نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان
جلد پنجم، شماره دوم، ۱۳۹۶
http://ejrr.gau.ac.ir

مقایسه ارزش غذایی و خصوصیات تخمیر شکمبه‌ای سیلاژ تاج خروس سبز (*آمارانتوس هیپوکوندریاسوس*) با سیلاژ ذرت

***حسن علی‌عربی[۱]، حمید ربانی[۲]، سید احمد میرهادی[۳]، حسن فضائلی[۴] و خلیل زابلی[۵]**

[۱]دانشیار، [۲]دانش آموخته کارشناسی‌ارشد تغذیه دام و [۵]استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
[۳]استادیار و [۴]استاد موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: امروزه کشت گیاهان علوفه‌ای مقاوم و سازگار به شرایط خشک و کم آب در ایران از اهمیت خاصی برخوردار است. بر این اساس، اخیراً گیاه تاج خروس به‌عنوان یک گیاه زراعی از خارج از کشور وارد الگوی زراعی شده است. از آنجا که تحقیقات بسیار اندکی در مورد امکان استفاده از این گیاه به‌عنوان خوراک دام انجام گرفته است، لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی امکان سیلو کردن این گیاه و مقایسه آن با سیلاژ ذرت بود.

مواد و روش‌ها: علوفه تاج خروس سبز و ذرت پس از برداشت به قطعات ۵-۳ سانتی‌متری خرد شدند. به منظور تهیه سیلاژ، هر دو علوفه به‌طور جداگانه در داخل لوله‌های پلی‌اتیلن به‌طول ۷۵ و قطر ۱۶ سانتی‌متر (در ۴ تکرار) سیلو شدند. پس از گذشت زمان‌های صفر، ۴۰ و ۶۰ روز پس از سیلو کردن، درب سیلوها باز شد و از آنها نمونه‌برداری صورت گرفت. ترکیب شیمیایی، pH، خصوصیات شیمیایی (کربوهیدرات‌های محلول در آب، نیتروژن آمونیاکی و غلظت اسیدهای چرب فرار)، قابلیت هضم (به‌روش برون‌تنی) و کینتیک تخمیر شکمبه‌ای (به‌روش آزمون تولید گاز) هر دو سیلاژ در زمان‌های صفر، ۴۰ و ۶۰ روز پس از سیلو کردن تعیین شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که درصد ماده خشک و پروتئین خام علوفه تاج خروس در تمام زمان‌ها به‌طور معنی‌داری بیشتر از علوفه ذرت بود ($P<0/05$). تفاوت درصد ترکیبات شیمیایی (ماده خشک، ماده آلی، خاکستر خام، پروتئین خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی فاقد همی سلولز) در هر دو علوفه در زمان صفر با سایر زمان‌ها (۴۰ و ۶۰ روز) نیز معنی‌دار بود ($P<0/05$). مقدار pH و نیتروژن آمونیاکی در علوفه تاج خروس در هر ۳ زمان نمونه‌برداری بیشتر از علوفه ذرت بود ($P<0/05$). اما درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب در علوفه تاج خروس کمتر از علوفه ذرت بود ($P<0/05$). همچنین، سیلو کردن (اثر زمان) باعث کاهش معنی‌دار pH و کربوهیدرات‌های محلول در آب در هر دو علوفه در فاصله زمان بین صفر تا ۴۰ روز شد ($P<0/05$). غلظت اسید استیک، اسید پروپیونیک و کل اسیدهای چرب فرار در هر دو زمان ۴۰ و ۶۰ روز پس از سیلو کردن، در علوفه تاج خروس به‌طور معنی‌داری بیشتر از علوفه ذرت بود ($P<0/05$). نتایج مربوط به تعیین قابلیت هضم نشان داد که درصد قابلیت هضم ماده خشک، درصد قابلیت هضم ماده آلی و محتوای ماده آلی قابل هضم در روز صفر در هر دو نوع علوفه یکسان بودند. اما درصد قابلیت هضم ماده خشک در علوفه تاج خروس در روزهای ۴۰ و ۶۰ پس از سیلو کردن، نسبت به علوفه ذرت

*مسئول مکاتبه: h_aliarabi@yahoo.com

افزایش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). بر اساس نتایج آزمون تولید گاز، حداکثر ظرفیت تولید گاز (b) و سرعت تولید گـاز (c) در هر سه زمان نمونه‌برداری در علوفه تاج خروس به‌طور معنی‌داری با علوفه ذرت تفاوت داشـت (P<۰/۰۵). همچنـین، سـیلو کردن (اثر زمان)، باعث کاهش معنی‌دار پارامترهای فوق شد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، با توجه به سطح مناسب پروتئین خام، اجزای دیواره سلولی و نیز قابلیت هضم علوفه تاج خروس و خصوصیات سیلویی آن از قبیل pH، میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب، این علوفه می‌تواند به‌عنوان یک سیلاژ با کیفیت در تغذیه دام مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم، کینتیک تخمیر شکمبه‌ای، علوفه تاج خروس

مقدمه

علوفه جزء اصلی غذای دام‌های علفخوار را تشکیل می‌دهد و مصرف آن در تغذیه نشخوارکنندگان دارای اهمیت زیادی است. با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از اراضی کشور ما در منطقه خشک و کم باران واقع شده است، لذا کشت گیاهانی که دارای سازش‌پذیری خوبی با شرایط کم آبی و تنش خشکسالی ایران بوده و هم دارای ارزش غذایی نسبتاً خوبی هستند از اولویت‌های این بخش می‌باشد. گیاه تاج خروس (*آمارانتوس*[1]) در اصل جزو علف‌های هرز محسوب می‌شود. امروزه تعداد معدودی از ارقام آن به‌صورت زراعی کشت می‌شوند (۲۱). در طی دهه اخیر، کشت تاج خروس در سطح وسیعی از مناطق جهان مانند چین، آسیای جنوب شرقی، آفریقا و امریکا رایج شده است. در ایران کشت اولیه آن در سال ۱۳۸۲ در اهواز و پس از آن در کرج انجام شد. این گیاه به‌صورت یکساله، تابستانه و با ارتفاع زیاد (بین ۲۴۰-۱۸۰ سانتی‌متر) که سازگاری بسیار زیادی به مناطق گرمسیر با روزهای آفتابی بلند دارد (۲). یکی از این ارقام، تاج خروس سبز (*آمارانتوس هیپوکوندریاسوس*[2]) می‌باشد که اخیراً به‌منظور کشت علوفه و نیز تولید سیلاژ از خارج از کشور وارد الگوی زراعی ایران شده است (۲). زیرا از یک طرف دارای استعداد خوبی از نظر تحمل شرایط نامناسب مانند خاک فقیر، محدوده تحمل دمایی زیاد، مقاومت به خشکی و تشعشع و نیاز آبی اندک بوده و از طرف دیگر دارای سرعت رشد بالا می‌باشد (۱۲). از دیگر خصوصیات این گیاه تولید بیش از ۷۰ تن علوفه تازه در هکتار می‌باشد (۲۳). گزارش شده است که علوفه تاج خروس دارای محتوی پروتئین بالا، سلولز پایین و قابلیت هضم مناسبی است که سبب شده است تا این گیاه، پس از تحقیقات بیشتر، یک جایگزین مناسب برای علوفه‌های مرسوم مانند یونجه و سیلاژ ذرت مطرح شود (۱۱). همچنین ارزش غذایی تاج خروس همتراز با علوفه غلات و سایر محصولات علوفه‌ای است و از نظر پارامترهای کیفی، در ردیف علوفه با کیفیت خوب تا عالی قرار دارد و می‌توان آنرا به‌عنوان سیلاژ مصرف نمود (۲۰). بر این اساس، درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و دیواره سلولی در تاج خروس سبز به‌ترتیب ۲۱/۱، ۸۶/۷، ۱۴/۱ و ۴۳/۱ درصد گزارش شده است (۱۲). اطلاعات اندکی در خصوص ارزش غذایی و قابلیت هضم سیلاژ تاج خروس وجود دارد. با این وجود، گزارش شده است که استفاده از سیلاژ تاج خروس به‌جای سیلاژ ذرت تا ۳۰ درصد ماده خشک جیره بره‌های پرواری و نیز تا ۲۱ درصد ماده خشک جیره گاوهای شیری اثر منفی بر عملکرد و سلامتی دام نداشت (۱۲). امروزه تأمین مواد خوراکی ارزان قیمت یکی از اولویت‌های صنعت دامپروری کشور ما می‌باشد. یکی از راهکارهای عملی برای رفع این مشکل، شناسایی پتانسیل‌های موجود از قبیل تولید مواد خوراکی سازگار با شرایط اقلیمی ایران است. از آنجا که گیاه تاج خروس جدیداً به الگوی زراعی ایران وارد شده و تحقیقات اندکی بر روی آن انجام گرفته است، لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی ارزش غذایی، خصوصیات تخمیر شکمبه‌ای و امکان سیلو کردن و مقایسه آن با سیلاژ ذرت بود.

مواد و روش‌ها

علوفه تاج خروس سبز ۱۱۵ روز پس از کاشت به همراه علوفه ذرت از مزرعه آزمایشی موسسه تحقیقات علوم دامی کشور واقع در شهرستان کرج برداشت و توسط دستگاه چاپر به قطعات ۳ تا ۵ سانتی‌متری خرد شدند. از قسمت‌های مختلف هر دو نوع علوفه خرد شده که شامل مخلوط ساقه و برگ آن بود نمونه‌برداری شد (جمعاً ۲۴ نمونه) و هر

1- Amaranthus
2- *Amaranthus hypochondriacus*

کدام از این نمونه‌ها که شامل ۱۲ نمونه برای علوفه تاج خروس و ۱۲ نمونه نیز برای علوفه ذرت بودند، به‌عنوان تیمارهای آزمایشی به هر کدام از زمان‌های صفر (روز سیلو کردن)، ۴۰ و ۶۰ روز پس از سیلو کردن و برای هر کدام از علوفه‌های فوق اختصاص یافت (۴ تکرار برای هر زمان). قسمتی از نمونه‌های روز صفر هر دو علوفه در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و به منظور انجام آزمایشات بعدی نگهداری شدند، قسمت دیگری نیز بلافاصله برای تعیین pH مورد استفاده قرار گرفت. برای سیلو کردن هر دو نوع علوفه (نمونه‌های روز ۴۰ و ۶۰)، تعداد ۱۶ عدد لوله پلی‌اتیلن به طول ۷۵ و قطر ۱۶ سانتی‌متر تهیه و هر کدام از تکرارها در داخل یک لوله ریخته شد. همزمان با پر کردن لوله‌ها، محتویات داخل آنها به‌خوبی فشرده شده و در پایان، دو طرف لوله کاملاً مسدود شد و در یک محل سرپوشیده نگهداری گردید. بعد از سپری شدن ۴۰ و ۶۰ روز پس از سیلو کردن، درب سیلوها باز شد. ابتدا pH سیلاژها تعیین و بخشی از آنها به‌منظور آزمایشات بعدی مجدداً در آون خشک شدند. بخش دیگری از سیلاژها نیز برای تعیین نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند.

درصد ماده خشک و ترکیب شیمیائی (ماده آلی، خاکستر خام و پروتئین خام) طبق روش AOAC (۱۹۹۰) و دیواره سلولی مطابق با روش ون‌سوست و همکاران (۱۹۹۱) و دیواره سلولی فاقد همی‌سولز نیز به روش ون سوست (۱۹۹۴) تعیین شدند (۱، ۲۵ و ۲۶). برای اندازه‌گیری pH سیلاژها، در حدود ۵۰ گرم نمونه تازه با ۱۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شده و به‌مدت یک ساعت به‌خوبی به‌هم زده شد و pH آن با استفاده از pH متر رومیزی (مدل Weilheim، آلمان) قرائت شد (۸). مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Varian Cary 100 conc، استرالیا) با روش فیتفول (۲۰۰۲) و مقدار نیتروژن آمونیاکی نیز به‌روش استاکبری و اسکایف (۱۹۹۱) تعیین شدند (۸ و ۲۲). اسیدهای چرب فرار موجود در سیلاژها به‌وسیله دستگاه گاز کروماتوگرافی (مدل Agilent technology 6890N، آمریکا) و با استفاده از ستون DB-FFAP ۳۰ متری کاپیلاری با قطر داخلی ۰/۳۲ میلی-متر تعیین شد. بررسی روند تخمیر شکمبه با استفاده از آزمون تولید گاز و مطابق دستورالعمل منکی و استینگاس (۱۹۸۸) انجام شد (۱۵). برای این منظور، بخشی از نمونه‌های خشک شده با استفاده از آسیاب رومیزی مجهز به الک ۱ میلی‌متری آسیاب شدند و مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه خشک شده (در ۳ تکرار) به داخل هر یک از سرنگ‌های شیشه‌ای ریخته شد و مقدار ۳۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه بافری شده نیز به هر کدام از سرنگ‌ها اضافه گردید. مایع شکمبه از ۳ رأس گوسفند نر مهربان مجهز به فیستولا تهیه گردید. این گوسفندان مطابق پیشنهاد NRC (۱۹۸۵) از خوراک بر پایه علوفه (یونجه و سیلاژ ذرت) تغذیه می‌شدند و روزانه ۲۵۰ گرم کنسانتره و ۱۰ گرم مکمل معدنی و ویتامینی دریافت می‌کردند (۱۷). سرنگ‌ها پس از آماده شدن (به‌همراه ۳ عدد سرنگ بلانک) به داخل حمام بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند و حجم گاز تولید شده (برحسب میلی‌لیتر) در ساعات صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون ثبت شد. داده‌های حاصل از تولید گاز تجمعی بر اساس معادله بلومل و اورسکوف (۱۹۹۳) مطابق رابطه ۱ برازش شد (۵):

رابطه ۱ : $$Y = b\,(1 - e^{-c(t - L)})$$

در رابطه ۱، Y حجم گاز تولید شده در زمان t (میلی‌لیتر)، t زمان انکوباسیون (ساعت)، b حداکثر ظرفیت تولید گاز (میلی‌لیتر)، c سرعت تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت)، L فاز تأخیر (ساعت) و e عدد نپر بود.

قابلیت هضم آزمایشگاهی به‌صورت برون‌تنی و دو مرحله‌ای با استفاده از روش تلی و تری (۱۹۶۳) انجام پذیرفت (۲۴). برای این منظور از شیرابه شکمبه ۳ رأس گوسفند نر مهربان مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. داده‌های

حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و به‌صورت اندازه‌های تکرار شده در زمان بررسی شدند (تیمارها به‌عنوان فاکتور اصلی و زمان به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند).

مدل آماری استفاده شده به‌صورت $Y_{ijk} = \mu + A_i + E\alpha_{ik} + B_j + AB_{ij} + Eb_{ijk}$ بود که در آن Y_{ijk} مشاهده مربوط به تیمار i و زمان اندازه‌گیری j در تکرار k، μ میانگین مشاهدات، A_i اثر تیمار i، $E\alpha_{ik}$ اشتباه اصلی در واحد اصلی مربوط به سطح iام فاکتور A در تکرار kام، B_j اثر زمان اندازه‌گیری j، AB_{ij} بر هم کنش سطح iام فاکتور اصلی و سطح jام فاکتور فرعی و Eb_{ijk} اشتباه فرعی بودند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS ویرایش ۹/۱ انجام شد. داده‌های مربوط به اسیدهای چرب فرار سیلاژها با آزمون کراسکال- والیس نرمال شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و سطح خطای ۰/۰۵ انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی: نتایج مربوط به ترکیب شیمیایی علوفه تاج خروس و ذرت در جدول ۱ نشان داده شده است. درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی فاقد همی سلولز در علوفه تاج خروس سبز در تمام زمان‌های نمونه‌برداری، تفاوت معنی‌داری با علوفه ذرت نشان داد (P<۰/۰۵، جدول ۱). در این رابطه، درصد ماده خشک و پروتئین خام علوفه تاج خروس به‌طور معنی‌داری بیشتر از علوفه ذرت بود (P<۰/۰۵). همچنین، ترکیب شیمیایی علوفه‌ها در زمان صفر تفاوت معنی‌داری با سایر زمان‌ها (زمان های ۴۰ و ۶۰ روز) داشت (P<۰/۰۵). در این رابطه، با افزایش مدت زمان سیلو کردن درصد ماده خشک در هر دو علوفه روند افزایشی یافت. اما درصد ماده آلی، پروتئین خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی فاقد همی سلولز روند کاهشی نشان دادند (P<۰/۰۵). رضایی و همکاران (۲۰۰۹) درصد ماده خشک علوفه تاج خروس در زمان قبل و بعد از سیلو کردن را به ترتیب ۲۱/۶ و ۲۱/۹ درصد گزارش کردند که با نتایج پژوهش حاضر تا حدودی مطابقت دارد (۱۹). لازم به‌ذکر است که مشابه نتایج گزارش شده توسط رضایی و همکاران (۲۰۰۹)، در مطالعه حاضر نیز درصد ماده خشک هر دو علوفه در روز صفر کمتر از حد معمول و استاندارد (DM> ٪۲۵) بود (۱۴). زیرا در حال حاضر در ایران، کشت ذرت و تاج خروس به‌صورت کشت دوم و در تابستان انجام می‌شود، لذا برداشت این گیاهان در پائیز زمانی صورت می‌گیرد که گرما و تابش آفتاب برای بلوغ گیاه کافی نیست. در چنین شرایطی، درصد ماده خشک علوفه برداشت شده کمتر از حد استاندارد خواهد بود (۱۸). کریمی رهجردی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند قبل از سیلو کردن علوفه تاج خروس درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و دیواره سلولی آن به‌ترتیب ۲۱/۱، ۸۶/۷، ۱۴/۱ و ۴۳/۱ درصد و در علوفه ذرت نیز به‌ترتیب ۲۱/۲، ۸۷/۰، ۱۳/۰ و ۴۱/۱ درصد بود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت (۱۲). همچنین این محققین گزارش کردند که پس از سیلو کردن و گذشت ۵ ماه، درصد ترکیبات فوق در سیلاژ تاج خروس به‌ترتیب ۲۳/۰، ۸۶/۰، ۱۲/۸ و ۴۱/۹ درصد و در سیلاژ ذرت نیز ۲۲/۰، ۹۳/۷۲، ۶/۹۸ و ۵۲/۸ درصد بود (۱۲). مشابه نتایج ما، در پژوهش ایشان نیز سیلو کردن باعث افزایش درصد ماده خشک و کاهش درصد ماده آلی، پروتئین خام و دیواره سلولی در هر دو علوفه شد. افزایش درصد DM می‌تواند ناشی از خروج پس آب از سیلاژها در طول زمان سیلو کردن باشد. همچنین، تخمیر و مصرف کربوهیدرات‌های محلول در آب، شکسته شدن بخشی از ماکرومولکول‌ها در حین تخمیر (مانند پروتئولیز پروتئین‌ها و شکسته شدن اجزای دیواره سلولی) از یک سو و خروج بخشی از مواد مغذی محلول آن به‌همراه پس‌آب نیز از سوی دیگر باعث شد که درصد ماده آلی پس از سیلو کردن کاهش یابد (۱۴).

جدول ۱: ترکیب شیمیایی سیلاژ تاج خروس و ذرت در زمان‌های مختلف سیلو کردن (بر حسب درصد ماده خشک)

Table 1. Chemical composition of amaranth and corn silages at different ensiling times (based on DM %)

زمان نمونه‌برداری Sampling time	نوع علوفه Forage type	ماده خشک DM	ماده آلی OM	پروتئین خام CP	دیواره سلولی NDF	دیواره سلولی فاقد همی سلولز ADF
روز صفر	علوفه تاج خروس					
Day 0	Amaranth forage	20.55 [a]	86.63 [b]	13.30 [a]	39.28 [b]	26.07 [b]
	علوفه ذرت					
	Corn forage	18.66 [b]	93.94 [a]	7.31 [b]	65.27 [a]	36.55 [a]
	SEM	0.142	0.119	0.335	0.284	0.424
	P-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
روز ۴۰	سیلاژ تاج خروس					
Day 40	Amaranth silage	21.27 [a]	85.62 [b]	12.14 [a]	37.67 [b]	24.80 [b]
	سیلاژ ذرت					
	Corn silage	19.41 [b]	92.61 [a]	6.34 [b]	64.35 [a]	35.47 [a]
	SEM	0.101	0.103	0.349	0.294	0.384
	P-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
روز ۶۰	سیلاژ تاج خروس					
Day 60	Amaranth silage	21.46 [a]	85.57 [b]	12.65 [a]	36.95 [b]	24.20 [b]
	سیلاژ ذرت					
	Corn silage	19.54 [b]	92.54 [a]	6.19 [b]	61.82 [a]	34.62 [a]
	SEM	0.191	0.202	0.131	0.294	0.250
	P-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
اثر زمان	روز صفر					
Ensiling time	Day 0	19.62 [b]	90.29 [a]	10.30 [a]	52.44 [a]	31.31 [a]
	روز ۴۰					
	Day 40	20.34 [a]	89.11 [b]	9.24 [b]	51.01 [b]	30.14 [b]
	روز ۶۰					
	Day 60	20.50 [a]	89.06 [b]	9.43 [b]	49.39 [c]	29.41 [c]
	SEM	0.110	0.097	0.172	0.211	0.229
	P-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
زمان × تیمار Treat × Time	P-value	0.9537	0.1747	0.1714	0.0014	0.8473

حروف متفاوت در هر ستون و هر بخش بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد می‌باشد.

SEM: خطای استاندارد بین میانگین‌ها.

Means with different superscript letters in columns are significantly different (P<0.05).
SEM: Standard error of mean

کاهش درصد CP در طول زمان سیلو کردن، احتمالاً به‌دلیل فرآیند پروتئولیز (تجزیه پروتئین‌ها) صورت گرفته است. با تجزیه پروتئین‌ها، بخش‌های محلول آن ممکن است به همراه پس‌آب سیلو از آن خارج شده و در نهایت مقدار پروتئین خام در سیلو کاهش یابد (۱۰). بر این اساس، گزارش شده است زمانی که علوفه سیلو می‌گردد، تحت تأثیر فرآیند پروتئولیز، مقدار نیتروژن پروتئینی که در علوفه تازه بیش از ۲۵ تا ۹۰ درصد نیتروژن کل را تشکیل می‌داد، پس از تخمیر در طول سیلو شدن به کمتر از ۱۰ تا ۲۵ درصد از نیتروژن کل کاهش می‌یابد (۱۰). اما بر خلاف نتایج

فوق، در گزارش رضایی و همکاران (۲۰۰۹) درصد CP در علوفه تاج خروس سبز، ۱۱/۶ درصد بود و سیلو کردن باعث افزایش آن به ۱۳/۱ درصد شد (۱۹). این‌طور به نظر می‌رسد که ناپدید شدن بخشی از مواد آلی محلول مانند کربوهیدرات‌های محلول در آب در طی فرآیند سیلو کردن، باعث بر هم خوردن نسبت وزنی سایر بخش‌های مواد مغذی باقیمانده از جمله CP شده باشد و بدین ترتیب درصد CP افزایش یابد.

درصد پایین‌تر اجزای دیواره سلولی (ADF و NDF) در علوفه تاج خروس در مقایسه با علوفه ذرت در تمام زمان‌های سیلو کردن، نشان‌دهنده مناسب بودن این علوفه به‌عنوان خوراک نشخوارکنندگان می‌باشد. زیرا افزایش درصد اجزای دیواره سلولی سبب کاهش مصرف خوراک و انرژی در دسترس حیوان می‌شود (۱۲). کاهش درصد NDF و ADF طی سیلو کردن می‌تواند به‌دلیل هیدرولیز اجزای دیواره سلولی طی فرآیند تخمیر باشد. اما میزان تجزیه همی‌سلولز در مقایسه با سلولز بیشتر بوده است. از دلایل تجزیه همی‌سلولز می‌توان به فعالیت آنزیم‌های همی‌سلولاز موجود در علوفه، همی‌سلولاز باکتریایی و هیدرولیز توسط اسیدهای آلی تولید شده طی فرآیند تخمیر اشاره نمود (۱۴). لازم به ذکر است که وجود اگزالات و تیترات در برخی از ارقام تاج خروس سبب شده است که اثرات مفید آن در تغذیه دام کاهش یابد (۱۲). اما رضایی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که غلظت اگزالات و نیترات در تاج خروس سبز کمتر از حد مسمومیت‌زا برای نشخوارکنندگان است (۱۹). در گزارش اسلوگ و همکاران (۲۰۰۱) درصد NDF در ارقام مختلف تاج خروس بین ۳۸ تا ۴۵ درصد بود (۲۰). رضایی و همکاران (۲۰۰۹) نیز درصد NDF تاج خروس سبز را ۴۴/۶ درصد گزارش کردند که بیشتر از مقدار به دست آمده در تحقیق حاضر می‌باشد. علت این تفاوت احتمالاً مربوط به شرایط محیطی، سن گیاه و غیره می‌باشد (۱۹).

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سیلاژها: نتایج مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی علوفه‌های تاج خروس و ذرت در جدول ۲ ارایه گردیده است. بین هر دو نوع علوفه از نظر مقدار pH، درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب و نیتروژن آمونیاکی در هر ۳ زمان نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و در این رابطه، مقدار pH و نیتروژن آمونیاکی در علوفه تاج خروس بالاتر از علوفه ذرت بود. اما درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب در علوفه تاج خروس پایین‌تر از علوفه ذرت بود ($P<0/05$). سیلو کردن علوفه‌ها (اثر زمان) نیز باعث کاهش معنی‌دار pH و کربوهیدرات‌های محلول در آب در فاصله زمانی بین روز صفر تا ۴۰ شد. در مطالعه کریمی رهجردی و همکاران (۲۰۱۵) درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب در علوفه ذرت و تاج خروس به ترتیب ۱۱/۲ و ۵/۸۹ درصد ماده خشک بود که تا حدودی با نتایج ما تفاوت داشت (۱۲). بیان شده است که ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی یک سیلاژ بستگی به عوامل متعددی دارد. برخی از این عوامل بیولوژیکی و برخی دیگر تکنیکی هستند. به‌طور کلی فاکتورهایی که در این زمینه نقش دارند، شامل واریته گیاه، مرحله بلوغ، محتوای ماده خشک در موقع برداشت، طول و اندازه قطعات خرد شده، نحوه سیلو کردن، شرایط آب و هوایی و نوع افزودنی به‌کار رفته در سیلو می‌باشد (۱۳). کریمی رهجردی و همکاران (۲۰۱۵) بعد از ۵ ماه سیلو کردن، مقدار pH سیلاژهای تاج خروس و ذرت را به‌ترتیب ۴/۲ و ۳/۸۲ و مقدار نیتروژن آمونیاکی آنها را نیز به‌ترتیب ۴/۲۰ و ۳/۵۲ درصد از کل نیتروژن گزارش کردند (۱۲). مطابق جدول ۲، مقدار pH در روز ۶۰ در مقایسه با روز ۴۰ اندکی افزایش نشان داد. اما این افزایش معنی‌دار نبود. یکی از دلایل افزایش pH در روز ۶۰ پس از سیلو کردن را می‌توان مربوط به افزایش میزان نیتروژن آمونیاکی آن دانست، هر چند که این افزایش قابل ملاحظه نیست. زیرا آمونیاک به دلیل خاصیت قلیایی، می‌تواند باعث افزایش pH سیلاژ گردد. مقدار pH مطلوب برای یک سیلاژ در محدوده ۴/۲–۳/۸ می‌باشد (۸). در تحقیق حاضر، مقدار pH سیلاژ

ذرت در زمان‌های ۴۰ و ۶۰ روز پس از سیلو کردن در حد مطلوب بود (به‌ترتیب ۳/۵۹ و ۳/۶۱). اما مقدار pH سیلاژ تاج خروس در هر دو زمان فوق بالاتر از مقدار گزارش شده توسط کریمی رهجردی و همکاران (۲۰۱۵) بود. این تفاوت احتمالاً به‌دلیل تفاوت در رقم گیاه، مرحله رشد، نحوه برداشت و سیلو کردن می‌تواند باشد. مقدار pH یک سیلاژ به‌شدت تحت تأثیر درصد DM و کربوهیدرات‌های محلول در آب آن قرار دارد. در مطالعه ما، مقدار pH بالاتر در سیلاژ تاج خروس به‌دلیل نوع گیاه، مرحله رشد آن، درصد بالاتر DM و درصد پایین تر کربوهیدرات‌های محلول در آب آن و نیز اثر متقابل بین سایر ترکیبات شیمیایی موجود در آن در قبل از سیلو کردن می‌باشد (۱۲).

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سیلاژ تاج خروس و ذرت در زمان‌های مختلف سیلو کردن

Table 2. Physical and chemical characteristics of amaranth and corn silages at different ensiling times

NH_3-N	WSC	pH	نوع علوفه Forage type	زمان نمونه‌برداری Sampling time
			علوفه تاج خروس	
1.60 [a]	3.73 [b]	5.38 [a]	Amaranth forage	
			علوفه ذرت	روز صفر
0.33 [b]	20.02 [a]	5.70 [b]	Corn forage	Day 0
0.057	1.766	0.037	SEM	
<0.0001	<0.0001	0.0002	P-value	
			سیلاژ تاج خروس	
1.67 [a]	1.35 [b]	4.40 [a]	Amaranth silage	
			سیلاژ ذرت	روز ۴۰
0.33 [b]	3.52 [a]	3.59 [b]	Corn silage	Day 40
0.063	0.176	0.089	SEM	
<0.0001	<0.0001	<0.0001	P-value	
			سیلاژ تاج خروس	
1.72 [a]	0.53 [b]	4.54 [a]	Amaranth silage	
			سیلاژ ذرت	روز ۶۰
0.40 [b]	0.87 [a]	3.61 [b]	Corn silage	Day 60
0.077	0.043	0.058	SEM	
<0.0001	0.0002	<0.0001	P-value	
			روز صفر	
0.96	11.88 [a]	5.54 [a]	Day 0	
			روز ۴۰	
1.00	2.44 [b]	4.00 [b]	Day 40	اثر زمان
			روز ۶۰	Ensiling time
1.06	0.70 [c]	4.07 [b]	Day 60	
0.047	0.618	0.046	SEM	
0.1227	<0.0001	<0.0001	P-value	
0.7755	<0.0001	<0.0001	P-value	زمان × تیمار Treat × Time

WSC: کربوهیدرات‌های محلول در آب (برحسب درصد ماده خشک)، NH_3-N: نیتروژن آمونیاکی (بر حسب درصدی از کل ماده خشک).

حروف متفاوت در هر ستون و هر بخش بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد می‌باشد.

SEM : خطای استاندارد بین میانگین‌ها.

WSC: water soluble carbohydrate (% DM), NH3-N: ammonia-N (% total N).
Means with different superscript letters in columns are significantly different (P<0.05).
SEM: Standard error of mean

پایین بودن درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب در علوفه تاج خروس باعث شد که کیفیت سیلاژ آن نسبت به سیلاژ ذرت پایین‌تر باشد. زیرا بالا بودن مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب ، شانس تولید یک سیلاژ مرغوب را افزایش می‌دهد (۱۳). از نظر تئوری مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب برای یک تخمیر مناسب در حدود ۶-۷ درصد ماده خشک توصیه می‌شود (۳). سطح کربوهیدرات‌های محلول در آب تحت تاثیر عواملی مانند گونه، رقم، تغییرات آب و هوا، مصرف کودهای شیمیایی و مرحله برداشت علوفه قرار دارد و غلظت آن با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد (۱۳). بخش کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه در طی سیلو کردن توسط میکروارگانیزم‌ها، به‌ویژه باکتری‌های تولید کنندهٔ اسید لاکتیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. با تولید اسید لاکتیک، pH سیلاژ به حد مناسب کاهش می‌یابد. بعد از تخمیر مقدار اندکی کربوهیدرات‌های محلول در آب باقی می‌ماند که معمولا مقدار آن کمتر از ۲ درصد مادهٔ خشک است و غالبا علاوه بر گلوکز و فروکتوز حاوی پنتوزها نیز می‌باشد که این ترکیبات از فعالیت آنزیمی و هیدرولیز اسیدی همی‌سلولزها آزاد می‌شود (۱۴). گزارش شده است که اگر میزان نیتروژن آمونیاکی کمتر از ۵ درصد نیتروژن کل باشد، کیفیت تخمیر عالی بوده و سیلاژ ایده‌آل خواهد بود (۶).

در تحقیق حاضر، درصد نیتروژن آمونیاکی در هر دو علوفه مورد مطالعه کمتر از مقدار فوق بود. اما درصد آن در تاج خروس در هر ۳ زمان نمونه‌برداری بالاتر از سیلاژ ذرت بود. این وضعیت ممکن است به‌خاطر بالا بودن درصد CP در علوفه تاج خروس و نیز pH سیلاژ تاج خروس در مقایسه با سیلاژ ذرت باشد (۱۲). سرعت کاهش pH عامل مهمی در تعیین میزان تجزیه پروتئین است. اگر کاهش pH به آهستگی انجام گیرد، پروتئین بیشتری تجزیه خواهد شد. وجود مقادیر پایین کربوهیدرات‌های محلول در آب ، بالا بودن پروتئین‌ها و ظرفیت بافری، منجر به کاهش آهسته pH در سیلاژ می‌گردد که نتیجه آن مقاومت بیشتر میکروارگانیزم‌های نامطلوب و پایداری آنها در سیلاژ شده و لذا دآمیناسیون اسیدهای آمینه افزایش خواهد یافت. این پدیده باعث افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی می‌گردد (۱۴).

غلظت اسیدهای چرب فرار: نتایج مربوط به غلظت اسیدهای چرب فرار موجود در علوفه تاج خروس و ذرت در جدول ۳ ارائه شده است. غلظت اسید استیک، اسید پروپیونیک و کل اسیدهای چرب فرار در هر دو دوره نمونه-برداری (روزهای ۴۰ و ۶۰) در علوفه تاج خروس به طور معنی‌داری بیشتر از علوفه ذرت بود ($P<0/05$). اما در رابطه با اثر زمان نمونه‌برداری، فقط غلظت اسید پروپیونیک تحت تأثیر اثر زمان قرار گرفت و با افزایش زمان سیلو کردن، مقدار آن کاهش معنی‌دار نشان داد ($P<0/05$). مشابه نتایج ما، در مطالعه کریمی رهجردی و همکاران (۲۰۱۵) پس از گذشت ۵ ماه از زمان سیلو کردن، غلظت اسید استیک، اسید پروپیونیک و اسید بوتیریک در سیلاژ تاج خروس به‌ترتیب ۱/۲۰، ۰/۰۷۸ و ۰/۰۴۷ درصد ماده خشک بود (۱۲).

سیلاژهای لاکتیکی حاوی مقادیر اندکی اسید استیک بوده و ممکن است مقادیر ناچیزی از اسیدهای بوتیریک و پروپیونیک نیز در آنها وجود داشته باشد (۱۳). افزایش غلظت اسیدهای چرب فرار در سیلاژ حاکی از بروز یک تخمیر نامناسب یا تخمیر ثانویه اسید لاکتیک به اسید بوتیریک و تجزیه اسیدهای آمینه به آمونیاک و تولید اسید استیک از اسکلت کربنی آنها و نیز اسکلت کربنی کربوهیدرات‌های شکسته شده است. سیلاژهای لاکتیکی مطلوب‌تر هستند، زیرا قدرت اسیدیته اسید لاکتیک در مقایسه با سایر اسیدهای فرار تولید شده در سیلو بیشتر است. تحت چنین شرایطی، اتلاف ماده خشک و انرژی سیلو نیز به حداقل می‌رسد (۱۴). بر اساس گزارش مک‌دونالد و همکاران (۱۹۹۱) افزایش مقدار آمونیاک در سیلاژ نشان‌دهنده تخمیر کلستریدیومی می‌باشد (۱۴). زیرا این باکتری‌ها اسیدهای آمینه را به آمونیاک و سایر ترکیبات تخمیر می‌کنند. این مسیرها سبب اتلاف انرژی و ماده خشک سیلاژ می‌گردد (۱۶).

گروه دیگر باکتری‌های بی‌هوازی، انتروباکترها هستند که معمولاً در pH بالاتر از ۵ فعالیت می‌کنند. این باکتری‌ها، قندها را عمدتاً به اسید استیک تخمیر می‌کنند. از آنجا که اسید استیک در مقایسه با اسید لاکتیک، اسید ضعیفتری می‌باشد، لذا به دلیل عدم تثبیت pH در سیلو، این باکتری‌ها فعال شده و سبب اتلاف ماده خشک و انرژی در سیلو می‌شوند. لازم به ذکر است که در شرایطی که تخمیر سیلو از نوع لاکتیکی باشد، فعالیت این‌ها کاهش می‌یابد و افزایش تولید اسید لاکتیک سبب ممانعت از فعالیت این باکتری‌ها می‌شود (۱۴).

جدول ۳: غلظت اسیدهای چرب فرار در سیلاژهای تاج خروس و ذرت (برحسب درصد ماده خشک)

Table 3. Volatile fatty acids concentration in amaranth and corn silage (based on DM %)

زمان نمونه‌برداری Sampling time	نوع علوفه Forage type	اسید استیک Acetic acid	اسید پروپیونیک Propionic acid	اسید بوتیریک Butyric acid	کل اسیدهای چرب فرار Total VFA
روز ۴۰	سیلاژ تاج خروس				
Day 40	Amaranth silage	1.084 [a]	0.048 [a]	0.026 [a]	1.157 [a]
	سیلاژ ذرت				
	Corn silage	0.590 [b]	0.000 [b]	0.000 [b]	0.590 [b]
	SEM	0.074	0.003	0.058	0.075
	P-value	0.0006	<0.0001	<0.0001	<0.0001
روز ۶۰	سیلاژ تاج خروس				
Day 60	Amaranth silage	1.029 [a]	0.036 [a]	0.0007	1.072 [a]
	سیلاژ ذرت				
	Corn silage	0.527 [b]	0.001 [b]	0.013	0.541 [b]
	SEM	0.032	0.005	0.006	0.034
	P-value	<0.0001	<0.0001	0.3683	<0.0001
اثر زمان	روز ۴۰				
Ensiling time	Day 40	0.837	0.024 [a]	0.013	0.874
	روز ۶۰				
	Day 60	0.778	0.018 [b]	0.010	0.806
	SEM	0.044	0.001	0.003	0.044
	P-value	0.2068	0.0028	0.4076	0.1609
زمان × تیمار Treat × Time	P-value	0.9350	0.0021	0.0006	0.6945

حروف متفاوت در هر ستون و هر بخش بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد می‌باشد.

SEM : خطای استاندارد بین میانگین‌ها.

Means with different superscript letters in columns are significantly different (P<0.05).
SEM: Standard error of mean

قابلیت **هضم برون‌تنی:** نتایج مربوط به تعیین قابلیت هضم که از طریق روش برون تنی به‌دست آمده است، در جدول ۴ ارایه شده است. بر اساس جدول فوق، درصد قابلیت هضم ماده خشک به جز در زمان‌های ۴۰ و ۶۰، درصد قابلیت هضم ماده آلی و محتوای ماده آلی قابل هضم در هر دو علوفه تاج خروس و ذرت در هیچ یک از ۳ زمان نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری با هم نشان ندادند. اما با سیلو کردن علوفه‌ها (اثر زمان)، درصد قابلیت هضم ماده آلی و محتوای ماده آلی قابل هضم تفاوت معنی‌داری نشان دادند (P<۰/۰۵).

کاهش قابلیت هضم پس از سیلو کردن ممکن است به کاهش میزان کربوهیدرات‌های محلول آن مربوط باشد. زیرا این بخش به‌عنوان یک منبع تأمین کننده انرژی برای میکروارگانیسم‌ها در سیلاژ محسوب می‌گردد (۲۵). همچنین خروج مواد مغذی از طریق خروج شیرابه و حذف مواد سهل الهضم در طول زمان تخمیر می‌تواند منجر به کاهش قابلیت هضم ماده خشک گردد. قابلیت هضم ماده خشک علوفه تاج‌خروس در ارقام مختلف از ۵۹ تا ۷۲ درصد متغیر گزارش شده است. همچنین، قابلیت هضم آن تحت تاثیر گونه و رقم گیاه قرار می‌گیرد (۲۰). در تحقیق اسویراسکیس(۲۰۰۳) درصد قابلیت هضم دو رقم تاج‌خروس به ترتیب ۶۰ و ۶۳/۵ درصد بود (۲۳). در مطالعه کریمی رهجردی و همکاران (۲۰۱۵) نیز درصد قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی به‌روش درون‌تنی در سیلاژ تاج خروس به‌ترتیب ۶۸/۰ و ۷۲/۰ درصد و در سیلاژ ذرت ۶۶/۵ و ۷۰/۱ درصد بود (۱۲). رضایی و همکاران (۲۰۰۹) نیز درصد قابلیت هضم ماده خشک تاج خروس قبل و بعد از سیلو کردن را به ترتیب ۷۱/۲ و ۷۰/۳ درصد گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۱۸). در این رابطه، گزارش شده است که کاهش قابلیت هضم یک علوفه بعد از سیلو کردن (در مقایسه با زمان قبل از سیلو کردن آن) می‌تواند به دلیل کاهش مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب آن و تخلیه سوبستراهای قابل تخمیر آن در طول زمان سیلو کردن باشد (۱۹).

جدول ۴: قابلیت هضم برون‌تنی سیلاژ تاج خروس و ذرت در زمان‌های مختلف سیلو کردن (درصد)

Table 4. *In vitro* digestibility of amaranth and corn silages at different ensiling times (Percentage)

زمان نمونه‌برداری Sampling time	نوع علوفه Forage type	قابلیت هضم ماده خشک DMD	قابلیت هضم ماده آلی OMD	محتوای ماده آلی قابل هضم DOMD
روز صفر	علوفه تاج خروس			
Day 0	Amaranth forage	71.30	68.78	59.58
	علوفه ذرت			
	Corn forage	68.15	67.32	63.24
	SEM	1.787	1.814	1.593
	P-value	0.1284	0.4507	0.0615
روز ۴۰	سیلاژ تاج خروس			
Day 40	Amaranth silage	69.95 [a]	66.67	57.08
	سیلاژ ذرت			
	Corn silage	66.10 [b]	63.55	58.74
	SEM	1.222	1.346	1.199
	P-value	0.0198	0.0596	0.2167
روز ۶۰	سیلاژ تاج خروس			
Day 60	Amaranth silage	69.65 [a]	65.66	56.19
	سیلاژ ذرت			
	Corn silage	65.60 [b]	63.44	58.71
	SEM	0.946	1.149	1.080
	P-value	0.0052	0.1016	0.0583
اثر زمان	روز صفر			
Ensiling time	Day 0	69.72	68.05 [a]	61.41 [a]
	روز ۴۰			
	Day 40	68.02	65.11 [b]	57.91 [b]
	روز ۶۰			
	Day 60	67.62	64.55 [b]	57.45 [b]
	SEM	1.000	1.084	0.972
	P-value	0.1148	0.0113	0.0016
زمان × تیمار	P-value	0.8951	0.7502	0.5973

Treat × Time

DMD : قابل هضم ماده خشک، OMD : قابلیت هضم ماده آلی، DOMD: محتوای ماده آلی قابل هضم
حروف متفاوت در هر ستون و هر بخش بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد می‌باشد.
SEM : خطای استاندارد بین میانگین‌ها.

DMD: Dry matter digestibility, OMD: organic matter digestibility, DOMD: organic matter in dry matter digestibility
WSC: water soluble carbohydrate (% DM), NH3-N: ammonia-N (% total N).
Means with different superscript letters in columns are significantly different (P<0.05).
SEM: Standard error of mean

آزمون تولید گاز: نتایج مربوط به فراسنجه‌های تخمیر شکمبه در آزمون تولید گاز در جدول ۵ ارایه شده است. مطابق جدول فوق، حداکثر ظرفیت تولید گاز (b) در علوفه تاج خروس در هر سه دوره نمونه‌برداری به طور معنی‌داری کمتر از علوفه ذرت بود (P<۰/۰۵). اما سرعت تولید گاز (c) و زمان تأخیر (L) در علوفه تاج خروس بیشتر از علوفه ذرت شد (هر چند که مقدار L در هر دو علوفه در روز ۶۰ تفاوت معنی‌داری نشان نداد). اثر زمان نیز بر روی پارامترهای فوق معنی‌دار شد و با افزایش زمان سیلو کردن، این پارامترها در هر دو علوفه تغییر معنی‌داری نشان دادند (P<۰/۰۵).

در فاز تأخیر، جمعیت میکروبی شکمبه تکثیر می‌یابد و بر روی ذرات خوراک کلنی تشکیل می‌شود. این فرآیند برای هضم ترکیبات نامحلول خوراک ضروری است. این فاکتور عمدتاً تحت تأثیر محتوای دیواره سلولی غیر قابل هضم و نیز میزان ترکیبات ضد مغذی علوفه می‌باشد (۷). همانطور که قبلا اشاره شد، علوفه تاج خروس به‌دلیل دارا بودن اگزالات، می‌تواند اثر منفی بر فعالیت میکروبی شکمبه داشته باشد. لذا، زمان تأخیر آن در مقایسه با علوفه ذرت در زمان‌های صفر و ۴۰ افزایش معنی‌داری نشان داد. اما در زمان ۶۰ سیلو کردن، احتمالاً بخشی از این ماده ضد تغذیه‌ای در حین سیلو کردن تخریب شد و سبب گردید که زمان تأخیر آن تفاوت معنی‌داری با علوفه ذرت نشان ندهد. کاهش حجم تولید گاز و سرعت تولید گاز (c) و نیز افزایش زمان تأخیر (L) با افزایش زمان سیلو کردن می‌تواند به‌دلیل کاهش میزان کربوهیدرات‌های محلول در سیلو مربوط باشد. زیرا این ترکیبات، منبع تأمین کننده انرژی برای میکروارگانیسم‌های شکمبه محسوب می‌شوند (۲۵). تولید گاز ناشی از تخمیر کربوهیدرات‌ها به استات، پروپیونات و بوتیرات است (۱۵). همچنین، تفاوت در محتوای ترکیب شیمیایی خوراک‌ها مثل نشاسته، کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی، ماده آلی، پروتئین خام، دیواره سلولی، دیواره سلولی فاقد همی سلولز و محتوای کربوهیدرات‌های محلول می‌تواند منجر به تفاوت در میزان تولید گاز شود (۹). بر خلاف نتایج تلی و تری (جدول ۴) که قابلیت هضم هر دو علوفه در هر ۳ دوره زمان سیلو کردن عمدتاً تفاوت چندانی نداشتند، اما مطابق نتایج جدول ۵، حجم گاز تولید شده در سیلاژ تاج خروس در هر ۳ دوره نمونه‌برداری به طور معنی‌داری کمتر از سیلاژ ذرت بود. ممکن است تفاوت فرآیند تولید گاز در آزمون تولید گاز (هضم میکروبی و شکمبه‌ای) با روند هضم در آزمایش تلی و تری (هضم میکروبی + هضم اسیدی و آنزیمی) در این خصوص اثر گذار باشد. کاهش تولید گاز در علوفه تاج - خروس در مقایسه با علوفه ذرت احتمالاً مربوط به پایین بودن درصد ماده آلی و کربوهیدرات‌های محلول در آب در علوفه تاج خروس می‌باشد. زیرا اینها به‌عنوان منبع انرژی و سوبسترای حیاتی برای رشد میکروارگانیسم‌های شکمبه هستند. لذا با کاهش منبع انرژی، فعالیت متابولیکی آنها در شکمبه کاهش یافته و به تبع آن قابلیت هضم نیز کاهش می‌یابد (۲۵).

لازم به ذکر است که آزمون تولید گاز فقط صرفا هضم میکروبی است. اما آزمایش تلی و تری هضم میکروبی توأم با هضم اسیدی است. از آنجا که هضم اسیدی می‌تواند اجزای خوراک را به‌طور متفاوت‌تری در مقایسه با هضم میکروبی هضم کند، لذا نسبت به آزمون تولید گاز نتایج متفاوتی می‌تواند داشته باشد. همچنین، علی‌رغم اینکه در

علوفه ذرت مواد بازدارنده وجود ندارد، اما علوفه تاج خروس حاوی اگزالات و نیترات است (۱۲). اگزالات می‌توانند از طریق کاهش فعالیت میکروبی در شکمبه در فرآیند تولید گاز اخلال ایجاد کنند (۴). اما در روش تلی و تری (در مرحله هضم اسیدی)، این ترکیبات ممکن است اثرگذار نباشند.

جدول ۵: فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای به‌دست آمده از آزمون تولید گاز (به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)

Table 5. Ruminal fermentation kinetics obtained by gas test technique (for 200 mg DM)

L	c	b	نوع علوفه Forage type	زمان نمونه‌برداری Sampling time
0.173 a	0.127 a	56.85 b	علوفه تاج خروس Amaranth forage	روز صفر Day 0
0.000 b	0.077 b	74.86 a	علوفه ذرت Corn forage	
0.031	0.002	0.973	SEM	
<0.0001	<0.0001	<0.0001	P-value	
0.436 a	0.109 a	51.18 b	سیلاژ تاج خروس Amaranth silage	روز ۴۰ Day 40
0.177 b	0.046 b	73.69 a	سیلاژ ذرت Corn silage	
0.048	0.002	1.212	SEM	
0.0017	<0.0001	<0.0001	P-value	
0.342	0.107 a	50.93 b	سیلاژ تاج خروس Amaranth silage	روز ۶۰ Day 60
0.276	0.042 b	72.75 a	سیلاژ ذرت Corn silage	
0.036	0.001	0.993	SEM	
0.1204	<0.0001	<0.0001	P-value	
0.087 b	0.102 a	65.86 a	روز صفر Day 0	اثر زمان Ensiling time
0.306 a	0.078 b	62.44 b	روز ۴۰ Day 40	
0.309 a	0.075 b	61.84 b	روز ۶۰ Day 60	
0.029	0.001	0.671	SEM	
<0.0001	<0.0001	<0.0001	P-value	
0.0142	0.0006	0.0087	P-value	زمان × تیمار Treat × Time

b: حداکثر ظرفیت تولید گاز (میلی‌لیتر بر ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک)، c: سرعت تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت)،L : فاز تأخیر (ساعت).

حروف متفاوت در هر ستون و هر بخش بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد می‌باشد.

SEM : خطای استاندارد بین میانگین‌ها.

b: asymptotic gas volume (ml/200mg DM), c: rate parameter (ml.h-1). L: lag time (h).
Means with different superscript letters in columns are significantly different (P<0.05).
SEM: Standard error of mean

نتیجه‌گیری کلی

بالا بودن درصد پروتئین خام و پایین بودن درصد دیواره سلولی و دیواره سلولی فاقد همی سلولز در علوفه تاج خروس در مقایسه با علوفه ذرت، نشانه کیفیت مناسب آن می‌باشد. درصد قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و ماده آلی قابل هضم در ماده خشک در علوفه تاج خروس نسبتاً بالا بود. همچنین، درصد قابلیت هضم هر دو گیاه با سیلو کردن کاهش یافت. بر اساس نتایج مربوط به ترکیب شیمیایی و خصوصیات سیلاژ تاج خروس، این گیاه می‌تواند به‌صورت سیلو شده در تغذیه دام مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1. AOAC. 1990. Official methods of analysis, 15thed. Association of official analytical chemists. 15th ed. Arlington, VA.
2. Aynehband, A., Aghasizadez, V., and Meskarbashi, M. 2007. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of amaranth cultivars in different planting dates. Iranian Journal of Field Crops Research. 5: 221-228 (In Persian)
3. Bai, C.S., Zhang, R.Z., Jiang, C., Yan, R., Han, J.G., Zhu, Y., and Zhang, Y.J. 2011. Characterization of carbohydrate fractions and fermentation quality in ensiled alfalfa treated with different additives. African Journal of Biotechnology. 10: 9958-9968.
4. Ben Salem, H., Nefzaoui, A., and Ben Salem, L. 2002. Supplementation of *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage-based diets with barley or shrubs from arid areas (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis* and *Atriplex nummularia* L.) on growth and digestibility in lambs. Animal Feed Science and Technology. 96: 15-30.
5. Blummel, M., and Orskov, E.R. 1993. Comparison of *in vitro* gas production and *nylon bag* degradability of roughages in predicting of food intake in cattle. Animal Feed Science and Technology. 40: 109–119.
6. Chamberlain, A.T., and Wilkinson, J.M. 2000. Feeding the Dairy Cow. 2nd Edition. Holcombe Publication, Lincoln, UK.
7. Dehority, B.A. 2003. Rumen Microbiology. Nottingham University Press, Nottingham, Uk, 380p.
8. Faitfull, N.T. 2002. Methods in Agricultural Chemical Analysis: a Practical Handbook. CAB International. Institute of Rural Studies, University of Wales, Aberystwyth, UK, 266p.
9. Getachew, G., Peters, E.J., and Robinson, P.H. 2004. *In vitro* gas production provides effective method for assessing ruminant feeds. California Agriculture. 58: 1-12.
10. Grum, D.E., Shockey, W.L., and Weiss, W.P. 1991. Electrophoretic examination of alfalfa silage proteins. Journal of Dairy Science. 74: 146-154.
11. Henderson, T., Johnson, B., and Schneiter, A. 2000. Row spacing, plant population and cultivar effects on grain amaranth in the Northern Great Plains. Agronomy Journal. 92: 329-336.
12. Karimi-Rahjerdi, N., Rouzbehan,Y., Fazaeli,H., and Rezaei,J. 2015. Chemical composition, fermentation characteristics, digestibility, and degradability of silages from two amaranth varieties (Kharkovskiy and Sem), corn, and an amaranth–corn combination1. Journal of Animal Science. 93: 5781–5790.
13. McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., and Morgan, C.A. 1995. Animal Nutrition. Longman Scientific and Technical, New York. USA, 607p.
14. McDonald, P., Henderson, A.R., and Herson, S.J.E. 1991. The Biochemistry of Silage, 2nd edition. Chalcombe Publication, Marlow, UK, 340p.
15. Menke, K.H., and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analyses and gas production using rumen fluid. Animal Research and Development. 28: 7-55.
16. Muck, R.E. 1996. Inoculation of silage and its effect on silage quality. In Proceedings of the Dairy Forage Research Center Conference with Dairy and Forage Industries, pp. 43–51. Madison, WI, US Dairy Forage Research Centre
17. NRC 1985. Nutrient Requirements of Sheep. National Academy Press, Washington, DC USA.
18. Rezaei, J., Rouzbehan,Y., Fazaeli, H., and Zahedifar, M. 2014. Effects of substituting amaranth silage for corn silage on intake, growth performance, diet digestibility, microbial protein, nitrogen retention and ruminal fermentation in fattening lambs. Animal Feed Science and Technology. 192: 29–38.
19. Rezaei, J., Rouzbehana, Y., and Fazaeli, H. 2009. Nutritive value of fresh and ensiled amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) treated with different levels of molasses. Journal of Animal Feed Science and Technology. 151: 153–160.

20. Sleugh, B.B., Moore, K.J., Brummer, E.C., Knapp, A.D., Russel, J., and Gibson, L. 2001. Forage nutritive value of various amaranth species at different harvest dates. Crop Science. 41: 466–472.
21. Stallknecht, G.F., and Schulz-Schaeffer, J.R. 1993. Amaranth Rediscovered. In J. Janick and J.E. Simon eds., New crops. New York, Wiley, USA. Pp. 211-218.
22. Stuchbury, T., and Scaife, J.R. 1991. Practical Manual: Farm animal biochemistry. Department of Agricaltural Biochemistry, Aberdeen University, U. K.
23. Svirskis, A. 2003. Investigation of amaranth cultivation and utilization in Lithuania. Agronomy Research. 1: 253–264.
24. Tilly, J.M.A., and Terry, R.A. 1963. A two stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society. 18: 104-111.
25. Van Soest P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant, 2nd ed. Cornell University Press. Ithaca, NY.
26. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides (NSP) in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583–3597.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Ruminant Research, Vol. 5(2), 2017
http://ejrr.gau.ac.ir

Comparison of nutritional value and ruminal fermentation characteristics of ensiled green amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) with corn silage

[*]H. Aliarabi[1], H. rabbani[2], S.A. Mirhadi[3], H. Fazaeli[4] and K. Zaboli[5]
[1]Associate Prof., [2]M.Sc. graduated and [5]Assistant Prof., Dept. of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, [3]Assistant Prof., and [4]Professor, Animal Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
Received: 01/02/2017; Accepted: 07/08/2017

Abstract

Background and objectives: Today, the cultivation of forage crops that are resistant and adaptable to dry conditions and droughts is important in Iran. Therefore, recently amaranth as a crop imported from abroad has entered to crop pattern of country. Since, very little research has been conducted on the possibility of using this crop as an animal feed, so, the aim of this study was to investigate the possibility of its ensiling and comparing with corn silage.

Materials and methods: Green amaranth and corn forages were chopped into 5-3 cm pieces after harvesting. In order to produce silages, both forages separately were ensiled within polyethylene pipes with a 75 cm length and a 16 cm diameter (four replicates). Silos were opened and sampled at zero, 40 and 60 days after ensiling. Chemical composition, pH, chemical characteristics (water soluble carbohydrates, ammonia nitrogen and volatile fatty acid concentrations), digestibility (*in vitro*) and ruminal fermentation kinetics (gas production test) of both silages were determined at zero, 40 and 60 days.

Results: Results showed that DM and CP of amaranth forage at all sampling times were significantly higher than those of corn forage ($P<0.05$). Differences of all chemical compositions (DM, OM, ash, CP, NDF and ADF) in both forages for day zero were significant compared with other sampling times (days 40 and 60, $P<0.05$). pH and NH_3-N in amaranth silage at the three sampling times were higher than those of corn silage ($P<0.05$). But water soluble carbohydrate (WSC) of amaranth was lower than corn silage ($P<0.05$). Also, ensiling (time effect) decreased pH and WSC in both forages from day zero to day 40, significantly ($P<0.05$). Concentrations of acetic and propionic acids and total volatile fatty acid of amaranth silage at both 40 and 60 days after ensiling were significantly higher than corn silage ($P<0.05$). Obtained results of digestibility showed that dry matter digestibility (DMD), organic matter digestibility and organic matter in dry matter digestibility at day zero were similar for both forages. However, DMD of amaranth at 40 and 60 days after ensiling was significantly higher than corn silage ($P<0.05$). Based on results of gas production test, asymptotic gas volume (b) and rate of gas production (c) at all the three sampling times in amaranth were significantly lower than its counterpart ($P<0.05$). Also, ensiling (time effect) decreased significantly the above mentioned parameters.

Conclusion: Overall, according to the appropriate level of crude protein, cell wall components and digestibility of amaranth and its silage characteristics, such as pH and amount of the water soluble carbohydrates, this forage can be used as a fine silage in animal nutrition.

Keywords: Chemical composition, Digestibility, Ruminal fermentation kinetics, Amaranth forage.

[*]Corresponding author; h_aliarabi@yahoo.com