷۹

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بین تیمارها می‌باشد. SEM: خطای استاندارد میانگین؛ [2]p-value: احتمال معنی داری

در پژوهش یوسفیان و همکاران (۲۹)، محتوای iNDF در یونجه و سیلاژ ذرت به ترتیب ۳۰/۷۴ و ۱۶/۸۴ درصد از ماده خشک بود و نتایج نشان داد که با وجود شباهت در محتوای NDF در هر دو جیره، تفاوت در محتوای iNDF می‌تواند بر تجزیه پذیری شکمبه‌ای تأثیر بگذارد. زالی و همکاران (۳۰) گزارش کردند که میزان $iNDF_{240}$ (iNDF پس از ۲۴۰ ساعت) در سیلاژ ذرت و یونجه به ترتیب، ۱۰/۲۳ و ۲۲/۲۱ درصد ماده خشک بود. کوتانچ و همکاران (۵) دریافت که دو نوع یونجه (قابلیت هضم زیاد و کم) به ترتیب ۱۵/۷ و ۱۸/۵ درصد iNDF دارند. در یک پژوهش گزارش شد که بخش iNDF در یونجه و علف‌ها از کمتر از ۵ درصد تا بیش از ۵۵درصد NDF متفاوت است (۴)، در حالی که مقادیر iNDF سیلاژ ذرت از کمتر از ۱۰درصد تا بیش از ۴۰ درصد NDF (داده‌های منتشر نشده) متغیر است. کریزسان و همکاران (۱۲) گزارش دادند که مقادیر iNDF در یک پایگاه داده از ۱۷۲ خوراک از۲/۴ تا ۱۷/۴ درصد ماده خشک خوراک متغیر است. در آزمایش یوسفیان و همکاران (۲۹)، $iNDF_{288}$ سیلاژ ذرت ۱۶/۸۴ درصد از ماده خشک بود که بالاتر از ۸/۴ درصدی بود که بعد از ۲۸۸ ساعت انکوباسیون شکمبه توسط هونتانن و جاکولا (۱۱) گزارش شد. همانطور که ون‌سوست (۲۵) بیان کرد میزان و ماهیت اجزای دیواره‌ی سلولی علوفه قابلیت هضم NDF آن را کنترل می‌کند، که تابعی از عوامل مختلف، مانند گونه‌های علوفه‌ای، بلوغ و تعداد برداشت، عرض جغرافیایی و آب و هوا است. بنابراین هریک از این عوامل می‌تواند سبب تفاوت در نتایج گزارش شده شود. تنظیم یک رژیم غذایی به سطح خاصی از NDF بدون مراجعه به iNDF می‌تواند از طریق کاهش مصرف خوراک، قابلیت هضم و انرژی قابل سوخت و ساز (ME) رژیم غذایی، بر تأمین انرژی تأثیر بگذارد. با این حال، با وجود اهمیت iNDF، تعداد کمی از متخصصان تغذیه آگاهانه هنگام تنظیم رژیم‌های غذایی، iNDF را مستقیماً در نظر می‌گیرند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این پژوهش داد که اختلاف معنی‌داری بین سه علوفه یونجه، سیلاژ ذرت و کاه گندم در ساعت‌های مختلف تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر در نرخ عبور ۲، ۵ و ۸ درصد ماده خشک وNDF وجود دارد. همچنین اختلاف معنی داری بین فراسنجه‌های pdNDF و iNDF مشاهده شد و محتوای iNDF یونجه از سیلاژ ذرت و کاه گندم کمتر بود. ارزیابی و آگاهی بهتر از اهمیت iNDF برای طیف وسیعی از گونه‌های علوفه، ظرفیت متخصصان تغذیه را برای پیش‌بینی قابلیت هضم NDF و تنظیم جیره‌های متعادل بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، مقادیر iNDF برای طیف وسیعی از علوفه‌های معمول در رژیم‌های غذایی به راحتی در پایگاه‌های تجزیه و تحلیل خوراک در دسترس نیستند بنابراین تحقیقات بیشتر برای سیستم‌های مختلف تولید و علوفه‌های مختلف لازم است.

منابع

1. Abdi benmar, H. and A. Sobhani Senjabod. 2014. Comparison of *In vitro* and *In situ* Techniques for estimating dry matter degradability in some feedstuffs. Research on Animal Production, 5(10): 98-112 (In Persian).
2. AOAC. 2006. Official Methods of Analysis, 19th ed. Official Methods of Analysis of AOAC International, Gaithersurg, MD, USA.
3. Bossen D., D.R. Mertens and M.R. Weisbjerg. 2008. Influence of fermentation methods on neutral detergent fiber degradation parameters. Journal of Dairy Science, 91: 1464-1476
4. Combs, D.K. 2013. TTNDFD: A new approach to evaluate forages. In Proc. Cornell Nutr. Conf., Ithaca, New York, 113-125
5. Cotanch, K.W., R.J. Grant, M.E. Van Amburgh, A. Zontini, M. Fustini, A. Palmonari and A. Formigoni. 2014. Applications of uNDF in ration modeling and formulation. New York, USA: Miner Agricultural Research Institute. 10-38.
6. Ghoorchi, T., A. Jamshidy Rodbari and F. Kazemi. 2019. Evaluation of the protein characteristic of the processed corn using Norfur model. Research on Animal Production, 10(25): 25-30 (In Persian).
7. Ghoorchi, T., A. Jamshidy Rodbari and M. Samiee Zafarghandi. 2018. Effect of processing on protein and starch parameters of two barley varieties using Norfur system. Animal Production Research, 7(4): 57-64 (In Persian).
8. Golchin-Gelehdooni, S., A. Teimori-Yanesari and A. Farhadi. 2011. The effects of acid treatment and particle size on degradability parameters of canola meal and alfalfa hay in rumen. Research on Animal Production, 2(3): 36-48 (In Persian).
9. Grant, R. 2010. Forage fragility, fiber digestibility and chewing response in dairy cattle. In proceedings: Tri-state dairy nutrition conference. Columbus, USA, 27-40.
10. Harper, K.J. and D.M. McNeill. 2015. The role of iNDF in the regulation of feed intake and the importance of its assessment in subtropical ruminant systems. Agriculture, 5: 778-790.
11. Huhtanen, P. and S. Jaakkola. 1994. Influence of grass maturity and diet on ruminal dry matter and neutral detergent fibre digestion kinetics. Archives of Animal Nutrition, 47**:** 153-167.
12. Krizsan, S.J., S. Ahvenjärvi and P. Huhtanen. 2010. A meta-analysis of passage rate estimated by rumen evacuation with cattle and evaluation of passage rate prediction models. Journal of Dairy Science, 93: 5890-5901.
13. Krizsan, S.J. and P. Huhtanen. 2013. Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible neutral detergent fiber concentration in dairy cows. Journal of Dairy Science. 96: 1715-1726.
14. Mertens, D.R. 2016. Using uNDF to predict dairy cow performance and design rations. Belleville, USA: Mertens Innovation and Research LLC, 12-19.
15. Mertens, D.R. 1993. Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminants. Pages 535–570 in Forage Cell Wall Structure and Digestibility. R. D. Hatfield, H. G. Jung, J. Ralph, D.R. Buxton, D. R. Mertens, and P. J. Weimar, edited American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc., Madison, Wisconsin.
16. Moore, K.J., R.D. Hatfield. 1994. Carbohydrates and Forage Quality; Alliance of crop, soul, and environmental science society: Madison, Wisconsin, USA; 229-280.
17. Mullins, C.R., K.N. Grigsby and B.J. Bradford. 2009. Effects of alfalfa hay inclusion rate on productivity of lactating dairy cattle fed wet corn gluten feed-based diets Journal of Dairy Science, 92(7): 3510-3516
18. Norfur. 2011. The Nordic feed evaluation system. European Federation of Animal Science, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, UK.
19. Nousiainen, J., S. Ahvenjarvi, M. Rinne, M. Hellamaki and P. Huhtanen. 2004. Prediciton of indigestible cell wall fraction of grass silage by near infrared reflectance spectroscopy. Animal Feed Science Technology, 115: 295-311.
20. Orskov, E. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science, 92, 499-503.
21. Plaizier, J.C., E. Khafipour, S. Li, G.N. Gozho and D.O. Krause. 2012. Subacute ruminal acidosis (SARA), endotoxins and health consequences, Animal Feed Science and Technology, 172(1): 9-21.
22. Poppi, D.P. 2011. Nutritional constraints for grazing animals and the importance of selective grazing behaviour. In Grassland Productivity and Ecosystem Services; CABI: Wallingford, UK, 19-26.
23. Raffrenato, E. and M.E. Van Amburgh. 2010. Development of a mathematical model to predict sizes and rates of digestion of a fast and slow degrading pool and the indigestible NDF fraction. In Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Syracuse, New York. 52-65
24. Schalla, A., L. Meyer, Z. Meyer, S. Onetti, A. Schultz and J. Goeser. 2012. Hot topic: Apparent total-tract digestibilities measured commercially using 120-hour in vitro indigestible neutral detergent fiber as a marker are related to commercial dairy cattle performance. Journal of Dairy Science, 95: 5109-5114.

25. Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Ithaca, New York.
26. Van Soest, P.J., M.E. Van Amburgh, J.B. Robertson and W.F. Knaus. 2005. Validation of the 2.4 times lignin factor for ultimate extent of NDF digestion, and curve peeling rate of fermentation curves into pools. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Syracuse, New York.
27. Volden, H. 2011. Norfur-The Nordic Feed Evaluation System. EAAP Scientific Series. Vol. 130- ISSN: 0071-2477, 180 pp.
28. Wilson, J.R. and D.R. Mertens. 1995. Cell-wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. Crop Science, 35: 251-259.
29. Yousefian, S., A. Teimouri Yansari and Y. Chashnidel. 2019. The effects of Indigestible Neutral Detergent Fiber (iNDF) of alfalfa hay and corn silage on ruminal degradability of ration fiber in sheep. Iranian Journal of Applied Animal Science, 9(1): 73-78.
30. Zali, S.M., A. Teimouri Yansari and A. Jafari Sayyadi. 2015. Effect of particle size and fragility of corn silage and alfalfa hay on intake, digestibility, performance, and chewing activity of fattening male lambs. Journal of Veterinary Science, 1: 47-57.

Evaluation of Parameters of Degradability of Dry Matter and Neutral Detergent Fiber of Three Forages Alfalfa, Wheat Straw and Corn Silage using Norfur System

Maedeh Feyz[1] and Taqi Ghorchi[2]

1- PhD in Animal Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, (Corresponding author: feyz_2@yahoo.com)
2- Professor of Animal Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 27 April, 2021 Accepted: 28 Jun, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: The Norfur system developed in Island, Norway, Sweden and Denmark for predicts nutrient supply and requirement for maintenance, milk production, growth and pregnancy in cattle. Due to the diversity in ruminal degradation of NDF and its effect on animal performance, knowledge of NDF digestibility in forage is critical to the effective feeding of ruminants. The aim of this study was to compare the degradability of alfalfa, wheat straw and corn silage and to estimate the concentration of indigestible neutral detergent fiber (iNDF) and potential digestible NDF (pdNDF) using the Norfur system.

Material and Methods: Degradability parameters of dry matter and neutral detergent fiber with *in situ* method using three ruminal fistulated sheep at intervals of 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 and 96 h was evaluated in a complete randomized design. To measure of iNDF, three grams of samples were incubated in nylon bags for up to 288 h.

Results: there was a significant difference between the three alfalfas, corn silage and wheat straw in the degradability of dry matter and NDF. Rumen disappearance of DM and NDF during incubation periods of 0 to 96 h was highest in alfalfa forage and lowest in wheat straw. Rapid and slow degradable fractions of dry matter in alfalfa, wheat straw and corn silage were 24.50, 6.57 and 22.20% and 48.30, 41.43 and 45.00%, respectively. There was no significant difference in rate of degradation between the experimental treatments at the 5% level. Effective degradability at 2, 5 and 8% rates of outflow from the rumen was also significantly different between experimental treatments ($p<0.0001$). Effective degradability and potentially digestible NDF concentrations were highest in alfalfa and lowest in wheat straw. There was a significant difference between pdNDF and iNDF parameters in wheat straw compared to corn and alfalfa silage and alfalfa forage had a higher potential for digestibility ($p<0.0001$). The highest concentration of iNDF was in wheat straw and then in corn silage and the lowest concentration were in alfalfa after 288 hours of incubation (55.31, 28.81 and 12.94% of NDF, respectively).

Conclusion: According to the results of this study, using the Norfur system to determine the degradability of neutral detergent fibers, the lowest amount of iNDF and the highest amount of pdNDF belonged to alfalfa compared to corn silage and wheat straw, which indicates higher digestibility of alfalfa forage.

Keywords: Degradability, Forage Norfur, Neutral detergent fiber