تولیدات دامی
دوره ۲۰ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ۲۶۸-۲۵۷

تأثیر تغذیه سیلاژ آرتیچوک بر مصرف خوراک، گوارش‌پذیری و تولید پروتئین میکروبی در گوسفند

نادر پاپی*

استادیار پژوهشی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۲۰

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر جایگزین کردن سیلاژ ذرت با سطوح مختلف سیلاژ علوفه آرتیچوک (سیب‌زمینی ترشی) بر مصرف خوراک، گوارش‌پذیری جیره و تولید پروتئین میکروبی، با استفاده از ۲۰ رأس گوسفند نر شال با میانگین وزن زنده ۲/۳±۶۵/۳ کیلوگرم انجام شد. چهار جیره با انرژی و پروتئین برابر با نسبت علوفه به کنسانتره ٦٤ به ٣٦ تهیه شد که در آنها سیلاژ علوفه آرتیچوک با نسبت‌های مختلف صفر، ۱۸۰، ۳٦۰ و ٥٤٠ گرم در کیلوگرم ماده خشک جایگزین سیلاژ ذرت گردید. جیره‌ها به چهار گروه دام آزمایشی برای مدت ۳۱ روز در قالب طرح کاملاً تصادفی تغذیه شد. ماده خشک مصرفی و گوارش‌پذیری ماده خشک در گوسفندان مصرف‌کننده جیره فاقد سیلاژ آرتیچوک (شاهد) به‌ترتیب برابر ۲۱۳۹ گرم در روز و ٦٩٩ گرم در کیلوگرم و در جیره حاوی ٥٤٠ گرم سیلاژ علوفه آرتیچوک به‌ترتیب ۲۰۹۵ گرم در روز و ٦٩٧ گرم در کیلوگرم بود. جایگزین نمودن سیلاژ آرتیچوک به‌جای سیلاژ ذرت تأثیری بر مصرف روزانه ماده خشک و مواد مغذی جیره نداشت. گوارش‌پذیری مواد مغذی تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. با جایگزین کردن سیلاژ آرتیچوک به‌جای سیلاژ ذرت، تغییر معنی‌داری در تولید پروتئین میکروبی مشاهده نشد. با توجه به نتایج حاصل، جایگزینی سیلاژ ذرت توسط سیلاژ علوفه آرتیچوک تا سطح ٥٤٠ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره گوسفند، تأثیر منفی بر مصرف خوراک روزانه و گوارش‌پذیری ندارد. بنابراین می‌توان از بخش هوایی علوفه آرتیچوک به‌صورت یک سیلاژ در تغذیه گوسفند استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: پروتئین میکروبی، سیلاژ علوفه آرتیچوک، گوارش‌پذیری، گوسفند، مصرف خوراک.

* نویسنده مسئول
Email: papinader4@gmail.com

مقدمه

یکی از گیاهان علوفه‌ای امیدبخش برای آینده، گیاهی با نام آرتیچوک یا سیب‌زمینی ترشی *Helianthus tuberosus* (L.) است که محصولی با گسترش جهانی می‌باشد و در شرایط محیطی مختلف و در محدوده شرایط دیم تا آبیاری کامل قادر به رشد است. گیاه مذکور پتانسیل رشد در طیف گسترده‌ای از شرایط آب و هوایی را دارد، اگرچه بهره‌وری زراعی آن در مناطق مختلف تا حد زیادی متفاوت است [۲۲]. از ویژگی‌های جالب این گیاه، تولید غده، دائمی بودن، رشد زیاد (تا ارتفاع بیش از سه متر)، ترکیب شیمیایی مناسب و عملکرد تولید زیاد توده هوایی و غده می‌باشد. از دیگر ویژگی‌های مهم آن می‌توان به مقاومت به خشکی و شوری، مقاومت در برابر سرما، رشد در خاک‌های ضعیف و قلیایی، مقاومت به بیماری‌ها و علف‌های هرز اشاره نمود. این گیاه توانایی رشد مجدد خوبی دارد و در صورت تأمین آب کافی می‌توان آن را سه تا چهار چین در سال برداشت کرد [۱٤].

گوارش‌پذیری و غلظت انرژی علوفه آرتیچوک در تحقیقات مختلف بسیار متفاوت گزارش شده است. در پژوهشی، ضرایب گوارش‌پذیری ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و انرژی قابل متابولیسم با روش درون‌تنی به‌ترتیب ٦۳۰، ٦۲۰ و ٤٥۰ گرم در کیلوگرم و ۸/٦٦ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک برآورد شده است [۱٦]. پژوهش‌گران دیگری گوارش‌پذیری ماده آلی در زمان گل‌دهی و بلوغ را به‌ترتیب ۷۱۳ و ٦٥۸ گرم در کیلوگرم گزارش کردند که مشابه یونجه در اوایل گل‌دهی بوده است [۱٥]. در بررسی رقم خودرو این گیاه در ایران گوارش‌پذیری ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم با روش آزمایشگاهی به‌ترتیب ٥۱٥ گرم در کیلوگرم و ۸/۰۸ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است [۲]. همچنین، در پژوهشی دیگر، ضرایب گوارش‌پذیری آزمایشگاهی ماده خشک و ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم به‌ترتیب ٦٥٦ تا ٦۸۱ و ٦۰۸ تا ٦۳٦ گرم در کیلوگرم و ۸/۲ تا ۸/۷ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک برآورد گردیده است [۱].

از علوفه آرتیچوک می‌توان در تغذیه گاو و گوسفند استفاده کرد، ولی تمایل بیش‌تری به مصرف آن به‌صورت سیلوشده وجود داشته است [۷]. نتایج ارزیابی مصرف اختیاری مخلوط نسبت‌های مختلف علوفه خشک آرتیچوک با یونجه خشک در تغذیه گوسفند نشان داده است که افزایش نسبت این علوفه در مقایسه با یونجه سبب افزایش ماده خشک مصرفی می‌گردد. همچنین، حداقل تا سطح ٥۰۰ گرم در کیلوگرم جایگزینی با یونجه، تأثیری بر تولید پروتئین میکروبی و گوارش‌پذیری ماده آلی خوراک نداشته است [۱]. گوارش‌پذیری پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و انرژی قابل متابولیسم با افزایش سطح جایگزینی علوفه آرتیچوک به جای یونجه خشک کاهش یافته است. به‌هرحال، میزان تولید روزانه پروتئین میکروبی در شکمبه با افزایش سطح جایگزینی علوفه آرتیچوک به‌جای یونجه خشک افزایش یافته است [۱].

مصرف روزانه ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و انرژی قابل متابولیسم، افزایش وزن روزانه و بازده خوراک در گوسفندان مصرف‌کننده جیره‌های فاقد یا حاوی سیلاژ آرتیچوک (۲۰۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک) به‌ترتیب ۱۳۸۹ در برابر ۱۳۷۹، ۱۲۷۲ در برابر ۱۲٥٦، ۲۰۸ در برابر ۲۰۷ گرم، ۱٥/۱ در برابر ۱٤/۹ مگاژول در روز، ۲۳۷ در برابر ۲٤۱ گرم در روز، و ۰/۱۷ در برابر ۰/۱۸ بوده است [۲۱]. به‌نظر می‌رسد سیلوکردن روش مناسبی برای ذخیره علوفه آرتیچوک برای تغذیه زمستانه باشد؛ زیرا علوفه خشک شده خوش‌خوراکی کمی داشته است [۱۰]. از طرفی غلظت کربوهیدرات‌های محلول علوفه سیلوشده

آرتیچوک برای تخمیر سیلویی کافی بوده و بدون مواد افزودنی قندی قابلیت سیلو شدن را دارد [۱]. اطلاعات اندکی درباره تأثیر تغذیه سیلاژ علوفه آرتیچوک به‌جای سیلاژ ذرت بر مصرف خوراک، گوارش‌پذیری مواد مغذی و پروتئین میکروبی در گوسفند وجود دارد. لذا این آزمایش به منظور بررسی امکان استفاده از بخش هوایی سیلوشده آرتیچوک، به‌جای ذرت سیلوشده، به‌عنوان یک منبع علوفه‌ای در تغذیه گوسفند انجام شد.

مواد و روش‌ها

دانه ذرت و غده آرتیچوک (در کشور به دلیل شباهت غده این گیاه با سیب‌زمینی، به آن سیب‌زمینی ترشی گفته می‌شود) در سال ۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی واقع در مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور (کرج) کشت گردید. زمین موردنظر شخم، و پس از کوددهی دیسک زده شد و با استفاده از فاروئر جوی و پشته‌ها ایجاد گردید. غده آرتیچوک در نیمه دوم فروردین ماه در زمین آزمایشی کاشته شد. فاصله بین دو ردیف کاشت برابر ۵۰ سانتی‌متر، و فاصله بین غده‌ها روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. در اواسط مهرماه، علوفه آرتیچوک در مرحله گل‌دهی و ذرت در مرحله اواسط شیری دانه، از فاصله ۱۰ سانتی‌متری سطح زمین برداشت، و توسط دستگاه چاپر به قطعات دو تا چهار سانتی‌متری خرد گردید. علوفه‌های ذرت و آرتیچوک خردشده در داخل سیلوهای خندقی دارای دیوارهای آجری سیمان‌کاری‌شده به ابعاد طول ۱۰ متر، عرض ۱/۲ متر و ارتفاع یک متر در شرایط بی‌هوازی با استفاده از غلتک دستی فشرده شد، و برای ایجاد یک تخمیر خوب، کاملاً درزگیری گردید. در هر متر مکعب سیلو، ۷۰۰ کیلوگرم علوفه آرتیچوک و ۷۵۰ کیلوگرم ذرت علوفه‌ای ذخیره گردید. پس از گذشت ۶۰ روز سیلوها باز شد و پیش از آغاز آزمایش، از سیلاژهای تازه نمونه‌برداری صورت گرفت تا ترکیب شیمیایی تعیین گردد.

نمونه‌های علوفه و سیلاژ تازه به‌مدت ۹۶ ساعت در آون مجهز به هواکش با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، تا رسیدن به وزن ثابت، قرار داده شد و غلظت ماده خشک تعیین گردید [۳]. پس از آن، نمونه‌ها با استفاده از الک یک میلی‌متری آسیاب (Wiley mill, Swedesboro, USA) شد و تا زمان تجزیه آزمایشگاهی نگهداری گردید. میزان خاکستر با سوزاندن نمونه‌ها در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت پنج ساعت، پروتئین خام با استفاده از روش کلدال و عصاره اتری با روش سوکسله تعیین شد. غلظت ماده آلی از اختلاف ماده خشک با خاکستر محاسبه گردید [۳]. غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از محلول شوینده خنثی مطابق با روش ارائه‌شده توسط مرتنز اندازه‌گیری شد [۱۸]. برای تعیین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، ابتدا غلظت ADF با استفاده از محلول شوینده اسیدی تعیین شد و سپس با سوزاندن بقایا در کوره الکتریکی به‌صورت بدون خاکستر بیان گردید. غلظت لیگنین نامحلول در شوینده اسیدی (ADL) با حل کردن سلولز موجود در ADF توسط اسید سولفوریک ۷۲۰ گرم در کیلوگرم به‌مدت سه ساعت تعیین شد [۳].

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار (جیره آزمایشی) و پنج تکرار با استفاده از تعداد ۲۰ رأس گوسفند نر شال بالغ با میانگین وزن زنده ۲/۳±۶۵/۳ کیلوگرم در پاییز سال ۱۳۹۵ در مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور انجام شد. چهار جیره با انرژی و پروتئین برابر با توجه به نیاز گوسفندان بر اساس توصیه انجمن ملی تحقیقات (NRC, 2007)، تنظیم شد که در آن‌ها سطوح مختلف سیلاژ علوفه آرتیچوک (صفر، ۱۸۰، ۳۶۰ یا ۵۴۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره) جایگزین

سیلاژ ذرت گردید. اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ نشان داده شده است. تعداد پنج رأس گوسفند به‌ازای هر جیره به‌صورت تصادفی در قفس‌های متابولیسمی مجهز به ظروف جمع‌آوری مدفوع و ادرار قرار داده شدند. نگهداری دام در شرایط بسته و یکسان از نظر عوامل محیطی انجام شد. طول دوره آزمایش ۳۱ روز، شامل ۲۱ روز عادت‌دهی و ۱۰ روز برای جمع‌آوری نمونه‌های مختلف بود.

جدول ۱. مواد خوراکی تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (گرم در کیلوگرم ماده خشک یا واحد بیان‌شده)

اجزای جیره	سطح سیلاژ علوفه آرتیچوک در جیره (گرم در کیلوگرم)			
	صفر	۱۸۰	۳۶۰	۵۴۰
سیلاژ ذرت	۵۴۰	۳۶۰	۱۸۰	۰
سیلاژ علوفه آرتیچوک	۰	۱۸۰	۳۶۰	۵۴۰
یونجه خشک	۷۰	۶۰	۶۰	۶۰
کاه گندم	۳۰	۴۰	۴۰	۴۰
دانه جو	۳۵/۷	۳۸/۵	۴۳/۷	۵۶/۶
دانه ذرت	۱۵۹/۵	۱۶۲/۰	۱۷۸/۰	۱۸۹/۶
سبوس گندم	۶۱	۶۲	۵۸	۴۶/۵
کنجاله سویا	۶۳/۱	۶۳	۵۵	۴۵
کنجاله کلزا	۲۰	۱۸	۱۱	۱۱
اوره	۱/۱	۰/۴۰	۰/۱۳	۰/۰۵
مکمل ویتامین-مواد معدنی[1]	۵	۵	۵	۵
کربنات کلسیم	۵	۴	۲	۰/۱
اکسید کلسیم	۴/۵	۳	۱/۵	۰/۱
دی‌کلسیم فسفات	۰/۱	۰/۱	۰/۷	۱
نمک	۵	۵	۵	۵
ترکیب شیمیایی[2]				
ماده خشک (گرم در کیلوگرم وزن تر)	۵۴۳	۵۴۶	۵۵۰	۵۵۳
پروتئین خام	۱۱۵	۱۱۶	۱۱۵	۱۱۶
پروتئین قابل متابولیسم	۷۹/۲	۸۰/۵	۷۹/۶	۷۹/۴
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۳۷۴	۳۷۳	۳۶۷	۳۶۳
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۲۳۷	۲۳۸	۲۳۶	۲۳۵
لیگنین	۴۸/۷	۵۰/۵	۵۳/۲	۵۶/۱
چربی خام	۲۷/۵	۲۵/۹	۲۴/۳	۲۳/۰
خاکستر	۷۷/۹	۸۶/۹	۹۵/۴	۱۰۱
کربوهیدرات‌های غیرالیافی	۴۰۶	۳۹۸	۳۹۸	۳۹۷
کلسیم	۹/۵۰	۹/۶۰	۹/۵۰	۹/۵۰
فسفر	۳/۱۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰
انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)	۹/۹۸	۹/۹۵	۹/۹۵	۹/۹۳

۱. هر کیلوگرم مکمل شامل:۲۰ گرم منیزیم، ۲۵۰۰ میلی‌گرم روی، ۳۲۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۹۰۰ میلی‌گرم مس، ۳ میلی‌گرم کبالت، ۱ میلی‌گرم سلنیم، ۶۵ میلی‌گرم ید، ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین ای، ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین آ، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین دی۳ و ۴۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدانت می‌باشد.
۲. محاسبه شده براساس ترکیب شیمیایی خوراک‌های تشکیل‌دهنده جیره.

پس از انتقال دام‌ها به قفس‌های متابولیسمی، به‌مدت ۲۱ روز عادت‌دهی به شرایط آزمایش و جیره صورت پذیرفت. در این مدت، سیلاژ علوفه آرتیچوک در قالب جیره‌های تنظیم‌شده در اختیار دام‌ها قرار گرفت. سپس، به‌مدت ۱۰ روز نمونه‌برداری انجام شد. حیوانات جیره‌های آزمایشی را به‌صورت کاملاً مخلوط به‌صورت آزاد دو بار در روز (در ساعات ۰۷:۰۰ و ۱۹:۰۰) دریافت کردند. خوراک‌دهی به صورتی بود که آخور هیچگاه از خوراک تهی نمی‌شد و در ٢٤ ساعت حدود ۱۰ درصد خوراک باقی می‌ماند. دام‌ها همواره به آب سالم دسترسی داشتند.

در طول دوره آزمایشی، در ابتدای هر روز پیش از خوراک‌دهی وعده صبح، خوراک هر حیوان به‌صورت جداگانه توزین، و در آخورها توزیع می‌شد. پس‌مانده خوراک روز پیشین هر دام (تکرار) نیز به‌صورت روزانه جمع‌آوری و توزین می‌گردید. محاسبه ماده خشک و مواد مغذی مصرفی روزانه هر دام در طول دوره آزمایش با کسر کردن باقیمانده روزانه از میزان توزیع‌شده در آخور صورت گرفت. در طول دوره، نمونه‌های جیره و باقیمانده برای تعیین ترکیب شیمیایی جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد.

نمونه‌های خوراک توزیع‌شده و باقیمانده خوراک به‌مدت ۷۲ ساعت در آون مجهز به هواکش با دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد، تا رسیدن به وزن ثابت، قرار داده شد و غلظت ماده خشک تعیین گردید. سپس، نمونه‌ها با استفاده از الک یک میلی‌متری آسیاب (Wiley mill, Swedesboro, USA) شد و غلظت ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و عصاره اتری بر اساس روش‌های قبلی تعیین گردید [۳]. ضرایب گوارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و عصاره اتری با روش جمع‌آوری کل مدفوع روزانه برآورد شد [۹]. طول دوره جمع‌آوری نمونه از روز ۲۲ تا ۳۱ بود. در این مدت نمونه‌های جیره توزیع‌شده، باقیمانده خوراک و مدفوع روزانه هر گوسفند در هر تیمار به‌صورت مجزا توزین، و ۱۰ درصد از هر کدام به‌عنوان نمونه برداشته شد. در پایان دوره، نمونه‌های روزانه هر دام به‌طور کامل مخلوط و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان تجزیه نگهداری گردید. پس از تعیین ترکیب شیمیاییِ نمونه‌های خوراک، باقیمانده خوراک و مدفوع (بر اساس روش‌های پیشین)، ضرایب گوارش‌پذیری ماده خشک و هر کدام از مواد مغذی با کسر کردن مقدار دفع‌شده از مقدار خورده‌شده تقسیم بر مقدار خورده‌شده براساس رابطه ۱ برآورد شد [۱۷].

$$\text{nutrient digestibility}\left(\frac{\text{g}}{\text{kg}}\right) = \frac{\text{nutrient intake}\left(\frac{\text{g}}{\text{d}}\right) - \text{Fecal nutrient excreted}\left(\frac{\text{g}}{\text{d}}\right)}{\text{nutrient intake}\left(\frac{\text{g}}{\text{d}}\right)} \times 1000 \quad (۱)$$

ماده آلی گوارش‌پذیر در ماده خشک (DOMD) به‌کمک رابطه ۲ محاسبه شد.

$$\text{DOMD (g/kg DM)} = \frac{\text{OM intake (g/d)} - \text{Fecal OM excreted (g/d)}}{\text{DMI (g/d)}} \times 1000 \quad (۲)$$

غلظت انرژی قابل متابولیسم جیره‌های آزمایشی با استفاده از رابطه ۳ برآورد شد.

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = 0.0157 \times \text{DOMD (g/kg DM)} \quad (۳)$$

برای تعیین میزان سنتز پروتئین میکروبی، ادرار دام‌ها به‌مدت ۱۰ روز به‌صورت روزانه در ظرف‌های حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۱۰ درصد (به‌منظور کاهش pH به کمتر از سه، جهت جلوگیری از رشد باکتریایی) جمع‌آوری گردید. pH ادرار جمع‌آوری شده در دو روز اول آزمایش با استفاده از pH متر سیار اندازه‌گیری شد.

پس از توزین ادرار، یک نمونه به مقدار ۱۰ درصد از هرکدام برداشته شد و با آب مقطر به مقدار چهار برابر رقیق گردید (یک سهم ادرار، چهار سهم آب). رقیق کردن ادرار به‌منظور جلوگیری از تجزیه و رسوب نمودن بازهای پورینی به‌ویژه اسیداوریک، صورت گرفت. در انتها تمام مقادیر ادرار هر دام با هم مخلوط شده و دو نمونه از آن برداشته شد. نمونه اول برای اندازه‌گیری مقدار نیتروژن دفع‌شده و نمونه دوم جهت تعیین مقدار مشتقات پورینی و برآورد پروتئین میکروبی سنتزشده در شکمبه اختصاص داده شد. نمونه‌ها تا روز آزمایش در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید.

کل مشتقات پورینی دفع‌شده در ادرار شامل آلانتوئین، اسید اوریک و مجموع گزانتین و هیپوگزانتین با روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد. مقدار آلانتوئین پس از تبدیل به فنیل‌هیدرازون در جذب نوری ۵۲۲ نانومتر محاسبه گردید. مقدار اسید اوریک پس از تبدیل به آلانتوئین توسط آنزیم یوریکاز (شرکت سیگما، U- ۹۳۷۵ #) در جذب نوری ۲۹۳ نانومتر تعیین شد. مقادیر گزانتین و هیپوگزانتین پس از تبدیل به اسید اوریک توسط آنزیم گزانتین اکسیداز (شرکت سیگما، شماره X-۱۸۷۵#) در جذب نوری ۲۹۳ نانومتر برآورد گردید. با تعیین نسبت مشتقات پورینی دفع‌شده از طریق ادرار (آلانتوئین، اسید اوریک، گزانتین + هیپوگزانتین) و نیز مقادیر جذب شده توسط دام، با استفاده از معادله‌های زیر، میزان نیتروژن میکروبی سنتزشده محاسبه گردید [۸].

$$Y = 0.84X + (0.150\ W^{0.75} e^{-0.25X}) \quad (٤)$$

که در این رابطه: Y: مقدار دفع مشتقات پورینی (میلی‌مول در روز)، X: مقدار جذب مشتقات پورینی (میلی‌مول در روز)، $(0.150W^{0.75}e^{-0.25X})$: مشتقات پورینی با منشأ داخلی، W: وزن متابولیکی دام و e: عدد نپری است. مقدار جریان نیتروژن میکروبی واردشده به روده باریک با استفاده از رابطه ۵ برآورد شد.

$$\text{Microbial N (gN/d)} = \{X\ (\text{mmol/d}) \times 70\} \div (0.116 \times 0.83 \times 1000) = 0.727X \quad (٥)$$

که در این رابطه: ۷۰: مقدار نیتروژن میکروبی (۷۰ میلی‌گرم نیتروژن در میلی‌مول)، ۰/۱۱٦: نسبت نیتروژن پورینی به کل نیتروژن میکروبی شکمبه (۱۱/٦÷۱۰۰) و ۰/۸۳: گوارش‌پذیری بازهای پورینی میکروبی است. داده‌های حاصل با استفاده از برنامه آماری SAS (نسخه ۹/۱) رویه GLM برای مدل آماری ٦ تجزیه شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. به‌علاوه، از مقایسه‌های مستقل چندگانه برای آزمون اثر خطی یا غیرخطی تیمار (سطوح سیلاژ علوفه آرتیچوک) بر فراسنجه‌های اندازه‌گیری‌شده استفاده شد.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad (٦)$$

که در این رابطه: Y_{ij}: مقدار هر مشاهده در تیمار i در تکرار j، μ: میانگین صفات مورد آزمایش، T_i: اثر تیمار i و e_{ij}: اثرات باقیمانده (خطای آزمایشی) است.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی سیلاژ آرتیچوک در پژوهش‌های مختلف، متفاوت گزارش شده است. غلظت ماده خشک در تعدادی از مطالعات کمتر (۱۱۷-۱۷۵ گرم در کیلوگرم وزن تازه)، در برخی از پژوهش‌ها تقریباً مشابه (۲٤۲-۲۷۳ گرم در کیلوگرم وزن تازه) و در مطالعات دیگری بیشتر (۲۸٦-۳۷۲ گرم در کیلوگرم وزن تازه) از پژوهش حاضر بوده است [۱، ۵، ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۲٤]. میزان ماده خشک سیلاژ بسته به نوع علوفه سیلوشده و ترکیبات آن و مدیریت تهیه سیلاژ می‌تواند از ۲۵۰ تا ٤۰۰ گرم در کیلوگرم متغیر باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ماده خشک گزارش‌شده سیلاژ علوفه آرتیچوک (۲۵۸ گرم در

کیلوگرم) در دامنه مناسب و قابل قبولی قرار گرفته است و لذا سیلو کردن آن به‌راحتی امکان‌پذیر بوده و مشکلی در این پروسه وجود نخواهد داشت (جدول ۲).

طی پژوهش‌هایی، غلظت خاکستر سیلاژ علوفه آرتیچوک ۱۴۳-۱۶۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده، که در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر است [۱، ۱۲، ۱۳ و ۲۴]. با این‌حال، غلظت خاکستر در مطالعات دیگری کمتر نیز بوده (۹۷-۱۲۲ گرم در کیلوگرم ماده خشک) ولی در یکسری مطالعات در حد پژوهش حاضر (۱۳۴ گرم در کیلوگرم ماده خشک) بوده است [۵، ۱۰] (جدول ۲). اگرچه میزان خاکستر سیلاژ علوفه آرتیچوک در مقایسه با سایر علوفه‌های سیلویی رایج مثل سیلاژ ذرت نسبتاً بیشتر است (جدول ۲)، ولی مطالعات انجام‌شده در این خصوص نشان می‌دهد که بالا بودن خاکستر، اثری بر خصوصیات سیلویی این سیلاژ نداشته و یکی از عوامل مرتبط و مؤثر در این زمینه را می‌توان وجود میزان کافی قندهای محلول در این علوفه دانست [۱].

دامنه غلظت پروتئین خام سیلاژ علوفه آرتیچوک از ۲۰۴-۵۹ گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است [۵، ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۲۴] که بیانگر مطلوب بودن غلظت پروتئین سیلاژ آزمایش حاضر می‌باشد (جدول ۲). در یک مطالعه غلظت پروتئین خام (۱۰۴ گرم در کیلوگرم ماده خشک) مشابه پروتئین خام پژوهش حاضر بوده است [۱]. با توجه به اینکه علوفه آرتیچوک در یک سال قابلیت چند چین برداشت را دارد، لذا میزان پروتئین آن ارتباط مستقیمی با مرحله (زمان) برداشت گیاه خواهد داشت و بدیهی است که با طولانی شدن سن برداشت گیاه، از غلظت پروتئین آن کاسته خواهد شد. با این حال براساس نتایج گزارش‌شده، با توجه به مرحله و ارتفاع گیاه در زمان برداشت، میزان پروتئین خام این علوفه ۱۴۰-۱۰۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده که بالاتر از ذرت علوفه‌ای می‌باشد (جدول ۲) [۱].

جدول ۲. ترکیب شیمیایی (گرم در کیلوگرم ماده خشک یا واحد بیان شده) سیلاژهای آزمایشی

صفات	سیلاژ آرتیچوک	سیلاژ ذرت
ماده خشک (گرم در کیلوگرم وزن تر)	۲۵۸ ± ۷/۵۰	۲۴۹ ± ۳/۵۳
خاکستر	۱۳۸ ± ۵/۰۳	۷۰ ± ۱/۶۲
پروتئین خام	۱۰۳ ± ۵/۶۳	۷۶/۸ ± ۴/۹۵
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۴۳۹ ± ۶/۶۵	۴۸۵ ± ۸/۵۰
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۳۱۷ ± ۴/۹۳	۳۲۰ ± ۵/۶۶
لیگنین	۷۵ ± ۶/۵۱	۵۷ ± ۲/۱۹
عصاره اتری	۱۵/۹ ± ۳/۴۷	۲۰/۶ ± ۳/۳۹
کربوهیدرات‌های غیرالیافی	۳۰۴ ± ۵/۱۶	۳۴۸ ± ۴/۶۲
کلسیم	۱۳/۶ ± ۰/۷۰	۳/۹۳ ± ۰/۴۲
فسفر	۲/۰ ± ۰/۲۱	۲/۲ ± ۰/۱۴
انرژی قابل متابولیسم[1] (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)	۸/۵۹ ± ۰/۱۵	۹/۳۴ ± ۰/۳۸

۱. انرژی قابل متابولیسم با استفاده از آزمون تولید گاز برآورد شد.

غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گزارش‌های منتشرشده، در مقایسه با مطالعه حاضر در مواردی کمتر (۳۵۲-۳۸۸ گرم در کیلوگرم ماده خشک)، اما در موارد دیگری تقریباً مشابه (۴۲۶ گرم در کیلوگرم ماده خشک) نتایج این پژوهش بود [۱، ۵]. دامنه غلظت انرژی قابل متابولیسم سیلاژ آرتیچوک در گزارش‌های متعدد از ۷/۸۳ تا ۹/۲ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده که نشان‌دهنده قرار گرفتن میزان انرژی قابل متابولیسم مطالعه حاضر در این دامنه است [۱۰، ۱۲]. تفاوت در ترکیب شیمیایی سیلاژ علوفه آرتیچوک بین پژوهش‌های مختلف احتمالاً به گونه گیاه، شرایط آب و هوایی منطقه، تاریخ کاشت و برداشت و مدیریت زراعی وابسته است؛ زیرا

عوامل مذکور به‌شدت بر فرایندهای جذب، فتوسنتز و ذخیره‌سازی مواد مختلف در اندام‌های گیاهی تأثیرگذار است و موجب تفاوت زیاد در ارزش غذایی گیاهان در پژوهش‌های مختلف می‌شود [۱۷]. همچنین، شرایط سیلو و مدیریت محصول سیلوشده ممکن است مسئول بخشی از تفاوت‌ها بین آزمایش‌های مختلف باشد [۱۱،۱۷].

مصرف روزانه ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، کربوهیدرات‌های غیرالیافی و انرژی قابل متابولیسم بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ علوفه آرتیچوک احتمالاً تأثیر ویژه‌ای بر پرشدگی دستگاه گوارش و زمان ماندگاری در شکمبه نداشته است. علاوه بر این، میزان گوارش‌پذیری نیز از جمله عوامل مؤثر بر مصرف خوراک است که در پژوهش حاضر بین تیمارها مشابه بود [۱۷] (جدول ٤). همچنین، گزارش شده که ویژگی‌های فیزیکی خوراک مانند محتوای ماده خشک، اندازه ذرات، و مقاومت در برابر شکسته شدن بر مصرف خوراک مؤثر است که احتمالاً این خصوصیات بین تیمارها تفاوت خاصی نداشته‌اند [٤].

درخصوص استفاده از سیلاژ علوفه آرتیچوک در جیره گوسفند اطلاعات کمی یافت شد. مشابه با نتایج این تحقیق، با تغذیه سیلاژ علوفه آرتیچوک به‌جای سیلاژ ذرت (البته در سطح بسیار کمتر از پژوهش حاضر؛ یعنی حداکثر ۲۰۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک) در جیره بره‌های پرواری شال تفاوتی در مصرف خوراک مشاهده نگردید [۲۱]. در یک مطالعه میانگین ماده خشک مصرفی علوفه سیلوشده آرتیچوک توسط گوسفند با قابلیت دسترسی آزاد به خوراک، برای قطعات سیلوشده با حداکثر طول سه و پنج سانتی‌متر به‌ترتیب ۱۳۸٦ و ۱۱۳٤ گرم در روز گزارش گردید [۱۰]. این نتایج گرچه ممکن است کافی نباشد، ولی نشان می‌دهد که تغذیه گوسفند با سیلاژ علوفه آرتیچوک (به‌عنوان بخشی از ماده خشبی جیره) علاوه بر نداشتن اثرات منفی، توسط دام هم به‌راحتی قابل مصرف است. به‌هرحال، با افزایش سطح سیلاژ علوفه آرتیچوک در جیره، در پژوهش حاضر، مصرف ماده آلی با روند درجه دوم تمایل به کاهش (Q, P=۰/۰۷۱) داشت و مصرف عصاره اتری به‌صورت خطی (L, P=۰/۰۲۱) کاهش یافت، که علت آن را می‌توان به کاهش مشاهده‌شده در غلظت ماده آلی و عصاره اتری در جیره‌های آزمایشی با کاهش سطح سیلاژ ذرت مربوط دانست.

جدول ۳. مصرف روزانه خوراک (گرم در روز) و انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در روز) در گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی

مصرف ماده مغذی	سطح سیلاژ علوفه آرتیچوک در جیره (گرم در کیلوگرم ماده خشک)				SEM	سطح معنی‌داری		
	صفر	۱۸۰	۳٦۰	٥٤۰		خطی	درجه ۲	درجه ۳
ماده خشک	۲۱۳۹	۲۰۹٤	۲۰۷٤	۲۰۹٥	٤۰/۹	۰/۷٥	۰/۷٦	۰/۹۷
ماده آلی	۱۹٦۷	۱۹۲٦	۱۸۸٦	۱۸۹٤	٤۸/۲	۰/٤٦	۰/۰۷۱	۰/۹۱
پروتئین خام	۲۲٦	۲۱۸	۲۱۸	۲۲۰	۱٤/۳	۰/۸۱	۰/۷۱	۰/۹۸
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	٦۹۷	۷۱۳	٦۸۳	٦٦۰	۱۸/۱	۰/٤٥	۰/٦۳	۰/۷۷
عصاره اتری	٦۰/۷[a]	٥۸/۹[a]	٥۱/۹[b]	٥۲/۸[b]	۱/۹۸	۰/۰۲۱	۰/۷۷	۰/۰۲٦
کربوهیدرات‌های غیرالیافی	۹۸٦	۹۳٦	۹۳۳	۹٦۱	٤۳/۸	۰/۷۳	۰/٤٥	۰/۹۳
انرژی قابل متابولیسم	۲۲/٤	۲۱/۳	۲۱/۳	۲۰/۷	۱/۱۹	۰/۳۰	۰/۷٦	۰/۷۲

a-b تفاوت اعداد در هر ردیف با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰٥). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

جدول ٤. گوارش‌پذیری ظاهری (گرم در کیلوگرم) و انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) جیره در گوسفندان تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی

	سطح سیلاژ علوفه آرتیچوک در جیره (گرم در کیلوگرم ماده خشک)			SEM	سطح معنی‌داری		
	صفر	۱۸۰	۳٦۰	٥٤٠		خطی	درجه ۲	درجه ۳
ماده خشک	٦۹۹	٦۷٦	۷۰۰	٦۹۷	۲٥/۹	۰/۸۸	۰/۷۲	۰/٥٤
ماده آلی	۷۲٥	۷۰۷	۷۲٦	۷۲۸	۲٥/٦	۰/۸۲	۰/٦۹	۰/٦٤
پروتئین خام	٦۹۹	٦۹۱	۷۰۰	۷۰٤	۲۳/٤	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۸۲
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	٥۸٥	٥۷۳	٥۷۳	٥٦٤	۲۲/۳	۰/٥۳	۰/۹٥	۰/۸٥
عصاره اتری	٦۲۳	٦۰۹	٥۹٦	٦۲۱	۲۱/۹	۰/۲۹	۰/۱٦	۰/۹۹
انرژی قابل متابولیسم	۱۰/٥	۱۰/۱	۱۰/۳	۱۰/۲	۰/۳٦۰	۰/۷۲	۰/٦۸	۰/٦٤

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

جایگزینی سیلاژ ذرت توسط سیلاژ علوفه آرتیچوک تأثیر معنی‌داری بر ضرایب گوارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و انرژی قابل متابولیسم جیره‌ها نداشت (جدول ٤). عدم اختلاف معنی‌دار ضرایب گوارش‌پذیری و انرژی قابل متابولیسم بین جیره‌های آزمایشی احتمالاً به ترکیب شیمیایی نسبتاً مشابه جیره‌ها و pH یکسان شکمبه (که بر فعالیت میکروبی مؤثر است) گوسفندان مربوط بوده است [۲۳]. در مورد تأثیر تغذیه سیلاژ علوفه آرتیچوک بر ضرایب گوارش‌پذیری جیره اطلاعات چندانی وجود ندارد. با این‌حال برخی پژوهشگران، با جایگزین کردن علوفه آرتیچوک به‌جای یونجه در جیره گوسفند (تا سطح ٤۰۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک)، کاهش اندکی در گوارش‌پذیری را گزارش نمودند [۲].

افزایش سطح تغذیه سیلاژ آرتیچوک در جیره اثری بر غلظت آلانتوین، اسید اوریک، گزانتین+هیپوگزانتین و تولید نیتروژن میکروبی در شکمبه نداشت (جدول ٥). تولید نیتروژن میکروبی برابر در گوسفندان تیمارهای مختلف، بیانگر آن است که جیره‌های حاوی سطوح مختلف سیلاژ آرتیچوک، انرژی و نیتروژن کافی را برای حمایت از رشد میکروبی فراهم کرده است و از این نظر مشابه جیره شاهد بوده‌اند. میزان تولید نیتروژن میکروبی روزانه با گوارش‌پذیری جیره، مصرف ماده خشک و مصرف نیتروژن دارای همبستگی مثبت است؛ که این عوامل در تیمارهای مختلف یکسان بود [٦، ۱۷]. تأثیر تغذیه سیلاژ علوفه آرتیچوک بر تولید پروتئین میکروبی در شکمبه تاکنون بررسی نشده است، اما جایگزینی یونجه با علوفه آرتیچوک (تا سطح ٥۰۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره) تأثیری بر تولید پروتئین میکروبی نداشته است [۱].

پروتئین میکروبی دارای گوارش‌پذیری بالایی در روده باریک است و الگوی اسیدآمینه‌ای آن به نیاز نشخوارکنندگان نزدیک‌تر است. بنابراین جیره‌ای که پروتئین میکروبی بیشتری را فراهم آورد اغلب منجر به افزایش تولید و کاهش هزینه خواهد شد [۱۹، ۲۰]. تولید پروتئین میکروبی در دام به‌ازای واحد خوراک مصرف‌شده، معمولاً به‌صورت گرم نیتروژن میکروبی تولیدشده به‌ازای کیلوگرم ماده آلی تخمیرشده در شکمبه (Digestible Organic Matter Fermented in the Rumen; DOMR) بیان می‌شود. این مقدار در دامنه ٦۰-۱٤ گرم نیتروژن در هر کیلوگرم ماده آلی قابل تخمیر در شکمبه دام متغیر می‌باشد. این تغییرات به‌دلیل اثر عوامل مختلف مرتبط با جیره یا محیط شکمبه بوده و اثر بسیاری از این عوامل هنوز به‌طور قطعی و یا کمی نشان داده نشده است [۸]. قرار نگرفتن مقادیر نیتروژن میکروبی پژوهش حاضر در دامنه گزارش‌شده، می‌تواند به اثر عوامل ناشناخته مرتبط باشد (جدول ٥).

جدول ۵. مشتقات پورینی ادرار و تولید نیتروژن میکروبی در شکمبه در گوسفندان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی

	سطح سیلاژ علوفه آرتیچوک در جیره (گرم در کیلوگرم ماده خشک)				SEM	سطح معنی‌داری		
	صفر	۱۸۰	۳۶۰	۵۴۰		خطی	درجه ۲	درجه ۳
دفع ادراری (میلی‌مول در روز)								
آلانتوین	۱۰/۸	۱۰	۱۰	۱۰/۱	۱/۰۶	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۸۹
اسید اوریک	۵/۱۵	۵/۲۳	۵/۰۹	۵/۰۱	۰/۶۲	۰/۸۵	۰/۹۰	۰/۹۲
گزانتین+ هیپوگزانتین	۱/۱۴	۱/۰۸	۱/۱۸	۱/۲۴	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۲۹	۰/۴۳
کل مشتقات پورینی دفع‌شده	۱۷/۱	۱۶/۳	۱۶/۳	۱۶/۴	۱/۱۷	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۹۱
کل مشتقات پورینی جذب‌شده	۱۹/۴	۱۸/۵	۱۸/۴	۱۸/۶	۱/۳۷	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۹۲
نیتروژن میکروبی[1]	۱۴/۱	۱۳/۴	۱۳/۴	۱۳/۵	۰/۹۹	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۹۲
نیتروژن میکروبی[2]	۹/۸۹	۹/۸۴	۹/۷۹	۹/۷۹	۰/۶۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۱۰
پروتئین میکروبی[3]	۸۸/۱	۸۳/۸	۸۳/۸	۸۴/۴	۶/۱۹	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۹۲
تعادل نیتروژن (گرم در روز)								
ازت مصرفی	۳۶/۲	۳۴/۹	۳۴/۹	۳۵/۲	۱/۹۷	۰/۷۸	۰/۷۱	۰/۹۰
ازت دفعی کود	۱۰/۹	۱۰/۸	۱۰/۵	۱۰/۵	۰/۶۷	۰/۵۴	۰/۹۶	۰/۹۹
ازت دفعی ادرار	۱۳/۵	۱۴/۰	۱۴/۹	۱۵/۱	۰/۷۶	۰/۰۸	۰/۶۸	۰/۷۱
ازت ابقاء شده	۱۱/۸	۱۰/۱	۹/۴۸	۹/۶۵	۰/۶۰	۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۳۱

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها / ۱. گرم در روز / ۲. گرم نیتروژن میکروبی تولیدشده به ازای کیلوگرم ماده آلی تخمیر شده در شکمبه / ۳. گرم در روز

بر اساس نتایج این تحقیق، می‌توان از سیلاژ علوفه آرتیچوک به‌جای سیلاژ ذرت تا سطح ۱۰۰ درصد جایگزینی در جیره گوسفند، بدون تأثیر منفی بر مصرف خوراک، گوارش‌پذیری و تولید پروتئین میکروبی استفاده کرد. با توجه به خطر تغییر آب و هوای جهانی، می‌توان گیاه مذکور را در مناطق سردسیر و مناطق دارای شرایط آب‌وهوایی مرطوب مثل شمال کشور، به‌عنوان یک محصول زراعی با نیاز نهاده‌های اندک و تولید زیاد با هدف تولید علوفه مورد توجه قرار داد.

منابع

۱. پاپی ن (۱۳۹۴) پتانسیل استفاده از علوفه آرتیچوک به‌صورت خشک و سیلو شده در تغذیه دام. رساله دکتری تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲. فضائلی ح، عرب نصرت آبادی م، کرکودی ک و میرهادی س ا (۱۳۸۸) بررسی ارزش غذایی سطوح مختلف علوفه سیب‌زمینی ترشی (*Helianthus tuberosus*) و یونجه با روش‌های برون‌تنی و درون‌تنی (گوسفند). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال سیزدهم، ۴۸: ۱۶۳-۱۷۳.

3. AOAC (1998) Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th ed. 4th rev. AOAC International, Arlington, VA, USA.
4. Baumont R (1996) Palatability and feeding behavior in ruminants: A review. Annales De Zootechnie. 45: 385-400.
5. Bingöl NT, Karsli MA and Akça İ (2010) The effects of molasses and formic acid addition into Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) green mass in silage quality and digestibility [Yerelması (*Helianthus tuberosus* L.) hasılına katılan melas ve formik asit katkısının silaj kalitesi ve sindirilebilirliği üzerine etkileri: In Turkish]. YYU Veteriner Fakultesi Dergisi. 21(1): 11-14. (English abstract)

6. Broderick GA, Huhtanen P, Ahvenjärvi S, Reynal, SM and Shingfield KJ (2010) Quantifying ruminal N metabolism using the omasal sampling technique in cattle–A meta-analysis. Journal of Dairy Science. 93: 3216-3230.
7. Chapoutot P, Heuzé V, Tran G, Bastianelli D and Lebas F (2015) Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*). Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. http://www.feedipedia.org/node/544. Last updated on May-11-2015, 14: 33.
8. Chen XB and JM Gomes (1992) Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives–an overview of the technical details. International feed resources unit, Rowett Research Institute, Bucksburn Aberdeen AB_2 9SB, UK.
9. Givens DI, Owen E, Axford RFE and Omed HM (2000) Forage Evaluation in Ruminant Nutrition, 1st ed. pp. 480. CABI Publishing, Wallingford, UK.
10. Hay RKM and Offer NW (1992) *Helianthus tuberosus* as an alternative forage crop for cool maritime regions: A preliminary study of the yield and nutritional quality of shoot tissues from perennial stands. Journal of the Science of Food and Agriculture. 60(2): 213-221.
11. Kaiser AG, Piltz JW, Burns HM and Griffiths NW (2004) Successful silage, 2nd ed. Dairy Australia and NSW Dept. of Primary Industries, New South Wales, Australia.
12. Karsli MA and Bingöl NT (2009) The determination of planting density on herbage yield and silage quality of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) green mass. [Dikim Sıklığının Yerelmasının (*Helianthus tuberosus* L.) Hasıl Verimi ve Silaj Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi: In Turkish]. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi (Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Kafkas). 15(4): 581-586. (English abstract by CABI)
13. Kaya S and Caliskan ME (2010) Effects of molasses and ground wheat additions on the quality of groundnut, sweet potato, and Jerusalem artichoke tops silages. African Journal of Agricultural Research. 5(9): 829-833.
14. Kays SJ and Nottingham SF (2008) Biology and chemistry of Jerusalem artichoke: *Helianthus tuberosus* L. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, USA.
15. Kernan JA and Coxworth EC (1981) New crop residues and forages for western Canada: assessment of feeding value *in vitro* and response to ammonia treatment. Animal Feed Science and Technology. 6: 257-271.
16. Lindgren E (1980) Estimation of energy losses in methane and urine by ruminants. A review. Report 47: pp. 51. Department of Animal Nutrition, Swedish University of Agricultural Sciences, Ultuna, Uppsala, Sweden.
17. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JF, Morgan CA, Sinclair LA and Wilkinson RG (2011) Animal Nutrition, 7th ed. Prentice Hall, Essex, UK.
18. Mertens DR (2002) Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds using refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. Journal of AOAC International. 85: 1217-1240.
19. O'Connor JD, Sniffen CJ, Fox DG and Chalupa W (1993) A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid efficiency. Journal of Animal Science. 71: 1298-1311.
20. Oba M and Allen MS (2003) Effects of diet fermentability on efficiency of microbial nitrogen production in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. 86: 195-207.
21. Papi N, Kafilzadeh F and Fazaeli H (2017) Effects of incremental substitution of maize silage with Jerusalem artichoke silage on performance of fat-tailed lambs. Small Ruminant Research. 147: 56-62.
22. Pimsean W, Jogloy S, Suriharn B, Kesmala T, Pensuk V and Patanothai A (2010) Genotype by environment (G×E) interactions for yield components of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Asian Journal of Plant Science. 9: 11-19.
23. Russell JB and Dombrowski DB (1980) Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. Applied and Environmental Microbiology. 39: 604-610.
24. Stanacev V and Vik D (2002) The feed sugar minimum as a precondition of good quality silage. Acta Agriculturae Serbica. VII(13): 41-48.

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

Vol. 20 ■ No. 2 ■ Summer 2018

Effects of feeding Jerusalem artichoke fodder silage on feed intake, digestibility and microbial protein synthesis in sheep

Nader Papi*

Assistant Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Received: December 24, 2017 Accepted: April 9, 2018

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of dietary substitution of different levels of Maize silage (MS) with Jerusalem artichoke aerials part silage (JAAPS) on feed intake, digestibility and microbial protein syntheses in twenty Chall male sheep (live body weight of 65.3±2.3 kg). Four iso-energetics and iso-nitrogenus diets (forage-to-concentrate ratios; 64:36) were formulated in which MS was replaced by different levels (0, 180, 360, or 540 g/kg dietary DM) of JAAPS. The diets were fed to four experimental animals groups in a completely randomized design for a 31-days period. Dry matter intake and dry matter digestibility were 2139 g/day and 699 g/kg in control diet and 2095 g/day and 697 g/kg DM in diet contains 540 g/kg DM JAAPS, respectively. The replacement of MS by JAAPS did not affect dry matter intake and nutrients intake. Digestibility of dietary nutrients was not affected by experimental diets. By replacing the JAAPS instead of MS, there was no significant statistical change in the microbial protein synthesis. It is concluded that the partial substitution of MS for JAAPS, up to 540 g/kg DM, in diet of sheep has no adverse effect on feed intake and diet digestibility. So, the Jerusalem artichoke aerial parts could be used as a silage in sheep diets.

Keywords: Digestibility, Feed intake, Jerusalem artichoke silage, Microbial protein, Sheep.

Corresponding author: papinader4@gmail.com