مجله علوم دامی ایران
دوره ۴۰، شماره ۳، ۱۳۸۸ (۳۸-۳۱)

ارزیابی گوارش‌پذیری و کیفیت پروتئین علوفه تازه و سیلو شده تاج‌خروس بر اساس سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل

جواد رضائی[۱]، یوسف روزبهان[۲]* و حسن فضائلی[۳]
۱، ۲، کارشناسی ارشد و عضو هیئت علمی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳، عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج
(تاریخ دریافت: ۸۷/۱۰/۲- تاریخ تصویب: ۸۸/۸/۳۰)

چکیده

هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی کیفیت پروتئین علوفه تازه و سیلو شده تاج‌خروس (amaranth) بر اساس سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل (CNCPS) و ضرایب گوارش‌پذیری آزمایشگاهی (برون‌تنی) با روش تیلی و تری بود. میزان پروتئین خام و پروتئین حقیقی در علوفه تازه به ترتیب ۱۱۶ و ۷۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک و مقادیر پروتئین محلول و بخش‌های پروتئینی A، B1، B2، B3 و C نیز به ترتیب برابر ۴۱۱، ۳۹۵، ۱۶، ۳۴۹، ۱۵۸ و ۸۲ گرم در کیلوگرم پروتئین خام محاسبه گردید. گوارش‌پذیری ماده خشک و آلی و ماده آلی قابل هضم در ماده خشک در علوفه تازه، به ترتیب برابر ۷۱۲، ۶۷۷ و ۵۸۶ گرم در کیلوگرم و میزان انرژی قابل سوخت و ساز ۹/۲ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک بود. پس از سیلو کردن غلظت پروتئین خام، پروتئین محلول و بخش‌های A و B1 افزایش و مقادیر پروتئین حقیقی و بخش‌های B2، B3 و C کاهش یافت (P<۰/۰۵). ضریب گوارش‌پذیری ماده خشک نیز به طور معنی‌داری در علوفه سیلو شده پائین‌تر از علوفه تازه بود (P<۰/۰۵). از سوی دیگر، افزودن ملاس به علوفه سیلو شده موجب کاهش غلظت پروتئین خام، پروتئین حقیقی و بخش‌های B2، B3 و C، و افزایش بخش‌های پروتئینی A وB1 و ضرایب گوارش‌پذیری گردید (P<۰/۰۵). با توجه به محتوای پروتئین خام متوسط و گوارش‌پذیری مناسب، گیاه تاج‌خروس قابلیت استفاده به عنوان علوفه برای تغذیه دام را داراست. سیلو کردن موجب کاهش گوارش‌پذیری و کیفیت پروتئین شد. به هر حال، افزودن ملاس چغندر قند کیفیت تخمیر علوفه سیلو شده را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: علوفه تاج‌خروس، CNCPS، سیلو کردن، پروتئین، گوارش‌پذیری.

مقدمه

گیاه تاج‌خروس متعلق به خانواده آمارانتاسه (Amaranthaceae) است، که این خانواده در برگیرنده گیاهان پرطاقت، علفی، سریع‌الرشد و شبه‌غله می‌باشد (Teutonico & Knorr, 1985). جنس آمارانتوس *(amaranthus)*، مشتمل بر بیش از ۶۰ گونه گیاهی است که تعداد معدودی از انواع آن به صورت زراعی در آمده است (Stalknecht & Schulz-Schaeffer, 1993). این گیاه دارای خصوصیت مناسبی برای تولید علوفه سبز (بیش از ۷۰ تن در هکتار)، کارایی بالای فتوسنتز، متابولیسم شدید نیتروژن، سازگاری خوب (Svirskis, 2003)، سرعت رشد بالا، محتوای بالای پروتئین خام (۸۰ تا ۲۸۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک) و سلولز پایین است که این ویژگی‌ها گیاه مذکور را به علوفه‌ای با کیفیت خوب تا عالی تبدیل می‌کند (Sleugh et al., 2001). نیاز آبی این گیاه کمتر از ذرت است (Kauffman & Weber, 1990)، لذا در نقاط دارای کمبود آب، این علوفه می‌تواند پس از تحقیقات بیشتر یک جانشین سیلویی مناسب برای ذرت باشد (Myers & Putnam, 1988). امکان سیلو کردن موفق

* نویسنده مسئول: یوسف روزبهان تلفن: ۰۹۱۲-۳۹۰۵۴۸۱ E-mail: rozbeh_y@modares.ac.ir

علوفه‌های حاوی کمتر از ۱۰۰ گرم در کیلوگرم کربوهیدارت‌های محلول مورد تردید است، به ویژه اگر محتوای ماده خشک پایین باشد (Church, 1991). افزودن ملاس به عنوان یک منبع کربوهیدراتی و محرک تخمیر منجر به بهبود کیفیت تخمیر و ارزش غذایی علوفه سیلو شده می‌گردد (Muhlbach, 2000; Aksu et al., 2006). با توجه به کشت ارقام اصلاح‌نژاد شده علوفه تاج‌خروس در کشور طی سال‌های اخیر و کمبود اطلاعات در مورد ارزش غذایی این علوفه، مطالعه حاضر جهت ارزیابی کیفیت پروتئین و ضرایب گوارش‌پذیری علوفه تازه و سیلو شده این گیاه انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه علوفه و سیلو نمودن علوفه تاج‌خروس

گیاه تاج‌خروس خرداد ماه سال ۱۳۸۴ در مزرعه‌ای به وسعت تقریبی ۲ هکتار در جاده کرج- بوئین‌زهرا کشت گردید. ارتفاع محل، ۱۲۱۵ متر از سطح دریا، با میانگین بارندگی و درجه حرارت سالانه ۳۰۵/۸ میلی‌متر و ۱۵ درجه سیلسیوس بود. زمین مورد نظر در فصل زمستان شخم زده شد، در فصل بهار ۲۵۰ کیلوگرم کود فسفره (سوپر فسفات) در هکتار داده شد و جوی و پشته‌ها احداث گردید. مقدار کل کود نیتروژن مصرفی برابر ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. علوفه ۱۱۵ روز پس از کاشت، در مهر ماه، در مرحله تشکیل دانه برداشت گردید. علوفه، جهت تهیه سیلو به قطعات ۳ تا ۵ سانتیمتری خرد شد. سیلوها حاوی سطوح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ گرم در کیلوگرم ملاس چغندر قند (ماده خشک برابر ۷۳۵ گرم در کیلوگرم؛ کربوهیدرات‌های محلول در آب برابر ۶۹۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک) بر اساس وزن تازه گیاه بودند که در ظروف پلاستیکی ۵ لیتری تهیه، در آنها محکم شده و درزگیری گردیدند. برای هر تیمار سیلو، ۶ تکرار در نظر گرفته شد که میزان علوفه در هر سیلو ۵ کیلوگرم بود. پس از ۶۰ روز در سیلوها باز شد. نمونه علوفه تازه و سیلو شده در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشک، آسیاب و از الک ۱ میلیمتری عبور داده شد و در ۲۰- درجه سانتیگراد ذخیره گردید. به منظور اندازه‌گیری بخش‌های پروتئینی بخشی از نمونه‌ها لیوفیلیزه شد.

تعیین ترکیب شیمیایی و بخش‌های مختلف پروتئین بر اساس سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل

مقادیر ماده خشک و پروتئین خام بر اساس روش‌های AOAC (1990) تعیین گردید. غلظت کربوهیدرات‌های محلول با استفاده از روش اسپکتروفتومتری تعیین شد. وقتی کربوهیدرات‌ها در مجاورت انترون در اسید سولفوریک حرارت داده شوند، کمپلکسی به رنگ آبی- سبز ایجاد می‌شود که شدت جذب در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت گردید (MAFF, 1982). برای اندازه‌گیری pH، مقدار ۵۰ گرم از نمونه تازه در بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری توزین و ۱۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. نمونه به خوبی با آب مقطر مخلوط شد و به مدت یک ساعت به صورت متناوب به هم زده شد. پس از گذشت یک ساعت، عصاره حاصل در بشر کوچکتری ریخته شد و pH محلول با استفاده از pH متر قرائت گردید (MAFF, 1986). به منظور تعیین پروتئین حقیقی، از اسید تانگستیک به عنوان عامل رسوب‌دهنده استفاده شد (Greenberg & Shipe, 1979) و غلظت پروتئین رسوب کرده، که همان پروتئین حقیقی است، تعیین شد. بخش A (نیتروژن غیر پروتئینی) از اختلاف بین کل نیتروژن به صورت پروتئین خام و مقدار نیتروژنی که به صورت پروتئین حقیقی رسوب کرده محاسبه شد. غلظت کل پروتئین نامحلول با استفاده از روش بافر بورات- فسفات (Krishnamoorthy et al., 1982) اندازه‌گیری شد. پروتئین محلول (شامل بخش‌های A و B_1) با کسر کردن مقدار پروتئین نامحلول از کل پروتئین خام محاسبه گردید. بخش B_1 (پروتئین حقیقی محلول) از اختلاف بین پروتئین محلول و بخش A به دست آمد. برای تعیین نیتروژن نامحلول در شوینده‌های خنثی (NDIN) و اسیدی (ADIN)، ابتدا مقادیر دیواره سلولی (NDF) و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) با استفاده از روش Van Soest et al. (1991) اندازه‌گیری شد، و سپس میزان نیتروژن بقایای نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی با استفاده از دستگاه کجلدال و بر اساس روش AOAC (1990) تعیین گردید. میزان ADIN به صورت درصدی از کل نیتروژن یا ۶/۲۵ × N بیان شد که همان بخش C است. بخش B_3 از

اختلاف بین مقادیر NDIN و ADIN به دست آمد. مقدار پروتئین بخش B_2 با کم کردن سایر بخش‌ها از پروتئین خام محاسبه شد (Licitra et al., 1996). لازم به توضیح است که تعداد تکرار برای علوفه تازه ۴ و برای هر تیمار سیلو شده ۶ عدد بود.

تعیین قابلیت هضم با روش آزمایشگاهی

آزمایش مذکور بر اساس روش آزمایشگاهی Tilley & Terry (1963) و با استفاده از محلول بزاق مصنوعی McDougall (1948) انجام پذیرفت. برای تهیه شیرابه شکمبه از سه رأس گوسفند نر اخته سالم، مجهز به فیستوله شکمبه، نژاد شال، هم سن، با وزن تقریباً برابر استفاده گردید. گوسفندان دو وعده در روز به فواصل مساوی و منظم با جیره‌ای حاوی ۷۰۰ گرم در کیلوگرم علوفه خشک و ۳۰۰ گرم در کیلوگرم مخلوط کنسانتره، به میزان ۱/۲ برابر نیاز نگهداری، تغذیه شدند. آب تازه نیز به طور آزاد در اختیار دام‌ها قرار داشت. شیرابه شکمبه، پیش از تغذیه صبحگاهی، از دو بخش جامد و مایع محتویات شکمبه جمع‌آوری و تحت جریان دی اکسید کربن در دمای ۳۹ درجه سیلسیوس به طور کامل مخلوط و سپس صاف گردید. مقدار ۰/۵ گرم از هر نمونه در لوله‌های سانتریوفوژ ۵۰ میلی‌لیتری توزین گردید. لوله‌ها در تعداد ۲ دور (run) مرتب گردید که در هر دور ۳ تکرار از نمونه‌های مورد آزمایش قرار داده شد. تعداد ۳ لوله بدون نمونه هم به عنوان شاهد در هر دور نظر گرفته شد. حجم مورد نیاز از بزاق مصنوعی در ارلن‌مایر ریخته شد و روی حمام آب ۳۹ درجه سیلسیوس قرار گرفت. تحت جریان دی‌اکسید کربن، pH بزاق مصنوعی در ۶/۸ الی ۷ تنظیم شد. یک میلی‌لیتر محلول کلرید کلسیم به هر لیتر از بزاق مصنوعی اضافه گردید. یک قسمت از مایع شکمبه با چهار قسمت از بزاق مصنوعی برای تهیه مایع تلقیح (inoculum) مخلوط شد. لوله‌های سانتریوفوژ برای گرم بودن، پیش از تزریق مخلوط شیرابه شکمبه- بزاق مصنوعی، در انکوباتور با دمای ۳۹ درجه سیلسیوس قرار داده شد و تحت جریان دی‌اکسید کربن قرار داده شدند. میزان ۳۵ میلی‌لیتر مخلوط شیرابه شکمبه- بزاق مصنوعی به هر لوله اضافه گردید. لوله مجدداً تحت جریان دی‌اکسید کربن
قرار گرفت. کلاهک لوله گذاشته شد و در انکوباتور با دمای ۳۹ درجه سیلسیوس قرار داده شد. طی ۱۲ ساعت ابتدایی مرحله انکوباسیون بی‌هوازی هر ۳ ساعت یک بار و پس از آن هر ۱۲ ساعت یک بار عمل تکان دادن لوله‌ها انجام پذیرفت. پس از پایان ۴۸ ساعت انکوباسیون، لوله‌ها در ۲۰۰۰ دور بر اساس شتاب جاذبه (2000 × g) و در دمای ۴ درجه سیلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه سانتریوفوژ گردید تا مواد باقیمانده ته‌نشین شده و مایع شناور سطحی جدا گردد. پس از دور ریختن مایع شناور به هر لوله ۳۵ میلی‌لیتر محلول پپسین اسیدی اضافه گردید و به مدت ۴۸ ساعت در ۳۹ درجه سیلسیوس انکوباسیون صورت گرفت. در ۱۲ ساعت اول هر ۳ ساعت یک‌بار و پس از آن هر ۱۲ ساعت یک‌بار لوله‌ها به هم زده شد. بعد از ۴۸ ساعت، لوله‌ها از انکوباتور خارج گردید. بقایا با استفاده از کاغذ صافی از پیش وزن شده فیلتر شد. بقایا به همراه کاغذ صافی در دمای ۱۰۰ درجه سیلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید و پس از آن در دسیکاتور خنک و توزین شد. بقایا در کوره الکتریکی با دمای ۵۰۰ درجه سیلسیوس به مدت ۴ ساعت سوزانده شد و در نهایت ضرایب گوارش‌پذیری محاسبه شد. انرژی قابل سوخت و ساز علوفه‌های تازه و سیلو شده نیز به ترتیب، با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) برآورد گردید (Alderman & Cottrill, 1995).

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = \text{DOMD (g/kg DM)} \times 0.0157 \quad (۱)$$

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = \text{DOMD (g/kg DM)} \times 0.016 \quad (۲)$$

طرح آزمایشی و تجزیه آماری

اطلاعات حاصل از تجزیه علوفه تاج‌خروس تازه و سیلو شده (حاوی سطوح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ گرم در کیلوگرم ملاس بر اساس وزن تازه) به صورت نامتعادل با استفاده از مدل آماری زیر:

$$y_{ij}=\mu+a_i+e_{ij}$$

مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، که در مدل مذکور y_{ij} مقدار عددی هر مشاهده، μ میانگین، a_i اثر تیمار و e_{ij} خطای آزمایشی بود. برای علوفه تازه ۴ تکرار و برای علوفه سیلو شده ۶ تکرار در نظر گرفته شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و رویه GLM صورت پذیرفت (SAS, 2001). مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد انجام شد (Steel & Torrie, 1980).

نتایج

بخش‌های مختلف پروتئینی علوفه تاج‌خروس تازه و سیلو شده در جدول ۱ گزارش شده است. تغییر ماده خشک علوفه پس از سیلو کردن از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵)، اما با افزودن ملاس، به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). سیلو کردن موجب افزایش غلظت پروتئین خام (P<۰/۰۵) و کاهش مقادیر pH، پروتئین حقیقی، NDF، ADF، کربوهیدرات‌های محلول در آب و پروتئین نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی شد (P<۰/۰۵). از سوی دیگر، با افزودن ملاس به علوفه سیلو شده، میزان pH، پروتئین خام، پروتئین حقیقی، NDF، ADF و پروتئین نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی کاهش، و مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب باقیمانده افزایش یافت (P<۰/۰۵).

فرایند سیلو کردن، میزان پروتئین محلول و بخش‌های A و B_1 را افزایش (P<۰/۰۵) و بخش‌های B_2، B_3 و C را کاهش داد (P<۰/۰۵). به علاوه، افزودن ملاس به علوفه سیلو شده منجر به افزایش پروتئین محلول و بخش‌های A و B_1 و کاهش بخش‌های B_2، B_3 و C شد (P<۰/۰۵).

اطلاعات مربوط به ضرایب گوارش‌پذیری و انرژی قابل سوخت و ساز در جدول ۲ گزارش شده است. سیلو کردن، موجب کاهش معنی‌دار ضریب گوارش‌پذیری ماده خشک شد (P<۰/۰۵). با افزودن ملاس به علوفه سیلو شده، ضرایب گوارش‌پذیری و انرژی قابل سوخت و ساز به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵).

جدول۱- بخش‌های مختلف پروتئین علوفه تازه و سیلو شده تاج‌خروس بر اساس سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل

	علوفه تازه	علوفه سیلو شده			SEM
		شاهد	۵٪ ملاس	۱۰٪ ملاس	
ماده خشک (گرم در کیلوگرم)	۲۱۶^{c}	۲۱۹^{c}	۲۵۳^{b}	۲۷۵^{a}	۳/۶
pH	۶/۰۵^{a}	۳/۹۲^{b}	۳/۸۶^{c}	۳/۸۳^{c}	۰/۱۳
(گرم در کیلوگرم ماده خشک)					
پروتئین خام	۱۱۶^{d}	۱۳۱^{a}	۱۲۵^{b}	۱۲۱^{c}	۲/۱
پروتئین حقیقی	۷۰/۰^{a}	۵۰/۸^{b}	۴۳/۳^{c}	۳۷/۵۲^{d}	۱/۱۳
الیاف نامحلول در شوینده خنثی[۱]	۴۴۶^{a}	۴۳۹^{b}	۴۰۸^{c}	۳۵۰^{d}	۳/۵
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی[۲]	۲۸۷^{a}	۲۸۲^{a}	۲۴۶^{b}	۲۲۷^{c}	۲/۲
کربوهیدرات‌های محلول در آب	۵۲^{a}	۱۳^{d}	۱۸^{c}	۳۸^{b}	۰/۹
پروتئین نامحلول در شوینده خنثی[۳]	۲۸^{a}	۲۱^{b}	۱۶^{c}	۱۴^{d}	۰/۳
پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی[۴]	۹/۵^{a}	۸/۵^{b}	۷/۰^{c}	۶/۷^{d}	۰/۱۲
(گرم در کیلوگرم پروتئین خام)					
پروتئین محلول	۴۱۱^{d}	۶۶۴^{c}	۷۰۷^{b}	۷۴۱^{a}	۰/۴
A	۳۹۵^{d}	۶۱۲^{c}	۶۵۴^{b}	۶۸۶^{a}	۰/۴
B_1	۱۶^{c}	۵۱/۸^{b}	۵۲/۸^{b}	۵۵/۱^{a}	۰/۱۲
B_2	۳۴۹^{a}	۱۹۵^{b}	۱۷۷^{c}	۱۵۵^{d}	۰/۵
B_3	۱۵۸^{a}	۸۲/۳^{b}	۶۶/۲^{c}	۵۵/۳^{d}	۰/۴
C	۸۲/۲^{a}	۵۸/۵^{b}	۴۹/۷^{c}	۴۸/۶^{d}	۰/۰۹
(گرم در کیلوگرم پروتئین محلول)					
A	۹۶۰^{a}	۹۲۰^{c}	۹۲۵^{b}	۹۲۶^{b}	۰/۳
B_1	۴۰^{c}	۸۰^{a}	۷۵^{b}	۷۴^{b}	۰/۱

۱. NDF؛ ۲. ADF؛ ۳. NDICP؛ ۴. ADICP؛ SEM، خطای استاندارد میانگین‌ها؛ حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد (P<۰/۰۵) است.

جدول ۲- ضرایب گوارش‌پذیری (گرم در کیلوگرم) و انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) علوفه تازه و سیلو شده تاج‌خروس

	علوفه تازه	علوفه سیلو شده			SEM
		شاهد	۵٪ ملاس	۱۰٪ ملاس	
گوارش‌پذیری ماده خشک[۱]	۷۱۲[c]	۷۰۳[d]	۷۲۷[b]	۷۵۵[a]	۵/۷
گوارش‌پذیری ماده آلی[۲]	۶۷۷[c]	۶۷۲[c]	۷۰۱[b]	۷۳۱[a]	۶/۹
ماده آلی قابل هضم در ماده خشک[۳]	۵۸۶[c]	۵۸۰[c]	۶۰۷[b]	۶۳۳[a]	۵/۹
انرژی قابل متابولیسم[۴]	۹/۲[c]	۹/۳[c]	۹/۷[b]	۱۰/۱[a]	۰/۹۹

۱. DMD؛ ۲. OMD؛ ۳. DOMD؛ ۴. ME؛ SEM، خطای استاندارد میانگین‌ها؛ حروف متفاوت در هر ردیف، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد (P<۰/۰۵) است.

بحث

اثر سیلو کردن

میزان پروتئین خام در علوفه تاج‌خروس (در ۱۱۵ روزگی) نزدیک به نتایج گزارش شده توسط Sleugh et al. (2001) (در ۱۱۲ روزگی، ۱۲۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک) بود. نتایج نشان داد که تاج‌خروس به عنوان یک محصول علوفه‌ای برای تهیه سیلو و جایگزین کردن سیلوی ذرت، به ویژه در مناطق کم‌آب، از نظر پروتئین خام در وضعیت مناسبی قرار دارد (۱۱۶ گرم در کیلوگرم ماده خشک). فرایند سیلو کردن، موجب افزایش غلظت پروتئین خام شد. احتمالاً، کاهش سایر بخش‌ها از جمله کاهش معنی‌دار کربوهیدرات‌های محلول در آب موجب افزایش غیرفعال (passive) غلظت پروتئین خام شده است. به هر حال، افزایش پروتئین خام با کاهش پروتئین حقیقی همراه بود که علت این امر ادامه تجزیه پروتئین در سیلو است (McDonald et al., 1991). طبق نظر McDonald et al. (1991)، در گیاهان تازه، معمولاً ۷۰ تا ۹۰ درصد از کل نیتروژن را ترکیبات پروتئینی تشکیل می‌دهد، که پس از سیلو کردن، به دلیل ادامه تجزیه پروتئین‌ها این مقدار کاهش یافته و حتی در پایان سیلو کردن، میزان نیتروژن پروتئینی ممکن است به حدود ۳۰ درصد یا کمتر کاهش یابد و تجزیه شدید پروتئین حتی در pH معادل ۳/۶ نیز می‌تواند صورت پذیرد (McDonald et al., 1991). پس از سیلو کردن، غلظت NDF کاهش یافت که احتمالاً علت آن هیدرولیز اجزای دیواره سلولی طی عمل تخمیر است (McDonald et al., 1991). کاهش معنی‌دار غلظت کربوهیدرات‌های محلول در آب پس از سیلو کردن، به دلیل مصرف شدن این بخش توسط میکروارگانیسم‌های موجود در سیلو بوده که نتیجه این امر کاهش pH علوفه سیلو شده به حد مطلوب بوده است (McDonald et al., 1991).

غلظت NDICP در علوفه تاج‌خروس ۲۸ گرم در کیلوگرم ماده خشک و معادل ۲۳/۹ درصد از کل پروتئین خام بود، که طبق نظر Sleugh et al. (2001)، شاید این میزان بتواند در مقایسه با یونجه پتانسیل بالاتری را برای تأمین پروتئین عبوری از شکمبه فراهم آورد (Sleugh et al., 2001). فرایند سیلو کردن بخش NDICP (که پروتئین غیر قابل حل است) را کاهش داد که احتمالاً علت آن تجزیه پروتئین در طول تخمیر (Van Soest, 1994) و شکست پیوند NDF-N (Rinne et al., 1997) است. کاهش قابل توجه پروتئین پیوند شده با دیواره سلولی پس از سیلو کردن توسط Jones et al. (1992) نیز گزارش شده است. پروتئین محلول در علوفه تازه ۴۱۱ گرم در کیلوگرم پروتئین خام بود، که میزان این بخش به علت ارتباط با مصرف اختیاری خوراک، باید تا حد امکان پائین باشد (Chamberlain & Wilkinson, 2000). محتوای پروتئین محلول پس از سیلو کردن افزایش یافت که نشانه رخ دادن تخمیر شدید است (Chamberlain & Wilkinson, 2000) و ناشی از فعالیت آنزیمی در گیاه قبل از سیلو شدن (Kemble, 1956) و همچنین فرایند تخمیر و تجزیه پروتئین در سیلو (McDonald et al., 1991) است که بیشتر در طی چند روز اول سیلو شدن رخ می‌دهد (Carpintero et al., 1979). غلظت بخش A (نیتروژن غیرپروتئینی) علوفه با توجه به شرایط فیزیولوژیکی گیاه

متغیر است و هر چه شرایط رشد گیاه مناسب‌تر باشد، میزان این بخش بیشتر خواهد بود (McDonald et al., 1995). محتوای بخش A پس از سیلو کردن در نتیجه فرایند تخمیر پروتئین(McDonald et al., 1991) افزایش یافت، زیرا فرایند تخمیر موجب می‌شود برخلاف گیاهان تازه، ترکیبات نیتروژنی در سیلوهای لاکتیکی به خوبی محافظت شده، اصولاً به شکل اجزای محلول غیر پروتئینی تبدیل شود (McDonald et al., 1991). افزایش بخش A بیانگر این مسأله است که نیتروژن غیر پروتئینی بیشتری فراهم شده که قابل تجزیه در شکمبه است و لذا، مقادیر بالاتری از مواد مغذی قابل دسترس برای میکروارگانیزم‌های شکمبه موجود خواهد بود (Geron et al., 2007).

غلظت بخش B_1 پس از سیلو کردن افزایش یافت، زیرا در اثر فرایند تخمیر بخش بیشتری از پروتئین حقیقی نامحلول گیاه به صورت اجزای محلول تبدیل می‌شود (McDonald et al., 1991). کاهش بخش‌های B_2 و B_3، که بخش‌های پروتئین حقیقی نامحلول با سرعت‌های تجزیه متوسط و پایین می‌باشند، طی فرایند تخمیر در سیلو احتمالاً به فعالیت تجزیه پروتئین در طول تخمیر و کاهش پروتئین پیوند شده با دیواره سلولی (Van Soest, 1994; Rinne et al., 1997) مربوط است. بخش C (ADICP) برآوردی از نیتروژن غیر قابل هضم خوراک است و باید تا حد امکان پائین باشد (Chamberlain & Wilkinson, 2000). غلظت این بخش در علوفه تاج‌خروس ۹/۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود که چندان بالا نیست. محتوای بخش C بر اساس واحد گرم در کیلوگرم ماده خشک پس از سیلو کردن کاهش بسیار اندکی یافت (حدود ۰/۱ درصد کاهش)، اما بر اساس واحد گرم در هر کیلوگرم پروتئین خام کاهش این بخش قابل ملاحظه بود. با این تفسیر، این کاهش، اساساً به صورت غیر فعال (passive) بوده و بیشتر به افزایش سهم بخش‌های پروتئینی محلول (به صورت درصدی از کل پروتئین خام) در حین فرایند تخمیر در سیلو مرتبط است، و بخش اندکی از این کاهش نیز احتمالاً به تخمیر جزئی اجزای دیواره سلولی از جمله ADF در سیلو (Bolsen et al., 1996) و هیدرولیز پیوند دیواره سلولی- پروتئین در طول تخمیر (Rinne et al., 1997) ارتباط دارد. محتوای بخش C در علوفه سیلو شده تاج‌خروس کمتر از ۷۵ گرم در کیلوگرم پروتئین خام بود که بر طبق نظر (Chamberlain & Wilkinson, 2000)، نشانه یک سیلوی خوب است.

گوارش‌پذیری خوراک تحت تأثیر گونه و رقم گیاه قرار دارد (Sleugh et al., 2001). هر چند گیاه تاج‌خروس در سن بالایی برداشت گردید، اما گوارش‌پذیری آن به میزان قابل توجهی بالا بود و نشان‌دهنده مزیت بالقوه این گیاه جهت استفاده به عنوان علوفه است. کاهش معنی‌دار ضریب گوارش‌پذیری ماده خشک پس از سیلو کردن شاید به کاهش کربوهیدرات‌های محلول مربوط باشد که یکی از منابع انرژی برای میکروارگانیزم‌های شکمبه‌اند (Van Soest, 1994). سیلو کردن علوفه‌های مختلف نتایج متفاوتی را از نظر تغییر گوارش‌پذیری در پی داشته است و در پژوهش‌های مختلف، کاهش، افزایش و عدم تغییر در گوارش‌پذیری علوفه سیلو شده در مقایسه با علوفه تازه گزارش شده است (McDonald et al., 1991).

اثر افزودن ملاس به علوفه سیلو شده

علت کاهش قابل ملاحظه غلظت NDF و ADF با افزودن ملاس، از یک سو مربوط به وجود مقدار بسیار ناچیز NDF و ADF در ملاس و از طرف دیگر، افزایش تجزیه دیواره سلولی به علت افزایش تخمیر در اثر قندهای قابل دسترس موجود در ملاس است (Baytok et al., 2005).

با افزودن ملاس به علوفه سیلو شده، میزان NDICP کاهش یافت. فقدان NDICP در ملاس، افزایش تخمیر در سیلو با افزودن ملاس و در نتیجه، افزایش تجزیه دیواره سلولی (Bolsen et al., 1996) و کاهش پیوند پروتئین‌ها با دیواره سلولی (Rinne et al., 1997) دلایل کاهش NDICP در سیلوی حاوی ملاس می‌باشند. میزان پروتئین محلول در علوفه سیلو شده بالاتر از علوفه تازه بود. با توجه به اطلاعات موجود در جدول ۱، در مقایسه با علوفه تازه، بیشترین افزایش در غلظت پروتئین محلول در سیلوی شاهد رخ داده، به طوری که غلظت پروتئین محلول به میزان ۲۵/۳ درصد افزایش نشان می‌دهد، و با افزودن ۵ درصد ملاس، میزان پروتئین محلول فقط ۴/۳ درصد نسبت به سیلوی شاهد

بیشتر شد. لذا، به نظر می‌رسد علت اصلی افزایش پروتئین محلول با افزودن ملاس به سیلو، بالاتر بودن غلظت پروتئین محلول ملاس و تا حدودی نیز تشدید تخمیر (Woolford, 1984) است. علت افزایش غلظت بخش A و B_1 و کاهش بخش‌های B_2 و B_3 پس از افزودن ملاس، نیز وجود پروتئین محلول بالاتر در ملاس و از سوی دیگر ادامه روند تجزیه پروتئین‌ها و تبدیل آنها به ترکیبات نیتروژنی غیر پروتئینی و پروتئین محلول (حتی با افزودن ملاس) است، به طوری که برخی پژوهشگران بیان کرده‌اند با افزودن منابع قندی به علوفه سیلو شده اختلافی در جمعیت باکتری‌های تجزیه کننده پروتئین بین سیلوی فرآوری شده و فرآوری نشده ایجاد نشده است (Woolford, 1984)، یعنی، بخش بیشتری از پروتئین نامحلول وارد فاز محلول گردیده است. با افزودن ملاس به سیلوی تاج‌خروس غلظت بخش C کاهش یافت، که علت عمده این کاهش عدم وجود ADICP (بخش C) در ملاس و تا اندازه کمتری افزایش تخمیر اجزای دیواره سلولی از جمله ADF و افزایش شکست پیوند پروتئین با دیواره سلولی است (Bolsen et al., 1996; Rinne et al., 1997).

با افزودن ملاس به علوفه تازه و سیلو شده، ضرایب گوارش‌پذیری و انرژی قابل سوخت و ساز افزایش قابل ملاحظه‌ای یافت. افزودن ملاس موجب افزایش تجزیه دیواره سلولی از طریق افزایش تخمیر می‌گردد (Bolsen et al., 1996). از سوی دیگر، افزودن ملاس موجب افزایش کربوهیدرات‌های محلول باقیمانده در سیلو شده، که می‌توانند به عنوان یک منبع به آسانی قابل تخمیر در دسترس میکرورگانیسم‌های شکمبه قرار گیرند (Chamberlain & Wilkinson, 2000). احتمالاً، ملاس گوارش‌پذیری علوفه سیلو شده را از طریق تحریک فعالیت میکروبی و در نتیجه افزایش میزان گوارش مواد مغذی افزایش داده است (Aksu et al., 2006).

نتیجه‌گیری

محتوای بخش‌های مختلف پروتئینی و گوارش‌پذیری علوفه تازه تاج‌خروس در حد قابل قبولی بود. سیلو کردن موجب کاهش گوارش‌پذیری و کیفیت پروتئین شد. به هر حال، افزودن ملاس چغندر قند کیفیت تخمیر علوفه سیلو شده را بهبود بخشید. استفاده از گیاه تاج‌خروس به عنوان یک منبع علوفه‌ای در مناطق دارای کمبود منابع آب، نیاز به تحقیقات گسترده‌تری دارد.

سپاسگزاری

از جناب آقای مهندس علی کریم‌زاده، مدیر عامل محترم شرکت کشت و صنعت پنجه طلایی، جهت همکاری در تأمین بذر و کاشت، داشت و برداشت علوفه صمیمانه قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Aksu, T., Baytok, E., Karsli, M. A. & Muruz, H. (2006). Effects of formic acid, molasses and inoculant additives on corn silage composition, organic matter digestibility and microbial protein synthesis in sheep. *Small Ruminant Research*, 61, 29-33.
2. Alderman, G. & Cottrill, B. R. (1995). *Energy and protein requirements of ruminants*. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. United Kingdom: CAB International, Wallingford, Oxon.
3. AOAC. (1990). *Official methods of analysis*. (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists. USA, Washington, D. C.
4. Baytok, E., Aksu, T., Karsli, M. A. & Muruz, H. (2005). The effects of formic acid, molasses and inoculant as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29, 469–474.
5. Bolsen, K. K., Ashbell, G. & Weinberg, Z. G. (1996). Silage fermentation and silage additives. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*, 5, 483-493.
6. Carpintero, C. M., Henderson, A. R. & McDonald, P. (1979). The effect of some pre-treatments on proteolysis during the ensiling of herbage. *Grass and Forage Science*, 34, 311–315.
7. Chamberlain, A. T. & Wilkinson, J. M. (2000). *Feeding the dairy cow*. (2nd ed.). United Kingdom: Chalcombe Publications, Lincoln.
8. Church, D. C. (1991). *Livestock feeds and feeding*. (3rd ed.). USA: Prentice-Hall International, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

9. Geron, L. J. V., Zeoula, L. M., Vidotti, R. M., Matsushita, M., Kazama, R., Neto, S. F. C. & Fereli, F. (2007). Chemical characterization, dry matter and crude protein ruminal degradability and *in vitro* intestinal digestion of acid and fermented silage from tilapia filleting residue. *Animal Feed Science and Technology*, 136, 226-239.
10. Greenberg, N. A. & Shipe, W. P. (1979). Comparison of the abilities of trichloroacetic, picric, sulfosalicylic, and tungstic acids to precipitate protein hydrolysates and proteins. *Journal of Food Science*, 44, 735–737.
11. Jones, B. A., Hatfield, R. D. & Muck, R. E. (1992). Effect of fermentation and bacterial inoculation on Lucerne cell walls. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 60, 147-153.
12. Kauffman, C. S. & Weber, L. E. (1990). Grain amaranth. In: *J. Janick and Simon, J. E. (eds). Advances in New Crops*. (Pp. 127–139). Portland, OR: Timber Press.
13. Kemble, A. R. (1956). Studies on the nitrogen metabolism of the ensilage process. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 7, 125–130.
14. Krishnamoorthy, U., Muscato, T. V., Sniffen, C. J. & Van Soest, P. J. (1982). Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, 65, 217–255.
15. Licitra, G., Hernandez, T. M. & Van Soest, P. J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57, 347–358.
16. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. (1995). *Animal nutrition* (6th ed.). USA: Longman Scientific and Technical.
17. McDonald, P., Henderson, A. R. & Herson, S. J. E. (1991). *The Biochemistry of Silage* (2nd ed.). United Kingdom: Marlow, Chalcombe Publication.
18. McDougall, E. I. (1948). Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep saliva. *Biochemical Journal*, 43, 99-109.
19. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF). (1982). The Analysis of Agricultural Materials (2nd ed.). United Kingdom: MAFF, London.
20. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF). (1986). The Analysis of Agricultural Materials. ADAS Reference Book 427. United Kingdom: MAFF Publications, London.
21. Muhlbach, P. R. F. (2000). Additive to improve the silage making process of tropical forages. In: *Silage Making in the Tropics with Particular Emphasis on Smallholders*. Edited by L.‘t Mannetje. Italy: FAO Plant Production and Protection, Rome, p.161.
22. Myers, R. L. & D. Putnam, H. (1988). Growing grain amaranth as a specialty crop. Center for Alternative Crops and Products, Minnesota Extension Service, University of Minnesota, St. Paul, MN, USA.
23. Rinne, M., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. (1997). Grass maturity effects on cattle fed silage-based diets. 1. Organic matter digestion, rumen fermentation and nitrogen utilization. *Animal Feed Science and Technology*, 67, 1-17.
24. Sleugh, B. B., Moore, K. J., Brummer, E. C., Knapp, A. D., Russell, J. & Gibson, L. (2001). Forage nutritive value of various amaranth species at different harvest dates. *Crop Science*, 41, 466–472.
25. Stallknecht, G. F. & Schulz-Schaeffer, J. R. (1993). Amaranth rediscovered. In: *J. Janick and Simon, J. E.* (eds). Pp. 211-218. New Crops, New York: Willey.
26. Statistical Analysis System. (2001). User’s Guide: Statistics, Version 8.2, SAS Institute, Cary, NC, USA.
27. Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. (1980). *Principles and Procedures of Statistics*: A Biometrical Approach (2nd ed.). USA: McGraw-Hill. New York.
28. Svirskis, A. (2003). Investigation of amaranth cultivation and utilization in Lithuania. *Agronomy Research*, 1, 253–264.
29. Teutonico, R. A. & Knorr, D. (1985). Amaranth: composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. *Food Technology*, 39, 49–60.
30. Tilley, J. M. A. & Terry, R. A. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, 18, 104-111.
31. Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. USA: Comstock Publication., Ithaca, NY.
32. Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*, 74, 3583–3597.
33. Woolford, M. K. (1984). *The Silage Fermentation*. (1st ed.). USA: Marcel Dekker, Inc. New York.