نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۲۱، زمستان ۱۳۹۷
ص‌ص: ۳۰۳~۳۱۶

ارزش غذایی سیلاژ علوفه تاج‌خروس (رقم Maria) در مقایسه با سیلاژ ذرت

- **حسین شادی**
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
- **یوسف روزبهان** (نویسنده مسئول)
دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
- **جواد رضائی**
استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
- **حسن فضائلی**
استاد مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج

تاریخ دریافت : بهمن ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش : فروردین ۱۳۹۷

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۹۰۵۴۸۱
Email: rozbeh_y@modares.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2018.121504.1682

چکیده

گیاه تاج‌خروس رقم ماریا و ذرت علوفه‌ای هرکدام در ۵ تکرار در ظرف‌های پلاستیکی برای ۶۰ روز سیلو شدند. ترکیب شیمیایی، اسید اگزالیک، نیترات و ترکیبات فنولی نمونه‌ها تعیین شد. تخمیرپذیری برون‌تنی و انرژی قابل متابولیسم با روش آزمون گاز، و تجزیه‌پذیری با استفاده از کیسه‌های نایلونی در سه رأس قوچ فیستوله‌دار اندازه‌گیری شد. پروتئین خام در علوفه تازه ذرت و تاج‌خروس به‌ترتیب ۸۰ و ۱۹۹، و در سیلاژ آن‌ها به ترتیب ۷۵ و ۱۸۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود، که نشان‌دهنده پروتئین خام بیشتر (P<۰/۰۵) در علوفه و سیلاژ تاج‌خروس نسبت به ذرت است. ذرت علوفه‌ای نسبت به تاج‌خروس مقادیر بیشتری ماده خشک، کربوهیدرات‌های محلول در آب و NDF_{om} داشت، در حالی که خاکستر خام در تاج‌خروس زیادتر بود (P<۰/۰۵). مقدار pH در سیلاژ ذرت و تاج‌خروس به ترتیب ۳/۸ و ٤/۱ بود (P<۰/۰۵). غلظت نیترات، اسید اگزالیک، مجموع ترکیبات فنلی و کل تانن در سیلاژ ذرت کمتر از سیلاژ تاج‌خروس بود (P<۰/۰۵). قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و تجزیه‌پذیری مؤثر در سیلاژ تاج‌خروس کم‌تر از سیلاژ ذرت بود (P<۰/۰۵)، اما تولید پروتئین میکروبی و پروتئین قابل متابولیسم در سیلاژ تاج‌خروس بیشتر (P<۰/۰۵) بود. به‌طور کلی، گیاه تاج‌خروس رقم ماریا از نظر ترکیب مواد مغذی و فراسنجه‌های تخمیرپذیری با ذرت علوفه‌ای قابل مقایسه بوده، و دارای پروتئین خام بیشتری است. تاج‌خروس می‌تواند سیلاژ مناسبی برای تغذیه دام در مناطق کم‌آب باشد.

واژه‌های کلیدی: تاج‌خروس، سیلاژ، تخمیر برون‌تنی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 121 pp: 303-316

Nutritive value of amaranth (var. Maria) silage in comparison with corn silage

By: Hossein Shadi[1], Yousef Rouzbehan[2]*, Javad Rezaei[3], Hassan Fazaeli[4]
1: MSc Student, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran.
2: Faculty Member, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran.
3: Faculty Member, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran.
4: Academic Stuff, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj

Received: February 2018 **Accepted: April 2018**

Forage amaranth (var. Maria) and corn were ensiled in plastic bags, for a period of 60 days, with 5 replicates. Chemical composition, oxalic acid, nitrate and phenolic compounds of the samples were measured. *In vitro* ruminal fermentation and ME were determined using a gas production technique, and *in situ* degradability by nylon bags using 3 fistulated rams. Crude protein were 80 and 199 g/kg DM for fresh corn and amaranth, and 75 and 180 g/kg DM for ensiled corn and amaranth, respectively, which indicate higher (P<0.05) protein in fresh and ensiled amaranth compared with corn. Forage corn was contained higher DM, WSC and NDF_{om} in comparison with amaranth, while ash was greater in amaranth (P<0.05). The pH of corn and amaranth silages was 3.8 and 4.1, respectively. The amounts of nitrate, oxalic acid, total phenolics and total tannin in corn silage were lower than amaranth silage (P<0.05). *In vitro* organic matter digestibility, ME and effective degradability of ensiled amaranth were lower (P<0.05) than those in corn silage, but microbial protein and metabolizable protein were greater (P<0.05) in amaranth silage. Overall, nutrients composition and fermentability parameters of amaranth (var. Maria) were comparable to corn silage, with higher crude protein content. Amaranth can be preserved as a valuable silage to feed ruminants in arid area.

Key words: amaranth, silage, in vitro fermentation, ruminal degradability.

مقدمه

محدودیت منابع آب از یک طرف و بالا بودن نیاز آبی اغلب گیاهان علوفه‌ای رایج از طرف دیگر سبب شده است تا تولید علوفه در کشور با محدودیت مواجه شود. بنابراین، امروزه سعی می‌شود بیشتر از گیاهانی استفاده شود که نیاز آبی کمتر و مقاومت به خشکی بیشتری داشته باشند. یکی از گیاهان مورد توجه در این زمینه تاج‌خروس است (Rezaei و همکاران، ۲۰۱۴).

گیاه تاج‌خروس دارای یک ساقه اصلی بوده که رأس شاخه‌های آن به گل‌آذین بزرگی ختم می‌گردد. تاج‌خروس به گیاهان تثبیت کننده CO_2 نوع C_4 تعلق دارد و مسیر متابولیسمی C_4 در این گیاه موجب افزایش کارایی مصرف CO_2 تحت دامنه وسیعی از شرایط حرارتی و رطوبتی شده است (Stallknecht و Schulz-Schaeffer، ۱۹۹۳). این گیاه دارای شاخص‌های مناسبی مانند مصرف آب کم، مقاومت زیاد به خشکی، و مقدار تولید علوفه سبز و خشک زیاد (به ترتیب ۸۵ و ۱۶/۷ تن در هکتار) است (Abbasi و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین مهم‌ترین ویژگی تغذیه‌ای تاج‌خروس، غلظت پروتئین خام زیاد است که بیشتر از علوفه ذرت می‌باشد (Rezaei و همکاران، ۲۰۱۴). بسته به رقم، سن و محیط رشد گیاه، غلظت پروتئین خام در علوفه این گیاه از ۸۰ تا ۲۹۵ گرم در کیلوگرم متفاوت بوده است (Abbasi و همکاران، ۲۰۱۲؛ Rezaei و همکاران، ۲۰۱۳). بر اساس گزارش پژوهش‌گران، مقدار ماده خشک در سیلاژ تاج‌خروس نسبت به ذرت بیشتر (۲۳۵ در مقابل ۲۲۰ گرم در کیلوگرم) بوده است. همچنین pH پایین‌تر (۳/۹ در تاج‌خروس در مقابل ۴ در ذرت)، نیتروژن آمونیاکی کم، اسیدهای چرب فرار مناسب، لاکتات زیادتر (۸۱/۸ در سیلاژ علوفه تاج‌خروس در مقابل ۷۶/۷ گرم در کیلوگرم در سیلاژ ذرت) گزارش شده است (Rezaei و

همکاران، ۲۰۱۴؛ Karimi Rahjerdi و همکاران، ۲۰۱۵).
تاکنون، ارزش غذایی و خصوصیات سیلویی برخی از رقم‌های گیاه تاج‌خروس مانند ارقام Kharkovskiy و Sem بررسی شده است و تحقیقات بر روی رقم‌های جدید با مصرف آب کمتر، تولید بالاتر و ارزش تغذیه‌ای بیشتر ادامه دارد (مهرانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Rahnama و Safaeie، ۲۰۱۷). در همین راستا، تحقیق حاضر بر روی یک رقم جدید و مقایسه آن با سیلاژ ذرت علوفه‌ای صورت گرفت. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، مقایسه ارزش غذایی یک رقم جدید (ماریا) از گیاه تاج‌خروس با ذرت علوفه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

تولید علوفه و تهیه سیلاژ

کشت آزمایشی تاج‌خروس به همراه ذرت علوفه‌ای در روستای شاداب (ارتفاع از سطح دریا حدود ۱۲۵۰ متر) از توابع شهرستان نیشابور واقع در ۱۵ کیلومتری غرب این شهرستان انجام شد. تاج‌خروس رقم ماریا در کنار ذرت علوفه‌ای (رقم ۷۰۴) در تاریخ ۱۰ خرداد ۱۳۹۶ کشت گردید. برداشت علوفه تاج‌خروس در زمان بذردهی و خمیری شدن بذر صورت پذیرفت. علوفه برداشت شده به‌وسیله چاپر دستی در اندازه‌های ۲ تا ۴ سانتی‌متر خرد شد و از هر علوفه به مقدار ۲ کیلوگرم نمونه‌برداری شد. هر علوفه در پنج واحد آزمایشی (ظرف‌های پلاستیک با ظرفیت ۲۰ لیتر) سیلو شد. سیلوها پس از گذشت ۶۰ روز (Rezaei و همکاران، ۲۰۰۹) باز شد و ضمن ارزیابی ظاهری، از آن‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت و بلافاصله pH سیلاژ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری pH سیلاژ، ۵۰ گرم از نمونه تازه در بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری توزین، و ۱۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. نمونه به خوبی با آب مخلوط شد و این حالت یک ساعت ادامه یافت. در این مدت نمونه به صورت متناوب به‌هم زده شد. پس از گذشت یک ساعت عصاره حاصل در بشر کوچک‌تری ریخته شد و pH محلول با استفاده از pH متر تعیین شد (Faithfull، ۲۰۰۲).

تعیین ترکیب شیمیایی

پیش از تجزیه شیمیایی، نمونه‌های علوفه و سیلاژ در دمای ۵۰ درجه سیلسیوس در آون برای رسیدن به وزن ثابت، خشک و سپس با آسیاب مجهز به الک با قطر منافذ یک میلی‌متر آسیاب شدند (Wiley mill, Swedesboro, USA). ماده خشک، خاکستر خام، ماده آلی، پروتئین خام و عصاره اتری در نمونه‌های علوفه تازه و سیلاژ مطابق با روش‌های AOAC (۱۹۹۸)، ADF_{om} و ADL با استفاده از روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱)، و NDF_{om} با استفاده از روش Mertens و همکاران (۲۰۰۲) تعیین گردید. کربوهیدرات‌های محلول، توسط آب مقطر از بافت گیاهی استخراج، و مطابق روش MAFF (۱۹۸۲) اندازه‌گیری شد. برای استخراج اسید اگزالیک، یک گرم نمونه به ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد و ۵۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ مولار به آن اضافه شد. ارلن‌ها برای مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب با دمای ۸۰ درجه سیلسیوس قرار داده شدند. پس از خنک شدن، حجم با افزودن اسیدکلریدریک ۲ مولار به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ (با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه) گردید (Savage و همکاران، ۲۰۰۰). سپس شدت جذب عصاره تهیه شده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. برای اندازه‌گیری غلظت کل ترکیبات فنولیک، از روش فولین شیکالتو به‌عنوان معرف و اسید تانیک به‌عنوان استاندارد استفاده شد (Makkar، ۲۰۰۰). برای تعیین ترکیبات فنلی غیر تانینی، پلی وینیل پیریدون نامحلول (PVPP) به عصاره استخراج‌شده از نمونه گیاهی به نسبت ۵ میلی‌لیتر آب به ۱ میلی‌لیتر PVPP اضافه گردید و غلظت کل تانن‌ها از اختلاف کل ترکیبات فنلی از کل ترکیبات فنلی غیر تانینی محاسبه شد (Makkar، ۲۰۰۰). نیترات طبق گزارش Singh (۱۹۸۸) با استفاده از روش کالری‌متری بعد از احیا (روش دی آزو) تعیین شد. برای تعیین تخمیرپذیری برون‌تنی نمونه‌ها از روش تولید گاز آزمایشگاهی استفاده شد. ضریب گوارش پذیری ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم توسط آزمون تولید گاز مطابق با روش Menke و همکاران (۱۹۷۹) تعیین شد. شیرابه شکمبه از ۳ رأس گوسفند شال، مجهز به فیستوله

شکمبه تهیه شد. گوارش‌پذیری ماده آلی (OMD) با استفاده از حجم گاز حاصل از تخمیر ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در طول ۲۴ ساعت و رابطه زیر محاسبه شد (Menke و Steingass، ۱۹۸۸).

$$OMD = ۱۴/۸۸ + ۰/۸۸۹۳\ GP + ۰/۰۴۴۸\ XP + ۰/۰۶۵۱\ XA$$

OMD: قابلیت هضم ماده آلی، GP: حجم گاز تولیدی تصحیح شده برای ۲۴ ساعت (ml/200 mg DM) XP پروتئین خام (g/kg DM)، XA: خاکستر خام (g/kg DM).

مقدار ME با رابطه زیر محاسبه شد (Menke و Steingass، ۱۹۸۸).

$$ME = ۲/۲ + ۰/۱۳۵۷\ GP + ۰/۰۰۵۷\ XP + ۰/۰۰۰۰۲۸۵۹\ XP^{۲}$$

ME: انرژی قابل متابولیسم (MJ/kg DM)، GP: حجم گاز تولیدی (ml/200 mg DM in 24 h)، XP: پروتئین خام (g/kg DM).

سوبسترای تجزیه‌شده حقیقی (TDS)، عامل تفکیک (PF) و تولید پروتئین میکروبی بر اساس روش Blummel و همکاران (۱۹۹۷) برآورد شد. برای تعیین PF، مقدار سوبسترای تجزیه‌شده حقیقی (mg) بر حجم گاز تولیدی خالص (mL) حاصل از تخمیر همان مقدار نمونه تقسیم گردید.

$$TDS = DM_1 - DM_2$$

در رابطه مذکور، TDS سوبسترای تجزیه‌شده حقیقی، DM_1 وزن ماده خشک پیش از انکوباسیون و DM_2 وزن ماده خشک تجزیه نشده پس از انکوباسیون در سرنگ‌های گاز تست، و جوشانده شده در شوینده خنثی بود.

مقادیر گاز متان تولیدی با استفاده از روش Anele و همکاران (۲۰۱۱) اندازه‌گیری شد.

تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام با استفاده از کیسه‌هایی از جنس الیاف پلی‌استر مصنوعی، با اندازه قطر منافذ ۴۰ تا ۴۵ میکرون و با ابعاد ۲۱×۱۰ سانتیمتر مطابق با روش استاندارد (AFRC, 1992) برآورد شد. کیسه‌ها داخل شکمبه سه رأس گوسفند فیستوله‌دار نر بالغ نژاد شال (با وزن زنده حدود ۶۰ کیلوگرم) با جیره نگهداری ۶۰ درصد یونجه خشک‌شده و ۴۰ درصد جو و ذرت بلغور شده به مدت ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت مورد انکوباسیون قرار داده شد و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Ørskov و McDonald، ۱۹۷۹).

۱) پتانسیل تجزیه‌پذیری (Y):

$$Y = a + b\ (1- e^{(-ct)})$$

در رابطه بالا Y تجزیه‌پذیری، a بخش قابل‌حل در آب و به‌سرعت تجزیه شونده، b بخش غیرقابل‌حل در آب اما بالقوه قابل‌تجزیه، c مقدار ثابت تجزیه‌پذیری بخش b در واحد زمان، t زمان و e لگاریتم نپرین است.

۲) تجزیه‌پذیری مؤثر (ED):

$$ED\ (g/kg\ DM) = a + [(b \times c) / (c + k)]$$

در رابطه مذکور، ED تجزیه‌پذیری مؤثر و k نرخ کسری عبور ذرات از شکمبه بود که مقدار آن برابر با ۰/۰۵ (fraction/h) در نظر گرفته شد.

درنهایت مقدار ERDP، DUP و MP از طریق معادلات ارائه‌شده توسط AFRC (۱۹۹۲) محاسبه شد.

$$ERDP= 0.8\ RDP + SDP$$
$$DUP= 0.9\ (UDP - ADIN \times 6.25)$$
$$MP= 0.64\ ERDP + DUP$$

تجزیه آماری

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از رویه GLM و توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ در قالب طرح کاملاً تصادفی متعادل با ۲ تیمار (تاج‌خروس و ذرت علوفه‌ای) و ۵ تکرار صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد.

مدل آماری استفاده‌شده به‌صورت $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ بود. که در این مدل ، Y_{ij} مقدار عددی هر مشاهده، μ میانگین، T_i اثر تیمار و e_{ij} خطای آزمایشی است.

نتایج و بحث

محتوای پروتئین خام علوفه و سیلاژ تاج‌خروس بیشتر ($P<0/05$) از ذرت علوفه‌ای بود (جدول ۱)، که می‌تواند به‌عنوان یک مزیت مهم محسوب شود، مخصوصاً هنگامی‌که پروتئین به عنوان یک عامل محدودکننده در جیره دام مطرح باشد. غلظت پروتئین خام پس از سیلو کردن کاهش یافت که می‌تواند به تجزیه بخشی از پروتئین در اثر فعالیت میکروب‌ها و تولید آمونیاک مربوط باشد (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). محتوای پروتئین خام سیلاژ تاج‌خروس در پژوهش حاضر نسبت به مقادیر گزارش‌شده برای رقم‌های Kharkovskiy و Sem (۱۲۰ تا ۱۲۸ گرم در کیلوگرم ماده خشک؛ Karimi Rahjerdi و همکاران، ۲۰۱۵) به مراتب بیشتر بود. دلیل وجود اختلاف در نتایج محققان مختلف می‌تواند به عواملی مانند تفاوت در رقم گیاه، زمان کاشت و برداشت، نوع و میزان استفاده از کودهای شیمیایی در مزرعه و مدیریت سیلاژ مربوط باشد (Kaiser و همکاران، ۲۰۰۴؛ Abbasi و همکاران، ۲۰۱۲). بر خلاف سیلاژ ذرت، غلظت پروتئین خام در سیلاژ تاج‌خروس بیشتر از حداقل مورد نیاز پروتئین (۸ درصد از ماده خشک) برای تولید آمونیاک کافی در شکمبه برای حداکثر رشد میکروبی بود (Norton، ۱۹۹۸)؛ که این موضوع می‌تواند یک مزیت در کاربرد سیلاژ تاج‌خروس باشد.

مقدار عصاره اتری در سیلاژ تاج‌خروس ماریا بیشتر ($P<0/05$) از سیلاژ ذرت بود (۷۸/۵ در مقابل ۴۲/۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک). چربی زیاد در جیره نشخوارکنندگان (بیش از ۶ تا ۷ درصد) بر میکروارگانیسم‌های شکمبه اثر منفی دارد (NRC، ۲۰۰۱). بنابراین، بهتر است سیلاژ تاج‌خروس رقم ماریا را به تنهایی به مصرف دام نرساند.

طبق نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر، NDF_{om} در علوفه و سیلاژ تاج‌خروس کمتر از مقدار آن در ذرت علوفه‌ای بود ($P<0/05$)، که نشان‌دهنده پتانسیل نسبتاً خوب این رقم تاج‌خروس به عنوان یک منبع علوفه‌ای است (Rezaei و همکاران، ۲۰۱۴) زیرا مقدار NDF_{om} گیاه با مصرف خوراک رابطه عکس دارد (Jung و Allen، ۱۹۹۵؛ McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین، انتظار نمی‌رود میزان NDF_{om} تاج‌خروس در زمان تغذیه دام اثر منفی بر مصرف خوراک بگذارد. مقدار NDF_{om} موجود در تاج‌خروس رقم ماریا نسبت به نتایج به‌دست آمده (۴۳۹ گرم در کیلوگرم ماده خشک) توسط Olorunnisomo و Ayodele (۲۰۰۹) کمتر، اما در مقایسه با گزارش Seguin و همکاران (۲۰۱۳) بیشتر (به ترتیب برابر ۳۷۷ و ۴۰۱ گرم در کیلوگرم ماده خشک) بود. فرایند سیلو کردن موجب کاهش مقدار NDF_{om} شد که با نتایج محققان دیگر مطابقت داشت (Aksu و همکاران، ۲۰۰۶). دلیل کاهش غلظت NDF_{om} در اثر سیلو کردن را می‌توان به تجزیه سلولز و همی‌سلولز در اثر فعالیت میکروب‌ها حین تخمیر و همچنین ایجاد pH اسیدی و هیدرولیز اسیدی در سیلاژ مربوط دانست (Rezaei و همکاران، ۲۰۰۹).

از سوی دیگر، ADF_{om} در علوفه ذرت زیادتر از تاج‌خروس بود، اما بین سیلاژ دو علوفه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. محتوای ADF_{om} تاج‌خروس ارقام Kharkovskiy و Sem در مطالعه Karimi Rahjerdi و همکاران (۲۰۱۵) در مقایسه با نتیجه به دست آمده در تحقیق حاضر کمتر است. در اثر سیلو کردن، کاهش جزیی در غلظت ADF_{om} سیلاژ رخ داد، اما شدت (درصد) کاهش در ADF_{om} کمتر از NDF_{om} بود. کاهش غلظت ADF_{om} پس از سیلو کردن احتمالاً به تجزیه محدود بخشی از سلولز در اثر فعالیت میکروب‌ها و همچنین تا حدی به هیدرولیز اسیدی در اثر افت pH در سیلاژ مربوط بوده است (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱، ۲۰۱۱). به هر حال، غلظت لیگنین در علوفه و سیلاژ تاج‌خروس بیشتر از ذرت علوفه‌ای بود ($P<0/05$)؛ که ممکن است بر ارزش این رقم خاص برای تغذیه در نشخوارکنندگان تأثیر منفی داشته باشد و در زمان گنجاندن آن در جیره باید به غلظت لیگنین کل مخلوط خوراکی توجه نمود.

غلظت کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC) در علوفه تازه ذرت بیشتر از تاج‌خروس (به ترتیب ۱۱۱ و ۵۸ گرم در کیلوگرم ماده خشک) بود ($P<0/05$). هرچند غلظت WSC در علوفه تاج‌خروس کمتر از ذرت علوفه‌ای بود، اما به نظر می‌رسد غلظت

WSC در رقم مذکور برای یک تخمیر خوب کافی باشد، زیرا طبق نظر Haigh و همکاران (۱۹۸۵) برای رخداد تخمیر پایدار در سیلو، غلظت WSC علوفه باید بیش از ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک باشد. غلظت WSC هر دو علوفه بعد از سیلو کردن کاهش یافت که علت آن تخمیر بی‌هوازی و مصرف قندهای محلول توسط میکروارگانیسم‌ها به‌ویژه باکتری‌های مولد اسید لاکتیک است (Nkosi و همکاران، ۲۰۱۰؛ McDonald و همکاران، ۲۰۱۱).

غلظت خاکستر خام در علوفه و سیلاژ تاج‌خروس زیادتر از ذرت بود ($P<0/05$). غلظت بالای خاکستر خام در سیلاژ تاج‌خروس با نتایج ارائه شده توسط Seguin و همکاران (۲۰۱۳) برای رقم‌های Plainsman و D136 (به ترتیب ۱۹۷ و ۲۰۴ گرم در کیلوگرم ماده خشک) مطابقت دارد، اما نسبت به نتایج به دست آمده توسط Rezaei و همکاران (۲۰۰۹) برای گونه *A. hypochondriacus* (۱۳۷ گرم در کیلوگرم ماده خشک) بیشتر است. با توجه به این که کشت دو گیاه آزمایشی در یک مزرعه انجام شد، زیاد بودن خاکستر خام بیشتر ناشی از ماهیت ذاتی تاج‌خروس در جذب و ذخیره عناصر معدنی بوده است، که با یافته‌های Rezaei و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. رقم علوفه‌ای مذکور می‌تواند منبعی طبیعی از مواد معدنی مورد نیاز دام باشد، اما با توجه به زیاد بودن خاکستر خام تاج‌خروس، لازم است در زمان استفاده از این گیاه در خوراکدهی دام و تنظیم جیره مراقب تعادل صحیح مواد معدنی مختلف بود. غلظت خاکستر خام در سیلاژ زیادتر از علوفه تازه بود که دلیل آن را می‌توان به تجزیه و کاهش ترکیبات آلی (مانند WSC، NDF_{om} و پروتئین خام) طی فرایند تخمیر مربوط دانست (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱) که این امر در واقع موجب افزایش نسبی غلظت بخش معدنی در سیلاژ شده است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی (گرم در کیلوگرم ماده خشک) علوفه تازه و سیلاژ تاج‌خروس و ذرت علوفه‌ای

فراسنجه‌ها	علوفه		SEM	سیلاژ		SEM
	ذرت	تاج‌خروس		ذرت	تاج‌خروس	
ماده خشک	۲۴۲^{a}	۲۲۷^{b}	۱/۸	۲۵۰^{a}	۲۳۶^{b}	۱/۱
پروتئین خام	۸۰^{b}	۱۹۹^{a}	۱/۹	۷۵^{b}	۱۸۰^{a}	۱/۷
NDF_{om}	۵۱۵^{a}	۴۱۲^{b}	۳/۷	۴۹۰^{a}	۴۰۱^{b}	۴/۱
ADF_{om}	۳۱۸^{a}	۳۰۰^{b}	۳/۳	۲۹۲	۲۹۳	۲/۵
لیگنین	۵۱^{b}	۶۶^{a}	۱/۱	۴۸/۷^{b}	۶۵/۰^{a}	۱/۲۷
کربوهیدرات‌های محلول در آب	۱۱۱^{a}	۵۸^{b}	۷/۳	۱۵/۲	۱۵/۵	۱/۶۰
عصاره اتری	۳۲/۵^{b}	۴۷/۵^{a}	۲/۳۰	۴۲/۵^{b}	۷۸/۵^{a}	۱/۲۲
کربوهیدرات‌های غیر الیافی	۳۱۰^{a}	۱۸۵^{b}	۳/۵	۳۱۷^{a}	۱۵۰^{a}	۴/۳
خاکستر خام	۶۳/۵^{a}	۱۵۷^{a}	۱/۳۳	۷۶/۲^{b}	۱۹۱/۵^{c}	۱/۰۴
pH	–	–	–	۳/۸^{b}	۴/۱^{a}	۰/۵۸

NDF_{om}، الیاف نامحلول در شوینده خنثی فاقد خاکستر خام؛ ADF_{om}، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی فاقد خاکستر خام.

SEM، انحراف استاندارد میانگین‌ها.

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

میزان pH سیلاژها در دامنه مناسب برای یک تخمیر خوب (۳/۸ تا ۴/۲؛ Faithfull، ۲۰۰۲) قرار داشت. میزان pH سیلاژ ذرت کمتر از سیلاژ تاج‌خروس بود (P<۰/۰۵). از سوی دیگر، pH سیلاژ تاج‌خروس در این تحقیق بیشتر از pH گزارش شده توسط Rezaei و همکاران (۲۰۱۴) بود (۴/۱ در مقابل ۳/۹). در تفسیر باید گفت pH سیلاژ تحت تأثیر مقادیر WSC، ماده خشک، پروتئین خام، کاتیون‌های معدنی و در کل خاصیت بافری گیاه تازه قرار دارد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱؛ Kaiser و همکاران، ۲۰۰۴). در پژوهش حاضر، تاج‌خروس رقم ماریا حاوی مواد معدنی و پروتئین خام بیشتر، و WSC کمتر در مقایسه با ذرت علوفه‌ای بود. در واقع، غلظت WSC بیشتر در ذرت موجب افزایش فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیکی و احتمالاً تولید اسیدهای تخمیری بیشتری شده که افت بیشتر pH در سیلاژ ذرت را به دنبال داشته است (Kaiser و همکاران، ۲۰۰۴؛ McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). از سوی دیگر، احتمالاً پروتئین خام بیشتر در تاج‌خروس موجب افزایش غلظت آمونیاک در سیلاژ گیاه مذکور شود که به همراه کاتیون‌ها (از بخش عناصر معدنی) در برابر کاهش pH مقاومت نموده (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱)، و موجب مشاهده pH زیادتر در سیلاژ تاج‌خروس شده‌اند.

نیترات، اگزالات و ترکیبات فنلی

غلظت نیترات بین علوفه تاج‌خروس و علوفه ذرت تفاوت معنی‌داری نداشت. پس از سیلو کردن نیترات در هر دو گیاه نسبت به علوفه تازه کاهش یافت (P<۰/۰۵)، که کاهش مذکور به فرایند احیای نیترات به نیتریت توسط برخی از میکروارگانیسم‌ها طی فرایند تخمیر در سیلو مربوط است (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱). کاهش نیترات پس از سیلو شدن تاج‌خروس توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Karimi Rahjerdi و همکاران، ۲۰۱۵). از سوی دیگر، بیان شده که نیترات بیش از ۱۰ تا ۳۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک می‌تواند موجب مسمومیت در دام شود (Sleugh و همکاران، ۲۰۰۱). بر این اساس، مقدار نیترات در علوفه و سیلاژ تاج‌خروس رقم ماریا در پژوهش حاضر (به‌ترتیب ۲/۵ و ۰/۳ گرم در کیلوگرم) کم‌تر از حد سمی برای دام است.

غلظت اسید اگزالیک علوفه تاج‌خروس پس از سیلو شدن تغییر چندانی نشان نداد. اگزالات بیشتر از ۲۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک برای دام سمی است (Rahman و همکاران، ۲۰۱۳) و ممکن است دسترسی مواد مغذی گیاه را کاهش دهد (Teutonico و Knorr، ۱۹۸۵). غلظت اگزالات در تاج‌خروس رقم ماریا (۸/۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک) اندک بود و تأثیر منفی بر دام نخواهد داشت. از سوی دیگر، غلظت اگزالات در پژوهش حاضر نسبت به نتایج (۱۰/۲ تا ۳۵/۴ گرم در کیلوگرم ماده خشک) گزارش شده توسط محققان دیگر (Rezaei و همکاران، ۲۰۰۹؛ Abbasi و همکاران، ۲۰۱۲) کمتر بود.

غلظت کل ترکیبات فنلی و تانن کل در علوفه و سیلاژهای آزمایشی ناچیز بود، هرچند ترکیبات مذکور در نمونه‌های تاج‌خروس بیشتر از ذرت بود (P<۰/۰۵). غلظت ترکیبات فنلی در این پژوهش بسیار کمتر از مقادیر گزارش شده توسط Sarmadi و همکاران (۲۰۱۶) برای رقم دیگری از تاج‌خروس (۱۳/۴ تا ۱۶/۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک به ترتیب) بود. از سوی دیگر، سیلو کردن در پژوهش حاضر موجب کاهش کل ترکیبات فنلی و تانن شد (P<۰/۰۱)، که علت آن احتمالاً به فرایند اکسیداسیون و تخریب ترکیبات مذکور در اثر تخمیر بی‌هوازی داخل سیلو مربوط بوده است (Ben Salem و همکاران، ۲۰۰۵).

جدول ۲- نیترات و ترکیبات ثانویه در علوفه و سیلاژ تاج‌خروس و ذرت علوفه‌ای (گرم در کیلوگرم ماده خشک)

فراسنجه‌ها	علوفه			سیلاژ		
	ذرت	تاج‌خروس	SEM	ذرت	تاج‌خروس	SEM
نیترات	۲/۱	۲/۵	۰/۳۲	۰/۶۹[a]	۰/۳۰[b]	۰/۱۰
ترکیبات فنلی	۳/۵[b]	۱۰/۶[a]	۰/۱۹	۲[b]	۷/۶[a]	۰/۱۸
تانن کل	۲/۰[b]	۶/۲[a]	۰/۴۳	۱/۲[b]	۴/۸[a]	۰/۳۴
اگزالات	۷/۳	۸/۵	۰/۶۲	۷/۲	۸/۴	۰/۶۰

SEM، انحراف استاندارد میانگین‌ها.

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

فراسنجه‌های تخمیرپذیری آزمایشگاهی و تولید گاز

همان‌گونه که در جدول ۳ نشان داده شده است، pH شیرابه بین ۶/۷ تا ۶/۸۵ بود که در دامنه مطلوب شکمبه (۶/۱ تا ۶/۸) قرار دارد (Van Soest، ۱۹۹۴). مقادیر گاز تولیدی، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم در سیلاژ ذرت بیشتر از سیلاژ تاج‌خروس بود (P<۰/۰۵)، دلیل تفاوت در گاز تولیدی را می‌توان به اختلاف در غلظت پروتئین خام، NDF_{om} و لیگنین بین دو گیاه مربوط دانست؛ زیرا بین تولید گاز و ترکیباتی مانند پروتئین خام، NDF_{om} و به‌ویژه لیگنین رابطه عکس وجود دارد (Van Soest، ۱۹۹۴). دلیل دیگر کاهش تولید گاز را می‌توان به بیشتر بودن خاکستر خام و عصاره اتری در سیلاژ تاج‌خروس مربوط دانست، زیرا ترکیبات مذکور می‌توانند تأثیر کاهنده بر تولید گاز داشته باشند (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱).

غلظت انرژی قابل متابولیسم کمتر در سیلاژ تاج‌خروس نسبت به سیلاژ ذرت احتمالاً به مقادیر بیشتر لیگنین و خاکستر خام در این سیلاژ مربوط بوده است؛ زیرا خاکستر خام فاقد انرژی است و لیگنین هم بر رشد میکروبی و تجزیه و گوارش مواد در دستگاه گوارش تأثیر منفی دارد (Van Soest، ۱۹۹۴؛ McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج به دست آمده توسط Rezaei و همکاران (۲۰۰۹) برای تاج‌خروس *A. hypochondriacus* نشان‌دهنده مقادیر بیشتر قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم (به‌ترتیب ۶۶۲ گرم در کیلوگرم، و ۹ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) نسبت به رقم مورد بررسی در این تحقیق است.

شاخص تفکیک (PF)، پروتئین میکروبی (MCP)، سوبسترای تجزیه شده حقیقی (TDS) و گاز متان

مقدار PF در سیلاژ تاج‌خروس بیشتر از سیلاژ ذرت علوفه‌ای بود (P<۰/۰۵). گزارش شده که هر چه PF بیشتر باشد، تولید متان کمتر و تولید پروتئین میکروبی زیادتر خواهد بود (Makkar، ۲۰۱۰). در پژوهش حاضر نیز سیلاژ تاج‌خروس با داشتن PF بیشتر، موجب تولید پروتئین میکروبی بیشتر و متان کمتر نسبت به سیلاژ ذرت شده بود؛ یعنی بخش بیشتری از ماده آلی تجزیه شده در سیلاژ تاج‌خروس وارد توده میکروبی شده و بازده تولید پروتئین میکروبی افزایش یافته، و از سوی دیگر سهم تولید گاز به‌ویژه متان کم شده است (Makkar، ۲۰۱۰).

مقدار TDS در سیلاژ تاج‌خروس کمتر از سیلاژ ذرت بود که می‌توان همانند قبل دلیل آن را به زیادتر بودن لیگنین و در نتیجه کاهش اتصال باکتری‌ها به خوراک برای تجزیه ماده آلی مرتبط دانست (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). تولید پروتئین میکروبی در سیلاژ تاج‌خروس بیشتر از سیلاژ ذرت بود (P<۰/۰۵). دلیل این تفاوت تا حد زیادی وابسته به غلظت پروتئین خام کمتر در سیلاژ ذرت است زیرا همانگونه که اشاره شد حداقل پروتئین مورد نیاز برای رشد مطلوب میکروبی در شکمبه ۸ درصد است و کمتر بودن آن در سیلاژ ذرت (۷/۵ درصد) احتمالاً باعث عدم تأمین آمونیاک کافی برای رشد باکتری‌ها در شکمبه شده است (Norton، ۱۹۹۸). نتایج تولید پروتئین میکروبی در این

تحقیق با مشاهدات Babaeinasab و همکاران (۲۰۱۵) و عباسی (۱۳۹۶) (به ترتیب ۱۱۸ و ۳۶۷ گرم در کیلوگرم ماده خشک) موافق بود.

گاز متان تولیدی با تخمیر برون‌تنی سیلاژ ذرت بیشتر از سیلاژ تاج‌خروس رقم ماریا بود (P<۰/۰۵)؛ که علت آن وجود NDF بیشتر در سیلاژ ذرت است، زیرا بین غلظت NDF (میزان خشبی بودن) و تولید متان در شکمبه رابطه مثبت وجود دارد (Robertson و Waghorn، ۲۰۰۲؛ Pinares-Patino و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول ۳- فرا سنجه‌های تولید گاز حاصل از انکوباسیون ۲۴ و ۹۶ ساعته سیلاژ ذرت و تاج‌خروس

فراسنجه‌ها	ذرت	تاج خروس	SEM
pH	۶/۷۲	۶/۷۴	۰/۶۲۰
GP_{24}	۵۰^{a}	۲۳^{b}	۱/۶
OMD	۶۷۶^{b}	۵۵۸^{a}	۶/۹
متان	۲۹/۵^{a}	۲۱/۵^{b}	۳/۸۰
ME	۹/۵۷^{a}	۷/۲۸^{b}	۱/۵۴۰
TDS	۶۵۸^{a}	۶۳۷^{b}	۲/۵
PF_{24}	۲/۶۳^{b}	۵/۵۴^{a}	۱/۵۲
MCP	۱۰۸^{b}	۳۸۴^{a}	۳/۶
انکوباسیون ۹۶ ساعته			
B	۵۷/۳^{a}	۵۵/۰^{b}	۲/۳۷
C (/h)	۰/۰۳۰	۰/۰۲۷	۰/۰۰۱

GP_{24}، حجم گاز تولیدی در ۲۴ ساعت؛ OMD، گوارش‌پذیری ماده آلی (گرم در کیلوگرم ماده آلی)؛ ME، انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک؛ TDS، سوبسترای تجزیه‌شده حقیقی (میلی‌گرم در گرم ماده خشک)؛ PF_{24}، عامل تفکیک (میلی‌گرم ماده آلی تجزیه‌شده/میلی‌لیتر گاز تولیدی)؛ MCP، تولید پروتئین میکروبی (میلی‌گرم در گرم ماده خشک)؛ متان (میلی‌لیتر به ازای یک گرم ماده خشک).

SEM، انحراف استاندارد میانگین‌ها.

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام

ضرایب تجزیه‌پذیری در جدول ۴ نشان داده شده است. تجزیه‌پذیری مؤثر (ED) ماده خشک و پروتئین خام سیلاژ تاج‌خروس نسبت به سیلاژ ذرت کمتر بود (P<۰/۰۵). تجزیه‌پذیری مؤثر کمتر در سیلاژ تاج‌خروس را می‌توان به ۱- لیگنین بیشتر (کاهش کلونیزاسیون باکتریایی برای تجزیه خوراک؛ Sarmadi و همکاران ۲۰۱۶)، ۲- NFC کمتر (NFC با سرعت بیشتری نسبت به NDF تجزیه می‌شود؛ NRC, 2001) و ۳- تا حدی به غلظت زیادتر ترکیبات فنلی (دارای اثر منفی بر تجزیه‌پذیری است؛ Hastert و همکاران، ۱۹۸۳؛ Sarwar و همکاران، ۲۰۰۶) در گیاه مذکور نسبت داد. موافق با نتایج پژوهش حاضر، Karimi Rahjerdi و همکاران (۲۰۱۵) نیز تجزیه‌پذیری کمتری را برای سیلاژ تاج‌خروس (رقم‌های Kharkovskiy و Sem) نسبت به سیلاژ ذرت گزارش کردند. به دلیل تفاوت در لیگنین، NFC و ترکیبات ثانویه، نرخ (سرعت) تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام نیز در سیلاژ ذرت بیشتر از سیلاژ تاج‌خروس بود (به ترتیب ۰/۰۳۸ و ۰/۰۴۱ در مقابل ۰/۰۲۴ و ۰/۰۲۵ در ساعت) که این خود بر افزایش میزان تجزیه‌پذیری مؤثر در سیلاژ ذرت مؤثر بوده است (Seguin و همکاران، ۲۰۱۳).

پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه (ERDP)، پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه اما قابل هضم در روده (DUP) و پروتئین قابل متابولیسم (MP) در سیلاژ تاج‌خروس بیشتر از سیلاژ ذرت بود (P<۰/۰۵). این امر به دلیل غلظت بسیار زیادتر پروتئین خام در تاج‌خروس بود. دلیل دیگر آن به تفاوت در غلظت لیگنین مربوط است، که با بخش‌های نیتروژنی پیوند می‌شود و آنها را از دسترس خارج می‌کند (McDonald و همکاران، ۲۰۱۱). از سوی دیگر، ترکیبات فنلی بیشتر در گیاه تاج‌خروس نیز ممکن است با بخشی از پروتئین‌ها پیوند شود و دسترسی آن‌ها را در شکمبه کاهش دهد (Min و همکاران، ۲۰۰۰؛ McSweeney و همکاران، ۲۰۰۱).

جدول ٤- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام سیلاژ ذرت و تاج‌خروس.

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری	ذرت	تاج‌خروس	SEM
ماده خشک (g/kg DM)			
a	۴۲۰^{a}	۳۱۸^{b}	۸/۴
b	۳۴۰^{b}	۴۴۸^{a}	۸/۳
c (/h)	۰/۰۳۸^{a}	۰/۰۲۴^{b}	۰/۰۰۹
ED	۵۶۶^{a}	۴۶۴^{b}	۸/۷
پروتئین خام			
a (g/kg CP)	۴۶۰^{a}	۴۱۵^{b}	۶/۷
b (g/kg CP)	۳۲۴^{b}	۴۴۶^{a}	۶/۲
c (/h)	۰/۰۴۱^{a}	۰/۰۲۵^{b}	۰/۰۰۶
ED (g/kg CP)	۶۰۵^{a}	۵۶۴^{b}	۰/۶۶
ERDP (g/kg DM)	۲۵^{b}	۸۶^{a}	۰/۹
DUP (g/kg DM)	۱۳^{b}	۵۶^{a}	۱/۲
MP (g/kg DM)	۲۹/۳^{b}	۱۱۱^{a}	۱/۱۰

a، بخش قابل‌حل در آب و به‌سرعت تجزیه شونده؛ b، بخش غیرقابل‌حل در آب اما بالقوه قابل‌تجزیه؛ c، ثابت نرخ تجزیه‌پذیری بخش b در واحد زمان؛ ED، تجزیه‌پذیری مؤثر؛ ERDP، پروتئین قابل‌تجزیه مؤثر در شکمبه؛ DUP، پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه اما قابل‌هضم در روده؛ MP، پروتئین قابل متابولیسم.
SEM، انحراف استاندارد میانگین‌ها. میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

نتیجه‌گیری

در مجموع، ترکیب مواد مغذی و فراسنجه‌های تخمیرپذیری تاج‌خروس رقم ماریا با ذرت علوفه‌ای قابل مقایسه بود. به‌ویژه، علوفه و سیلاژ تاج‌خروس نسبت به ذرت حاوی پروتئین خام و پروتئین قابل متابولیسم بیشتری بودند. بنابراین، رقم مذکور می‌تواند به عنوان یک گیاه علوفه‌ای برای تغذیه دام مورد توجه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (معاونت علمی و فناوری، ریاست جمهوری) به دلیل حمایت مالی از این تحقیق قدردانی می‌نمایند.

منابع

عباسی، م. (۱۳۹۶). *تأثیر پژمردگی، افزودن ملاس و تلقیح باکتری لاکتوباسیلوس بر ارزش غذایی سیلاژ تاج‌خروس*. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس تهران. ص ۷۳.

مهرانی، ا.، فضائلی، ح. و اسدی، ه. (۱۳۹۱). اثر برداشت در مراحل مختلف رشد بر کمیت و کیفیت علوفه ارقام آمارانت و ارزیابی اقتصادی آن. *مجله به زراعی نهال و بذر*. جلد ۲-۲۸، شماره ۲. ص. ۱۸۵-۱۷۳.

Abbasi, D., Rouzbehan, Y. and Rezaei, J. (2012). Effect of harvest date and nitrogen fertilization rate on the nutritive value of amaranth forage (*Amaranth hypochondriacus*). *Animal Feed Science and Technology*.171:6-13.

AFRC. (1992). Nutrient requirements of ruminant animals: Protein. AFRC, Technical Committee on Responses to Nutrients, Report No. 10. *Nutrition Abstracts and Reviews*. Series B 62:787–835.

Jung, H.G. and Allen, M.S. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal Animal Science*. 73:2774–2790.

Anele, U.Y., Südekum, K.-H., Hummel, J., Arigbede, O.M., Oni, A.O., Olanite, J.A., Böttger, C., Ojo, V.O. and Jolaosho, A.O. (2011). Chemical characterization, *in vitro* dry matter and ruminal crude protein degradability and microbial protein synthesis of some cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) haulm varieties. *Animal Feed Science and Technology*. 163:161–169.

AOAC International. (1998). *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th ed. 4th rev. AOAC International, Arlington, VA, USA.

Babaeinasab, Y., Rouzbehan, Y., Fazaeli, H. and Rezaei, J. (2015). Chemical composition, silage fermentation characteristics, and in vitro ruminal fermentation parameters of potato-wheat straw silage treated with molasses and lactic acid bacteria and corn silage. *Journal of Animal Science*. 93:4377–4386.

Ben Salem, H., Saghrouni, L. and Nefzaoui, A. (2005). Attempts to deactivate tannins in fodder shrubs with physical and chemical treatments. *Animal Feed Science and Technology*. 122:109-121.

Blummel, M., Makkar, H. and Becker, K. (1997). In vitro gas production: a technique revisited. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 77 (1-5):24-34.

Faithfull, N.T. (2002). *Methods in Agricultural Chemical Analysis: a practical handbook*. CAB Int., Wallingford, UK.

Haigh, P.M. and Parker, J.W.G. (1985). Effect of silage additives and wilting on silage fermentation, digestibility and intake, and on live weight change of young cattle. *Grass and Forage Science*. 40(4):429-436.

Hastert, A.A., Owensby, C.E. and Harbers, L.H. (1983). Rumen microbial degradation of indiangrass and big bluestem leaf blades. *Journal of Animal Science*. 57(6):1626-1634.

Kaiser, A.G., Piltz, J.W., Burns, H.M. and Griffiths, N.W. (2004). *Successful Silage*, 2nd ed. Dairy Australia and NSW Dept. of Primary Industries, New South Wales, Australia.

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 combination. *Journal of Animal Science*. 93:5781–5790.

MAFF. (1982). *The Analysis of Agricultural Materials*, 2nd ed. Ministry of Agriculture Fisheries and Food, London, UK.

Makkar, H.P.S. (2000). *Quantification of tannins in tree foliage*. A laboratory manual for the FAO/IAEA co-ordinated research project on use of nuclear and related techniques to develop simple tannin assays for predicting and improving the safety and efficiency of feeding ruminants on tanniniferous tree foliage. Joint FAO/IAEA of nuclear techniques in food and agriculture. In: Animal Production and Health Sub-programme, FAO/IAEA Working Document. IAEA, Vienna, Austria.

Makkar, H.P. (2010). *In vitro screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis.* In *In vitro* screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies (pp. 107-144). Springer Netherlands.

McDonald, P., Henderson, A.R. and Heron, S.J.E. (1991). *The Biochemistry of Silage*, 2nd ed. Chalcombe Publications, Marlow, UK.

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. and Wilkinson, R.G. (2011). *Animal Nutrition.* 5th ed. Prentice Hall, Essex, UK.

McSweeney, C.S., Palmer, B., Bunch, R. and Krause, D.O. (2001). Effect of the tropical forage calliandra on microbial protein synthesis and ecology in the rumen. *Journal of Applied Microbiology*. 90:78-88.

Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. and Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal of Agricultural Science*. (Camb.) 92:217-222.

Menke, K.H. and Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*. 28, 7–55.

Mertens, D.R. (2002). Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds using refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *Journal AOAC International*. 85:1217–1240.

Min, B.R., McNabb, W.C., Barry, T.N. and Peters, J.S. (2000). Solubilization and degradation of ribulose-0,7-bispHospHate carboxylase/oxygenase (EC 4,1,1,39; Rubisco) protein from white clover (*Trifolium repens*) and *Lotus corniculatus* by rumen microorganisms and the effect of condensed tannins on these processes. *Journal of Agricultural Science*. 134 (13):305-317.

Nkosi, M.T. and Mekuria, F. (2010). Cloud computing for enhanced mobile health applications.Cloud Computing Technology and Science, 2010 IEEE Second International Conference on, 2010.

Norton, B.W. (1998). The Nutritive value of tree legumes. In: Gutteridge R.C. and Shelton H.M. eds., Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. Tropical grass land Society Aus. Inc., St Lucia. Queensland. pp. 15-48. Australia.

NRC. (2001). *Nutrient Requirements for Dairy Cattle*, 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Olorunnisomo, O.A. and Ayodele, O.J., (2009). Effects of intercropping and fertilizer application on the yield and nutritive value of maize and amaranth forages in Nigeria. *Grass Forage Science*. 64:413–420.

Pinares-Patino, C.S., DHour, P., Jouany, J.P. and Martin, C. (2007). Effects of stocking rate on methane and carbon dioxide emissions from grazing cattle. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 121:30–46.

Ørskov, E. and McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*. 92 (2):499-503.

Rahnama, A. and Safaeie, A.R. (2017). Performance comparison of three varieties of Amaranth (*Amaranthus Hypochondriacus* L.) at different harvest time. *Journal of Asian Scientific Research*. 7(6):224-230.

Rahman, M.M., Abdullah, R.B. and Wan Khadijah, W.E. (2013). A review of oxalate poisoning in domestic animals: tolerance and performance aspects. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 97(4):605–614.

Rezaei, J., Rouzbehan, Y. and Fazaeli, H. (2009). Nutritive value of fresh and ensiled amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) treated with different levels of molasses. *Animal Feed Science and Technology*. 151:153-160.

Rezaei, J., Rouzbehan, Y., Fazaeli, H. and Zahedifar, M. (2013). Carcass characteristics, non-carcass components and blood parameters of fattening lambs fed on diets containing amaranth silage substituted for corn silage. *Small Ruminant Research*. 114:225-232.

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.

Robertson, L.J. and Waghorn, G.C. (2002). Dairy industry perspectives on methane emissions and production from cattle fed pasture or total mixed rations in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 62:213-218.

Sarmadi, B., Rouzbehan, Y. and Rezaei, J. (2016). Influences of growth stage and nitrogen fertilizer on chemical composition, phenolics, in situ degradability and in vitro ruminal variables in amaranth forage. *Animal Feed Science and Technology*. 215:73-84.

Sarwar, M., Nisa, M., Ajmal Khan, M. and Mushtaque, M. (2006). Chemical composition, herbage yield and nutritive value of panicum antidotale and pennisetum orientale for nili buffaloes at different clipping intervals. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 19:176-180.

Savage, G.P., Vanhanen, L., Mason, S.M. and Ross, A.B. (2000). Effect of cooking on the soluble and insoluble oxalic acid content of some New Zealand foods. *Journal Food Composition Analyses*. 13:201–206.

Seguin, P., Mustafa, A.F., Donnelly, D.J. and Gélinas, B. (2013). Chemical composition and ruminal nutrient degradability of fresh and ensiled amaranth forage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 93 (15):3730-3736.

Singh, J.P. (1988). A rapid method for determination of nitrate in soil and plant extracts. *Plant Soil*. 110:137–139.

Sleugh, B.B., Moore, K.J., Brummer, E.C., Knapp, A.D., Russell, J. and Gibson, L. (2001). Forage value of various amaranth species at different harvest dates. *Crop Science*. 41:466- 472.

Stallknecht, G. and Schulz-Schaeffer, J. (1993). Amaranth rediscovered. New Crops. Wiley, New York: 211-218.

Teutonico, R.A. and Knorr, D. (1985). Amaranth: composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. *Food Technology*. 39:49–60.

Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd ed. Cornell University Press, Itacha, NY, USA, pp. 476.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583–3597.