

---

**Silage characterization, fermentability, digestibility, metabolizable energy, and protein on forages silage of three new cultivars of *Amaranthus hypochondriacus***

**Amirreza Safaei<sup>1\*</sup>, Alireza Aghashahi<sup>2</sup>, Mohammadtaghi Feyzbakhsh<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Animal Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran, Email: a.safaei@areeo.ac.ir

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Animal Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Corn and Forage Plants, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran

---

**Article Info**

**Article type:**  
Research Full Paper

**Article history:**  
Received: 11/06/2022  
Revised: 12/25/2022  
Accepted: 12/26/2022

**Keywords:**  
Amaranthus silage  
Characterization silage  
Gas production  
Digestibility

---

**ABSTRACT**

**Background and Objectives:** One of the destructive effects of climate change is the reduction of precipitation and global warming which is leading to the shortage of water resources. Therefore, it seems necessary to introduce water-resistant plants that are resistant to heat and drought (as sources of new forage plants). In this regard, the cultivation of dehydrated and drought-resistant forage (such as new cultivars of amaranth) was on the agenda. There is little information about the silage formation and nutritional value of forage of new *Amaranth* cultivars (in hot and humid Golestan province). The aim of this study was to determine the characteristics of silage, fermentability, digestibility, metabolizable energy and protein of three new cultivars of *Amaranth* cultivated in Golestan province.

**Materials and Methods:** Forages of three new *Amaranth* cultivars, including Laura, Sim, and Kharkovsky were grown on a research farm Arqi-mahaleh in Golestan province and harvested at the blooming stage. These forages were chopped into pieces of two to four centimeters and mixed with a weight ratio of five percent molasses and five percent wheat straw. They were stored in silage in 10kg buckets. After 45 days (in the laboratory of the Animal Science Research Institute), the silos were reopened. Sensory evaluation and silage properties of experimental treatments were measured. Then chemical compounds including dry matter (field and silage), crude protein, crude ash, crude fat, and soluble sugar were analyzed. Gas production tests (by Menke and Steingass method) using ruminal leachate of three cows (by ruminal fistulation) and at different fermentation times, including 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72, and 96 hours were done. Digestibility, determination of energy, and metabolizable protein (in a completely randomized design with six treatments in three replications) were performed. Finally, metabolizable energy and protein were obtained in addition to the daily dietary intake of experimental treatments.

---

**Results:** Dry matter, crude protein, crude fat, crude ash, neutral detergent fiber, water soluble carbohydrates, and non-fibrous carbohydrates in forage silage of Laura cultivar were 23.0, 18.8, 0.97, 21.2, 30.5, 2.5, and 28.6 percent, respectively. In Laura forage silage, total sensory evaluation, Flieg's point, ammonia nitrogen (mg), acetic acid (mg), lactic acid (mg), and propionic acid were 15.8, 7.78, 4.4, 18.4, 0.45, and 1.15, respectively. Gas production in silos of Laura, Sim, and Kharkovsky cultivars (during 24 hours of rumen fermentation per 200 mg) were 45.3, 43.9, and 42.1 ml, respectively. Dry matter and organic matter digestibility in the forage silage of the Laura cultivar was 66.5 and 70.2 percent, respectively. The amounts of digestible energy, metabolizable energy, net energy, and digestibility (dry matter, organic matter, and organic matter in dry matter) of fodder and silage of the Laura cultivar were higher than the other two cultivars. Relative forage value, relative nutritional quality, and feed ratio (g/day/kg body weight during maintenance) in *Amaranthus* silage (Laura cultivar) were 122.3, 108.0, and 43.8, respectively.

**Conclusion:** Laura forage silage has better silage characteristics and crude protein, gas production, higher digestibility, higher protein, and metabolizable energy, as well as relative forage value, relative feed quality, and better-feed intake. This silage had a better quality for ruminant nutrition than other silage experimental treatments.

---

**Cite this article:** Safaei, A.R., Aghashahi, A.R., Feyzbakhsh, M.T. (2023). Silage characterization, fermentability, digestibility, metabolizable energy and protein on forages silage of three new cultivars of *Amaranthus hypochondriacus*. *Journal of Ruminant Research*, 11 (1), 55-74.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejrr.2023.20396.1856

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## خصوصیات سیلویی، تخمیرپذیری، قابلیت هضم، انرژی و پروتئین قابل متابولیسم سیلاژ علوفه سه رقم جدید آمارانت (*Amaranthus hypochondriacus*)

امیررضا صفایی<sup>۱\*</sup>، علیرضا آقاشاهی<sup>۲</sup>، محمدتقی فیض بخش<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار بخش تحقیقات تغذیه دام و طیور، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: a.safaei@areeo.ac.ir  
<sup>۲</sup>دانشیار بخش تحقیقات تغذیه دام و طیور، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.  
<sup>۳</sup>استادیار بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	سابقه و هدف: کاهش نزولات جوی، گرم‌تر شدن زمین و کمبود منابع آبی از جمله آثار مخرب تغییرات اقلیمی می‌باشد لذا معرفی گیاهان کم آب‌بر و مقاوم به گرما و خشکی به‌عنوان منابع گیاهان علوفه‌ای جدید، ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، کشت علوفه کم آب‌بر و مقاوم به خشکی مانند ارقام جدید گیاه آمارانت، در دستور کار قرار گرفت. البته اطلاعات اندکی از نحوه سیلوسازی و ارزش تغذیه‌ای علوفه ارقام جدید آمارانت کشت‌شده در استان گرم و مرطوب گلستان، موجود می‌باشد که هدف این پژوهش، تعیین خصوصیات سیلویی، تخمیرپذیری، قابلیت هضم، انرژی و پروتئین قابل متابولیسم علوفه سه رقم جدید آمارانت کشت‌شده در استان گلستان، بود.
مقاله کامل علمی- پژوهشی	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۱۵	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۱۰/۴	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۵	
واژه‌های کلیدی:	
آمارانت	
تولیدگاز	
خصوصیات سیلویی	
قابلیت هضم	
مواد و روش پژوهش: علوفه سه رقم جدید آمارانت شامل لورآ، سیم و خارکفسکی، در مزرعه تحقیقاتی عراقی محله در استان گلستان کشت و در زمان گلدهی برداشت شدند. علوفه‌ها به قطعات دو الی چهار سانتی‌متر خرد و با نسبت وزنی پنج درصد ملاس و نیز پنج درصد کاه گندم مخلوط شده و در ظرف‌های ده کیلوگرمی سیلو شدند. پس از گذشت ۴۵ روز، در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سیلوها بازگشایی شده و ارزیابی ظاهری-حسی و خصوصیات سیلویی تیمارهای آزمایشی انجام شد. سپس ترکیبات شیمیایی شامل ماده خشک (مزرعه‌ای و سیلویی)، پروتئین خام، خاکستر خام، چربی خام و قند محلول در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. آزمایش‌های تولید گاز با استفاده از شیرابه شکمبه سه رأس گاو تالشی فیستول‌گذاری شده شکمبه (در زمان‌های مختلف تخمیر شامل ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ ساعت)، قابلیت هضم، تعیین انرژی و پروتئین قابل متابولیسم (در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار در سه تکرار) انجام شد. درنهایت، انرژی و پروتئین قابل متابولیسم و نیز خوراک مصرفی روزانه تیمارهای آزمایشی به دست آمدند.	
یافته‌ها: ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام، خاکستر خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، قند محلول و کربوهیدرات غیر فیبری سیلوی علوفه سه رقم لورآ به ترتیب ۲۳/۰، ۱۸/۸، ۰/۹۷،	

۲۱/۲، ۳۰/۵، ۲/۵ و ۲۸/۶ درصد ماده خشک شد. مجموع ارزیابی ظاهری-حسی، نقطه فلیگ، نیتروژن آمونیاکی (میلی گرم)، اسیداستیک (میلی گرم)، اسیدلاکتیک (میلی گرم)، اسیدپروپیونیک در سیلوی علفه رقم لورا به ترتیب ۱۵/۸، ۷۸/۷، ۴/۴، ۱۸/۴، ۴۵/۰ و ۱۵/۱ شدند. تولید گاز سیلوی رقم‌های لورا، سیم و خارکفسکی (در زمان ۲۴ ساعت تخمیر شکمبه‌ای به ازای ۲۰۰ میلی گرم) به ترتیب ۴۵/۳، ۴۳/۹ و ۴۲/۱ میلی لیتر بود. قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی در سیلوی علفه رقم لورا به ترتیب ۶۶/۵ و ۷۰/۲ درصد شد. مقادیر انرژی قابل هضم، انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص و قابلیت هضم (ماده خشک، ماده آلی و ماده آلی در ماده خشک) علفه و سیلاژ رقم لورا بیشتر از دو رقم دیگر بود. ارزش نسبی علفه‌ای، کیفیت نسبی تغذیه‌ای و ضریب خوراک مصرفی (گرم در روز به ازای کیلوگرم وزن زنده در شرایط نگهداری) در علفه سیلوی شده آمارانت (رقم لورا) به ترتیب ۱۲۲/۳، ۱۰۸/۰ و ۴۳/۸ شد.

**نتیجه‌گیری کلی:** سیلوی علفه رقم لورا به دلیل داشتن خصوصیات سیلویی بهتر و پروتئین خام، تولید گاز، قابلیت هضم بیشتر و پروتئین و انرژی قابل متابولیسم بالاتر و نیز ارزش نسبی علفه‌ای، کیفیت نسبی تغذیه‌ای و خوراک مصرفی مناسب‌تر نسبت به بقیه تیمارهای آزمایشی، دارای کیفیت بهتری برای تغذیه نشخوارکنندگان بود.

**استناد:** صفایی، ا.ر.، آقاشاهی، ع.ر.، فیض‌بخش، م.ت. (۱۴۰۲). خصوصیات سیلویی، تخمیرپذیری، قابلیت هضم، انرژی و پروتئین قابل متابولیسم سیلاژ علفه سه رقم جدید آمارانت (*Amaranthus hypochondriacus*). پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۱(۱)، ۷۴-۵۵

DOI: 10.22069/ejrr.2023.20396.1856



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

تاج خروس از دیرباز در تغذیه انسان‌ها کاربرد داشته و بوعلی سینا در کتاب قانون جلد سوم، خوردن دانه آن را برای افراد نحیف، توصیه نموده است. متأسفانه تاج خروس را بیشتر به‌عنوان گیاه زینتی و علف هرز شناسایی می‌نمایند. امروزه با اصلاح نژاد در گیاه تاج خروس علوفه‌ای و پر محصول، آن را آمارانت نامیده و در کشت، تولید و کاربرد آن تأکید شده است. کاهش نزولات جوی، گرم‌تر شدن زمین و در نتیجه کمبود منابع آبی از جمله آثار مخرب تغییرات اقلیمی محسوب می‌شود. لذا معرفی گیاهان کم آب‌بر و مقاوم به گرما و خشکی به‌عنوان منابع گیاهان علوفه‌ای جدید، ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به کمبود مواد خوراکی برای نشخوارکنندگان، لازم است منابع جدید علوفه‌ای شناسایی شده و روش صحیح نگهداری آن‌ها، بررسی شود (Ayneband و همکاران، ۲۰۰۷). آمارانت (شبه غله چهار کربنی) دارای ۶۰ رقم بوده که نه رقم آن در ایران وجود دارد. البته کشت ارقام جدید وارداتی و اصلاح‌شده از جمله خارکفسکی، سیم و لورا نیز در ایران، شروع شده و مقدار برداشت علوفه تازه آمارانت در حدود ۱۰۰ تن در هکتار بوده و نیاز آبی آن در حدود ۷۵ درصد ذرت علوفه‌ای است که بر اساس این خصوصیات کمی و کیفی و نیز ارزش اقتصادی این علوفه، چند برابر می‌گردد (Ayneband و همکاران، ۲۰۰۷). چندین مطالعه نشان داده که کیفیت تغذیه‌ای آمارانت از غلات معمول و محصولات علوفه‌ای بالاتر است (Sanchez, ۱۹۹۰; Church, ۱۹۹۱). رشد بره‌های تغذیه‌شده با آمارانت مشابه یونجه بوده است (Pond و Lehman, ۱۹۸۹). ارزش تغذیه‌ای علوفه آمارانت معمولاً از لحاظ دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی سلولز، لیگنین، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه، از

علوفه‌های معمول بهتر می‌باشد (Castelan و همکاران، ۲۰۰۳). مطالعات تغذیه‌ای با گوساله‌ها و گوسفند به ترتیب نشان داده که برگ‌های آمارانت، عملکرد رشد را در مقایسه با آنچه که از علف یولاف و یونجه به‌دست آمده، بیشتر افزایش داده است (Pond و همکاران، ۱۹۹۱; Weber و همکاران، ۲۰۱۲). در دنیا سیلونمودن علوفه‌ها، روش مناسبی برای نگهداری طولانی مدت علوفه به شمار می‌رود (Khorvash و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین در کشورهای اروپایی دامداران به‌صورت میانگین ۵۰ الی ۶۰ درصد علوفه مصرفی نشخوارکنندگان با علوفه‌های سیلویی جایگزین می‌شود. از جمله مزایای سیلو نمودن علوفه، افزایش ماندگاری و نیز کاهش سموم باقیمانده و متابولیت‌های ثانویه گیاهی می‌باشد (Svirskis, ۲۰۰۳). البته که با تعلیف علوفه سیلویی مقادیر قابل توجهی آب در اختیار حیوان قرار گرفته و هزینه تولید خوراک کاهش می‌یابد. در ضمن با سیلو نمودن علوفه‌ها از تلفات جابجایی، نگهداری و مخلوط نمودن خوراک (افت از تولید تا آخور) به‌شدت کاهش می‌یابد (به‌خصوص در مورد گیاه پهن برگ مانند آمارانت). هرچند که سیلو نمودن علوفه‌ها منجر به افزایش خوش‌خوراکی و حفظ ویتامین‌ها می‌گردد. عوامل متعددی بر روی کمیت و کیفیت مواد سیلویی تأثیرگذار می‌باشد. در مطالعه‌ای آمده است که برای بررسی کنتیک تخمیر شکمبه‌ای خوراک نشخوارکنندگان، می‌توان از روش تولید گاز (در شرایط برون تنی) استفاده نمود (Maleki و Zaboli, ۲۰۱۶). در پژوهشی، تعداد ۵۰ رأس بره نر مغانی با میانگین ۲۸ کیلوگرم به مدت ۹۸ روز پروراندی استفاده شد. سطوح کاربردی سیلاژ آمارانت به جای سیلاژ ذرت به ترتیب صفر، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود. خوراک‌دهی به‌صورت روزانه و نیز در دو وعده انجام می‌شده که با

افزایش سطوح سیلاژ آمارانت مقادیر خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه و اسید بوتیریک شکمبه افزایش نشان داده است (Rouzbehan و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین در تحقیقاتی اثر زمان برداشت و مقدار کود نیتروژنه را برای روی خصوصیات علوفه‌ای آمارانت بررسی شد. در نتایج آن‌ها آمده است که تولید گاز (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم)، قابلیت هضم ماده آلی (گرم در کیلوگرم) و انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم) علوفه آمارانت در برداشت ۴۰ روزگی (با مصرف کود نیتروژنه ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب ۲۴/۳، ۴/۶ و ۸/۷ بودند که با افزایش مقدار کود نیتروژنه، تولید گاز و انرژی قابل متابولیسم نیز افزایش داشته ولی با افزایش سن گیاه مقدار آن‌ها کاهش نشان داده است (Sarmadi و همکاران، ۲۰۱۶). با افزایش مقدار مصرف کود تولید گاز متان (از ۲۹/۱ به ۲۶/۷ میلی‌لیتر در گرم نمونه) نیز کاهش داشته است. در پژوهشی آمارانت رقم ماریا در ظروف پلاستیکی سیلو شده و پس از ۶۰ روز بازگشایی شدند. آزمایش آن‌ها تخمیرپذیری برون‌تنی و کیسه‌های نایلونی بوده که انرژی و پروتئین قابل متابولیسم را به دست آوردند (Shadi و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به پتانسیل‌های بالقوه سیلاژ آمارانت در تغذیه نشخوارکنندگان، انجام این پژوهش ضروری به نظر می‌رسد و هدف آن، تعیین خصوصیات سیلویی، تخمیرپذیری، قابلیت هضم، انرژی و پروتئین قابل متابولیسم علوفه سه رقم جدید آمارانت کشت شده در استان گلستان، بود.

### مواد و روش‌ها

تهیه علوفه و سیلوسازی آمارانت: علوفه سه رقم جدید و اصلاح شده آمارانت شامل خارکفسکی (Kharkovsky)، لورا (Laura) و سیم (Sim)، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (عراقی محله)

وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان کشت و در مرحله گلدهی برداشت شد. سپس در ظرف‌های درب‌دار ۱۰ کیلوگرمی با پنج درصد وزنی ملاس و نیز پنج درصد وزنی کاه گندم، مخلوط و سیلو شدند. سیلوسازی با استفاده از فشار و کوبیدن علوفه‌ها و تخلیه هوای سیلوها، انجام شد. در ادامه ظرف‌های سیلویی به موسسه تحقیقات علوم دامی واقع در کرج منتقل و بعد از گشت ۴۵ روز، بازگشایی شدند. سپس توسط محققین، ارزیابی ظاهری-حسی (شامل بو، رنگ، استحکام بافت و کپک‌زدگی ظاهری) صورت گرفت. در آزمایشگاه مذکور ماده خشک، pH، امتیاز فلیگ، اسیدهای آلی چرب کوتاه زنجیر سیلاژها (شامل اسید استیک، اسیدلاکتیک، اسیدپروپیونیک با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی طیف‌سنجی) و نیتروژن آمونیاکی اندازه‌گیری شدند (Kilic, ۱۹۸۶). ترکیب شیمیایی تیمارهای آزمایشی (با سه تکرار) شامل پروتئین خام، چربی خام، خاکستر به‌روش تجزیه تقریبی و براساس روش انجمن رسمی شیمی دانان کشاورزی انجام شدند (AOAC, ۲۰۰۵)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین خام اندازه‌گیری شدند (VanSoest, ۱۹۶۷ ; VanSoest, ۱۹۹۴). همچنین سلولز خام، همی سلولز (Czerkawski, ۱۹۸۶) و کربوهیدرات غیر فیبری بر اساس روش انجمن تحقیقات ملی (NRC, ۲۰۲۱) محاسبه شدند.

آزمایش تولید گاز با استفاده از دام‌های فیستول‌گذاری شده: ابتدا شیرابه شکمبه از سه رأس گاو نرتالشی (دارای فیستول شکمبه) به وزن  $20 \pm 35$  کیلوگرم (Safaei و همکاران، ۲۰۰۷)، که به‌صورت افرادی و در حد نگهداری تغذیه می‌شدند (طبق جدول ۱)، انجام گرفت (NRC, ۲۰۲۱). سپس در سرنگ‌های مدرج ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه و ۲۰ میلی‌لیتر

حداکثر پتانسیل تولید گاز یا مجموع گاز بخش زود تخمیر و دیرتخمیر (میلی لیتر)، t: زمان‌های تولید گاز (ساعت)، CP: پروتئین خام (درصد)، EE: چربی خام (درصد)، Ash: خاکستر خام (درصد)، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خشتی (درصد)، ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)، ADL: لیگنین خام (درصد)، OMD: قابلیت هضم ماده آلی (گرم بر کیلوگرم)، RFV: ارزش نسبی تغذیه‌ای (بدون واحد اندازه‌گیری)، RFQ: کیفیت نسبی علوفه‌ای (بدون واحد اندازه‌گیری).

**آزمایش قابلیت هضم مواد مغذی:** قابلیت هضم دو مرحله‌ای تیلی و تری (Tilley و Terry, 1963) برای ماده آلی، ماده خشک و ماده آلی در ماده خشک تیمارهای آزمایشی (سیلو شده و نشده)، با استفاده از مخلوط شیرابه صاف‌شده شکمبه سه رأس گاو نرتالشی فیستولاگذاری شده مذکور (تغذیه انفرادی شده در شرایط نگهداری)، در ارلن‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری طی شرایط انکوباسیون شکمبه‌ای به مدت ۴۸ ساعت، بر روی نمونه‌های آزمایشی صورت گرفت. محتویات ارلن‌ها شامل ۵۰۰ میلی‌گرم تیمار آزمایشی، دو میلی‌لیتر آب مقطر، ۵۰ میلی‌لیتر مخلوط شیرابه شکمبه و بزاق مصنوعی (به نسبت یک به چهار) بودند (هضم میکروبی). در مرحله بعد به همه نمونه‌ها شش میلی‌لیتر محلول اسیدکلریدریک شش مولار (۲۰ درصد) و دو میلی‌لیتر محلول پپسین (۲۰ درصد) اضافه شدند (هضم شیمیایی). سپس محتویات ارلن‌ها با استفاده از کاغذ واتمن شماره ۴۱ (بدون پمپ خلأ) صاف‌شده و ماده خشک و نیز خاکستر خام آن‌ها با نمونه اولیه مقایسه شدند و در نهایت قابلیت هضم تیمارهای آزمایشی به دست آمد. همچنین ارزش نسبی تغذیه‌ای، کیفیت نسبی علوفه‌ای و نیز خوراک مصرفی در شرایط نگهداری (معادل یک کیلوگرم وزن زنده متابولیکی) محاسبه شد (Kilic, 1986; Valls و Tisserand, 2004).

بزاق مصنوعی به‌مراه ۱۰ میلی‌لیتر شیرابه شکمبه ریخته شده و در دستگاه گرمخانه چرخنده (در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد) در زمان‌های مختلف تخمیر شامل ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت قرائت انجام شد (Steingass و Menke, 1988). سپس فراسنجه‌های تولید گاز، با نرم‌افزار کمکی فیت‌کرو (Fit-curve) سال ۱۹۹۵، پردازش شدند (Chen, 1995). معادله‌های مورداستفاده عبارت‌اند از (Makkar, 2005; McDonald و همکاران, 2010; Tisserand و Valls, 2004; Givens و همکاران, 2000; Menke و Steingass, 1988; Czerkawski, 1986; Gao و همکاران, 2021):

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

$$\text{DM}(\%) = 100 - \text{CP} - \text{NDF} - \text{EE} - \text{Ash}$$

$$\text{DM}(\%) = \text{NDF} - \text{ADF}$$

$$\text{DM}(\%) = \text{ADF} - \text{ADL}$$

$$\text{Flieg's Point} = (220 + ((2 * \text{DM}(\%)) - 15) - (40 * \text{pH})) - 0.0222 \text{ Gas}_{24\text{h}} - 0.00245$$

فرار کوتاه زنجیر

$$\text{g/Kg} = 19.3 * \text{OMD}$$

$$\text{MJ/Kg} = 2.2 + 0.136 \text{ Gas}_{24\text{h}} + 0.057 \text{ CP} + 0.00286 \text{ EE}^2$$

$$\text{MJ/Kg} = 4.22 - (0.11 * \text{ADF}) + (0.332 * \text{CP}) + (0.00112 * \text{ADF}^2)$$

$$\text{MJ/Kg} = 0.096 \text{ Gas}_{24\text{h}} + 0.038 \text{ CP} + 0.00173 \text{ EE}^2 + 0.54$$

$$\text{g/KgW}^{0.75} = 2.6 + 0.49(a+b) + 339(c) + 0.17(\text{CP})$$

$$\text{RFV} = -875.540 +$$

$$25.109 \text{ Gas}_{24\text{h}}$$

$$\text{RFQ} = 1.1446 \text{ RFV} - 32.224$$

Y: توانایی تولید گاز (میلی لیتر)، e: عدد نپرین، Gas<sub>24h</sub>: تولید گاز (میلی لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک طی ۲۴ ساعت تخمیر شکمبه‌ای)، a, b و c: به ترتیب حجم گاز بخش زود تخمیر (میلی لیتر)، بخش دیرتخمیر (میلی لیتر) و نرخ تولید گاز (میلی لیتر در ساعت)، (a+b):

جدول ۱- درصد مواد خوراک گاوها (ترکیب شیمیایی و انرژی جیره مصرفی)

Table 1. Ingredients and chemical composition of the cow's diets

درصد در جیره (Diet%)	اجزاء جیره (Ingredients)
30.0	یونجه (Alfalfa)
40.0	کاه گندم (Wheat straw)
8.0	کنجاله سویا (Soybean meal)
16.0	دانه جو (Corn grain)
0.5	کربنات کلسیم (Calcium carbonate)
4.15	سبوس گندم (Wheat bran)
0.15	بی‌کربنات سدیم (sodium bicarbonate)
0.5	مکمل معدنی + ویتامینی* (Premix Mineral + Vitamin)
0.15	دی کلسیم فسفات (Di-calcium phosphate)
0.55	نمک (Salt)

  

ترکیبات شیمیایی جیره (Chemical composition of diet)	
انرژی قابل متابولیسم (ME) (MCal/Kg) 2.5	پروتئین خام (CP) 13.5 %
پروتئین قابل متابولیسم (MP) (g/Kg) 110	کلسیم (Ca) 0.8 %
پروتئین تجزیه پذیر مؤثر (ERDP) 48 %	فسفر (P) 0.4 %
پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه (RUP) 25 %	الیاف نامحلول در شوینده خشی (NDF) 28 %

\* ترکیبات مخلوط معدنی - ویتامینه: ویتامین A ۵۰۰۰۰۰ IU بر کیلوگرم، ویتامین D<sub>3</sub> ۱۰۰۰۰۰ IU بر کیلوگرم، ویتامین E ۱ گرم بر کیلوگرم، کلسیم ۱۸۰ گرم بر کیلوگرم، فسفر ۹۰ گرم بر کیلوگرم، منیزیم ۲۰ گرم بر کیلوگرم، سدیم ۶۰ گرم بر کیلوگرم، منگنز ۲ گرم بر کیلوگرم، روی ۳ گرم بر کیلوگرم، کبالت ۱ گرم بر کیلوگرم، سلنیوم ۱ گرم بر کیلوگرم، ید ۱ گرم بر کیلوگرم، آنتی‌اکسیدانت‌ها ۳ گرم بر کیلوگرم.

\*Mineral-vitamin mix compositions: 500,000 IU/kg of vitamin A; 100,000 IU/kg of vitamin D<sub>3</sub>; 1.0 g/kg of vitamin E; 180 g/kg of Ca; 90 g/kg of P; 20 g/kg of Mg; 60 g/kg of Na; 2.0 g/kg of Mn; 3.0 g/kg of Zn; 1.0 g/kg of Co; 1.0 g/kg of Se; 1.0 g/kg of I; 3.0 g/kg of Antioxidants (NRC, 2021).

## نتایج و بحث

در جدول ۲، ترکیبات شیمیایی (شاخص‌های تجزیه تقریبی) تیمارهای آزمایشی گزارش شده که ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام در علوفه رقم لورا و نیز در علوفه سیلویی رقم لورا به صورت معنی‌داری بیشتر از بقیه علوفه‌های آمارانت (سیلو شده و نشده) بود ( $P < 0.01$ ). البته در مقادیر ماده آلی، خاکستر خام و چربی خام علوفه‌های سیلو شده و نشده آمارانت، اختلاف معنی‌داری بین رقم‌های جدید مشاهده نشد ( $P > 0.01$ ).

تجزیه و تحلیل آماری: این پژوهش با شش تیمار آزمایشی (شامل سه رقم جدید علوفه آمارانت سیلو شده و سیلو نشده لورا، خارکفسکی و سیم) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد (با سه تکرار) انجام شد. داده‌ها با نرم‌افزار آماری R نسخه ۴.۲.۰ سال ۲۰۲۲ تجزیه و تحلیل شدند (R, ۲۰۲۲). مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و سطح خطای پنج درصد، انجام شد.

مدل آماری طرح کاملاً تصادفی:

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

$Y_{ik}$ : مقدار هر مشاهده،  $\mu$ : میانگین صفت مورد آزمایش،  $T_i$ : اثر نوع ماده خوراکی،  $e_{ik}$ : اثر خطای آزمایشی (باقیمانده).



جدول ۲- ترکیبات شیمیایی (درصد ماده خشک) ارقام مختلف آمارانت (علوفه و سیلاژ)

Table 2. Chemical composition (%DM) of *Amaranthus* different cultivars (forage and silage)

Approximate analysis						تیمارها Treatments
NFC	Ash	EE	CP	OM	DM	
کربوهیدرات غیر فیبری	خاکستر خام	چربی خام	پروتئین خام	ماده آلی	ماده خشک	
27.7 <sup>ab</sup>	20.7	0.93	22.4 <sup>a</sup>	79.3	17.6 <sup>b</sup>	علوفه لورا Laura forage
26.2 <sup>b</sup>	21.8	1.13	20.1 <sup>b</sup>	78.3	16.0 <sup>c</sup>	علوفه خارکفسکی Kharkovsky forage
27.5 <sup>ab</sup>	21.8	0.85	18.7 <sup>c</sup>	78.2	16.0 <sup>c</sup>	علوفه سیم Sim forage
1.6	1.1	0.2	1.7	1.1	1.8	SEM (Forages)
S	NS	NS	HS	NS	S	SIG (Forages)
28.6 <sup>a</sup>	21.2	0.97	18.8 <sup>c</sup>	78.8	23.0 <sup>a</sup>	سیلوی لورا Laura silage
26.4 <sup>b</sup>	21.6	1.28	17.0 <sup>d</sup>	78.4	22.0 <sup>a</sup>	سیلوی خارکفسکی Kharkovsky silage
28.7 <sup>a</sup>	22.2	0.93	17.1 <sup>d</sup>	77.8	19.9 <sup>b</sup>	سیلوی سیم Sim silage
1.5	1.0	0.3	1.9	0.9	0.9	SEM (Silages)
S	NS	NS	S	NS	HS	SIG (Silages)
1.5	1.0	0.2	2.0	1.0	2.8	SEM (Total)
S	NS	NS	S	NS	HS	SIG (Total)

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه معنی داری بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0.05). HS: بسیار معنی دار (P<0.01). S: معنی دار (P<0.05). NS: عدم معنی داری (P>0.05). SEM: خطای استاندارد بین میانگین‌ها. SIG: سطح معنی داری. DM: ماده خشک. OM: ماده آلی. CP: پروتئین خام. EE: چربی خام. NFC: خاکستر خام. Ash: قندهای غیر فیبری.

Different letters in each column, indicated significantly different means (P<0.05). HS: High Significant (P<0.01). S: Low Significant (P<0.05). NS: Non-Significant (P>0.05). SEM: Standard Error of Means, SIG: Significantly. DM: Dry Matter. OM: Organic Matter. CP: Crude Protein. EE: Ether Extract. Ash: Crude Ash. NFC: Non-Fiber Carbohydrate.

از جمله الیاف نامحلول در شوینده ختشی و شوینده اسیدی و نیز سلولز خام بیشترین و در قند محلول و لیگنین خام کمتر از بقیه تیمارهای آزمایشی شد. البته در علوفه رقم سیم مقدار لیگنین خام بیشتر از همه علوفه‌های آزمایشی (سیلو نشده و سیلونشده) شد که ارتباط مستقیمی با نژاد و رقم کشت شده آمارانت دارد (VanSoest و همکاران، ۱۹۹۱).

تمامی شاخص‌های دیواره سلولی شامل الیاف نامحلول در شوینده ختشی و نیز شوینده اسیدی، لیگنین خام، قند محلول، همی سلولز و سلولز خام (گزارش شده در جدول ۳) دارای تفاوت معنی داری در بین علوفه‌های سیلو شده و سیلو نشده آمارانت (رقم-های لورا، خارکفسکی و سیم) بودند (P<0.05) که علوفه آمارانت سیلو نشده و سیلو شده (رقم خارکفسکی) برای شاخص‌های دیواره سلولی گیاهی

جدول ۳- ترکیبات دیواره سلولی (درصد ماده خشک) ارقام مختلف آمارانت (علوفه و سیلاژ)

Table 3. Chemical of cell wall (%DM) of *Amaranthus* different cultivars (forage and silgae)

VanSost index						تیمارها Treatments
CC	HC	WSC	ADL	ADF	NDF	
سلولز خام	همی سلولز	قند محلول در آب	لیگنین خام	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	الیاف نامحلول در شوینده خنثی	
14.4 <sup>d</sup>	9.1 <sup>c</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>e</sup>	19.2 <sup>c</sup>	28.3 <sup>d</sup>	علوفه لورا Laura forage
15.5 <sup>b</sup>	10.3 <sup>b</sup>	5.4 <sup>b</sup>	5.0 <sup>d</sup>	20.5 <sup>b</sup>	30.8 <sup>c</sup>	علوفه خارکفسکی Kharkovsky forage
14.8 <sup>d</sup>	10.5 <sup>b</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	20.7 <sup>b</sup>	31.2 <sup>b</sup>	علوفه سیم Sim forage
1.0	1.0	0.3	1.0	1.6	2.4	SEM (Forages)
NS	S	S	NS	S	S	SIG (Forages)
15.3 <sup>b</sup>	10.1 <sup>b</sup>	2.5 <sup>c</sup>	5.1 <sup>c</sup>	20.4 <sup>b</sup>	30.5 <sup>c</sup>	سیلوی لورا Laura silage
16.6 <sup>a</sup>	11.8 <sup>a</sup>	2.4 <sup>d</sup>	5.3 <sup>b</sup>	21.9 <sup>a</sup>	33.7 <sup>a</sup>	سیلوی خارکفسکی Kharkovsky silage
15.0 <sup>c</sup>	10.2 <sup>b</sup>	2.5 <sup>c</sup>	5.9 <sup>a</sup>	20.9 <sup>b</sup>	31.1 <sup>b</sup>	سیلوی سیم Sim silage
1.2	1.1	0.2	0.7	0.7	1.8	SEM (Silages)
S	S	S	S	S	S	SIG (Silages)
7.7	1.5	7.7	7.7	1.3	2.2	SEM (Total)
S	S	HS	S	S	S	SIG (Total)

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه معنی داری بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0/05): HS: بسیار معنی‌دار (P<0/01): S: معنی‌دار (P<0/05): NS: عدم معنی داری (P>0/01): SEM: خطای استاندارد بین میانگین‌ها، SIG: سطح معنی داری. NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی. ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی. ADL: لیگنین خام. WSC: قند محلول در آب. Hemi: همی سلولز. CF: سلولز خام.

Different letters in each column, indicated significantly different means (P<0.05). HS: High Significant (P<0.01). S: Low Significant (P<0.05). NS: Non-Significant (P>0.05). SEM: Standard Error of Means, SIG: Significantly. NDF: Natural Detergent Fiber. ADF: Acide Detergent Fiber. ADL: Crude Lignin. WSC: Water Solubel Carbohydrate. HC: Hemi Cellulose. CC: Crude Cellulose.

نتایج اسیدهای آلی سیلویی (شامل اسیدلاکتیک، اسیداستیک و اسیدپروپیونیک)، نیتروژن آمونیاکی علوفه‌های سیلو شده آمارانت در جدول ۵ ارائه شده است. همه اسیدهای آلی و نیز نسبت اسیدلاکتیک به اسیداستیک و مجموع اسیدهای آلی در علوفه سیلو شده آمارانت رقم لورا بیشتر از بقیه علوفه‌های سیلویی بود (P<0/01). البته فقط نیتروژن آمونیاکی این رقم از بقیه تیمارهای سیلویی کمتر شد که نشانه عدم تخریب مواد سیلویی در فرآیند سیلو شدن، است.

خصوصیات سیلویی (ارزیابی ظاهری-حسی شامل رنگ، بو، استحکام و عدم کپک‌زدگی)، pH و نقطه فلیگ علوفه‌های سیلو شده آمارانت در جدول ۴ گزارش شده است. در بین علوفه‌های سیلو شده آمارانت، رقم لورا دارای کمترین مقدار pH و نیز بیشترین مقادیر نقطه فلیگ بود. همچنین امتیاز مجموع ارزیابی ظاهری-حسی در رقم لورا به صورت معنی داری از بقیه رقم‌های سیلاژ آمارانت، بیشتر شد (P<0/01).

جدول ۴- ارزیابی علوفه سیلویی ارقام مختلف آمارانت

Table 4. Evaluation of silage forages of *Amaranthus* different cultivars

SES	SS <sub>4</sub>	SS <sub>3</sub>	SS <sub>2</sub>	SS <sub>1</sub>	FP	pH	تیمارها
امتیاز کل ارزیابی	استحکام بافت	بوی اسیدی	رنگ گیاه	بدون کپک زدگی	نقطه فلیگ	پی اچ	Treatments
15.8 <sup>a</sup>	4.4	3.5	4.0 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	78.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>b</sup>	سیلوی لورا Laura silage
14.4 <sup>b</sup>	3.9	2.8	3.8 <sup>b</sup>	3.9 <sup>a</sup>	72.2 <sup>b</sup>	4.5 <sup>b</sup>	سیلوی خارکفسکی Kharkovsky silage
13.2 <sup>c</sup>	3.2	2.9	3.7 <sup>b</sup>	3.4 <sup>b</sup>	61.5 <sup>c</sup>	5.0 <sup>a</sup>	سیلوی سیم Sim silage
1.2	0.6	0.6	0.4	0.4	7.7	0.3	SEM
HS	NS	NS	S	S	HS	S	SIG

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه معنی داری بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0.05). HS: بسیار معنی‌دار (P<0.01). S: معنی‌دار (P<0.05). NS: عدم معنی‌داری (P>0.05). SEM: خطای استاندارد بین میانگین‌ها. SIG: سطح معنی‌داری. pH: قدرت اسیدی. FP: نقطه فلیگ. SS<sub>1</sub>: بدون کپک‌زدگی. SS<sub>2</sub>: رنگ گیاه. SS<sub>3</sub>: بوی اسیدی. SS<sub>4</sub>: استحکام بافت. SES: امتیاز کل ارزیابی.

Different letters in each column, indicated significantly different means (P<0.05). HS: High Significant (P<0.01). S: Low Significant (P<0.05). NS: Non-Significant (P>0.05). SEM: Standard Error of Means, SIG: Significantly. pH: Acid power. SS<sub>1</sub>: Non-Moldy. SS<sub>2</sub>: Plant Color. SS<sub>3</sub>: Acid smell. SS<sub>4</sub>: Tissue strength. SES: Sensory Evaluation Score (SES=SS<sub>1</sub>+SS<sub>2</sub>+SS<sub>3</sub>+SS<sub>4</sub>). FP: Flieg Pointe (220+((2\*DM%)-15) -(40\*pH)).

جدول ۵- اسیدهای آلی و نیتروژن آمونیاکی (درصد ماده خشک) علوفه سیلویی ارقام مختلف آمارانت

Table 5. Organic acids and N-NH<sub>3</sub> of silage forages (%DM) of *Amaranthus* different cultivars

VFA	N-NH <sub>3</sub>	LA/AA	PA	AA	LA	تیمارها
اسیدهای آلی	نیتروژن آمونیاکی	نسبت اسید لاکتیک/استیک	اسید پروپیونیک	اسید استیک	اسید لاکتیک	Treatments
78.5 <sup>a</sup>	4.4 <sup>c</sup>	2.5 <sup>a</sup>	15.1 <sup>b</sup>	18.4 <sup>a</sup>	45.0 <sup>a</sup>	سیلوی لورا Laura silage
67.9 <sup>b</sup>	5.0 <sup>b</sup>	2.4 <sup>b</sup>	12.9 <sup>b</sup>	16.1 <sup>b</sup>	38.8 <sup>b</sup>	سیلوی خارکفسکی Kharkovsky silage
58.3 <sup>c</sup>	5.9 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	10.9 <sup>c</sup>	13.5 <sup>c</sup>	33.8 <sup>c</sup>	سیلوی سیم Sim silage
8.7	0.4	0.1	2.7	1.3	4.5	SEM
HS	HS	S	HS	HS	HS	SIG

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه معنی داری بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0.05). HS: بسیار معنی‌دار (P<0.01). S: معنی‌دار (P<0.05). NS: عدم معنی‌داری (P>0.05). SEM: خطای استاندارد بین میانگین‌ها. SIG: سطح معنی‌داری. LA: اسید لاکتیک. AA: اسید استیک. PA: اسید پروپیونیک. LA/AA: نسبت اسید لاکتیک به اسید استیک. N-NH<sub>3</sub>: نیتروژن آمونیاکی. VFA: اسیدهای آلی.

Different letters in each column, indicated significantly different means (P<0.05). HS: High Significant (P<0.01). S: Low Significant (P<0.05). NS: Non-Significant (P>0.05). SEM: Standard Error of Means, SIG: Significantly. LA: Lactic Acid. AA: Acetic Acid. PA: Propionic Acid. N-NH<sub>3</sub>: Nitrogen of Amonia. VFA: Organic Acids.

آمارانت در زمان‌های بین ۷۲ و ۹۶ ساعت تخمیر شکمبه‌ای، هیچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>0.01). یکی از دلایل افزایش تولید گاز در رقم لورا، بالا بودن مقدار پروتئین خام در این رقم می‌باشد.

یافته‌های تولید گاز در ساعات مختلف تخمیر شکمبه‌ای شش علوفه آزمایشی آمارانت (سیلو نشده و سیلوشده)، در جدول ۶ آورده شده است. در بین علوفه‌های سیلو نشده و سیلو شده آمارانت، رقم لورا بیشترین (P<0.01) مقدار تولید گاز در ۲۴ ساعت تخمیر را داشت. اما در بین علوفه‌های سیلو شده

جدول ۶- تولید گاز (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم) علوفه سیلو شده ارقام مختلف آمارانت

**Table 6. Gas production (%DM) on silaged forages of *Amaranthus* different cultivars**

Deferent times of fermentation (h)									تیمارها
زمان‌های مختلف تخمیر (ساعت)									Treatments
96	72	48	24	12	8	6	4	2	
64.8	59.5	56.2	46.0	33.4	23.3	16.5	11.0	7.5	علوفه لورا Laura forage
58.5	58.5	54.8	44.3	32.9	22.0	16.0	10.5	6.9	علوفه خارکفسکی Kharkovsky forage
57.0	57.0	52.8	42.3	32.4	21.1	14.6	9.9	6.3	علوفه سیم Sim forage
1.2	1.2	1.5	1.6	0.8	1.0	0.9	0.7	0.6	SEM (Forages)
HS	HS	HS	HS	HS	S	S	S	S	SIG (Forages)
51.4	51.4	48.6	45.3	32.2	22.3	14.8	10.8	7.4	سیلوی لورا Laura silage
50.7	50.7	48.4	43.9	30.2	18.3	14.5	9.7	6.5	سیلوی خارکفسکی Kharkovsky silage
50.3	50.3	47.8	42.1	29.0	17.7	13.3	9.3	6.1	سیلوی سیم Sim silage
0.6	0.8	0.7	1.4	1.5	2.2	0.8	0.8	0.6	SEM (Silages)
NS	NS	S	HS	S	HS	HS	S	S	SIG (Silages)
4.4	4.0	3.5	1.5	1.7	2.2	1.1	0.8	0.6	SEM (Total)
HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	SIG (Total)

HS: بسیار معنی‌دار ( $P < 0.01$ ). S: معنی‌دار ( $P < 0.05$ ). NS: عدم معنی‌داری ( $P > 0.01$ ). SEM: خطای استاندارد بین میانگین‌ها. SIG: سطح معنی‌داری. HS: High Significant ( $P < 0.01$ ). S: Low Significant ( $P < 0.05$ ). NS: Non-Significant ( $P > 0.05$ ). SEM: Standard Error of Means, SIG: Significantly.

نتایج انرژی هضمی، قابل متابولیسم و خالص (شیردهی) و نیز قابلیت هضم (شامل ماده آلی، ماده خشک و ماده آلی در ماده خشک) در جدول ۸ ارائه شده است. علوفه آمارانت رقم لورا، در بین علوفه‌های سیلو شده و نشده دارای بیشترین مقدار انرژی هضمی، قابل متابولیسم و خالص (شیردهی) و همچنین در همه انواع قابلیت هضم نیز بیشترین مقدار شده ( $P < 0.01$ ) و البته در رقم سیم کمترین مقدار به دست آمد ( $P < 0.01$ ) برتری مقدار انرژی قابل متابولیسم و نیز قابلیت هضم در سیلاژ علوفه آمارانت (رقم لورا) به دلیل افزایش پروتئین خام و تولید گاز بیشتر در این رقم است.

در جدول ۷، نتایج فراسنجه‌های تولید گاز (شامل گاز بخش نامحلول در آب و کند تخمیر، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شکمبه‌ای) و نیز ارزش نسبی علوفه‌ای و تغذیه‌ای، پروتئین قابل متابولیسم و ضریب خوراک مصرفی روزانه گزارش شده که در همه صفات مذکور در علوفه آمارانت رقم لورا (سیلو شده و سیلو نشده) به صورت معنی‌داری بیشتر از بقیه رقم‌ها بود ( $P < 0.01$ ). البته فقط در رقم سیم (علوفه سیلو شده و نشده) برای ثابت نرخ تولید گاز بیشترین مقدار شد ( $P < 0.01$ ). افزایش خوراک مصرفی روزانه، ارتباط مستقیم با افزایش قابلیت هضم و نیز انرژی و پروتئین قابل متابولیسم در رقم لورا دارد.

جدول ۷- فراسنجه‌های تولید گاز، ارزش نسبی علوفه‌ای و کیفیت نسبی تغذیه‌ای علوفه سیلو شده ارقام مختلف آمارانت

**Table 7. Parameters gas, RFV and RFQ on silaged forage of *Amaranthus* different cultivars**

DMi ماده خشک مصرفی	RFQ and RFV ارزش نسبی علوفه‌ای و تغذیه‌ای			Gas Parameters فراسنجه‌های تولید گاز			تیمارها Treatments
	RFQ کیفیت نسبی علوفه‌ای	RFV ارزش نسبی تغذیه‌ای	MP پروتئین قابل متابولیسم	SCFA اسیدهای چرب کوتاه زنجیر	C نرخ ثابت تولید گاز	B گاز بخش آهسته تخمیر	
50.0 <sup>a</sup>	110.0 <sup>a</sup>	124.3 <sup>a</sup>	142.5 <sup>a</sup>	1.02 <sup>a</sup>	0.05 <sup>c</sup>	62.7 <sup>a</sup>	علوفه لورا Laura forage
48.5 <sup>b</sup>	105.2 <sup>c</sup>	120.1 <sup>c</sup>	136.5 <sup>c</sup>	0.98 <sup>c</sup>	0.06 <sup>c</sup>	61.5 <sup>a</sup>	علوفه خارکفسکی Kharkovsky forage
47.3 <sup>b</sup>	99.5 <sup>d</sup>	116.8 <sup>d</sup>	133.1 <sup>d</sup>	0.94 <sup>d</sup>	0.06 <sup>c</sup>	60.6 <sup>b</sup>	علوفه سیم Sim forage
1.4	4.6	4.0	4.2	0.04	0.003	1.0	SEM (Forages)
HS	HS	HS	HS	HS	S	S	SIG (Forages)
46.8 <sup>c</sup>	108.0 <sup>b</sup>	122.3 <sup>b</sup>	138.2 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>	0.07 <sup>b</sup>	60.6 <sup>b</sup>	سیلوی لورا Laura silage
45.0 <sup>d</sup>	104.1 <sup>c</sup>	119.7 <sup>c</sup>	134.4 <sup>d</sup>	0.97 <sup>c</sup>	0.08 <sup>a</sup>	53.4 <sup>c</sup>	سیلوی خارکفسکی Kharkovsky silage
43.7 <sup>e</sup>	98.7 <sup>e</sup>	115.1 <sup>e</sup>	131.5 <sup>e</sup>	0.93 <sup>e</sup>	0.08 <sup>a</sup>	52.1 <sup>c</sup>	سیلوی سیم Sim silage
1.1	4.1	3.6	3.1	0.03	0.004	1.1	SEM (Silages)
S	HS	HS	HS	HS	S	S	SIG (Silages)
2.2	4.3	3.7	3.9	0.22	0.01	4.9	SEM (Total)
HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	SIG (Total)

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه معنی‌داری بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0.05). HS: بسیار معنی‌دار (P<0.01). S: معنی‌دار (P<0.05). NS: عدم معنی‌داری (P>0.05). SEM: خطای استاندارد بین میانگین‌ها. SIG: سطح معنی‌داری. B: گاز آهسته تخمیر ناشی از بخش نامحلول در آب (میلی‌لیتر). C: نرخ ثابت تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت). SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول). MP: پروتئین قابل متابولیسم (گرم بر کیلوگرم). RFQ: کیفیت نسبی علوفه‌ای. RFV: ارزش نسبی تغذیه‌ای. DMI: ماده خشک مصرفی (گرم بر کیلوگرم وزن متابولیکی در روز).

Different letters in each column, indicated significantly different means (P<0.05). HS: High Significant (P<0.01). S: Low Significant (P<0.05). NS: Non-Significant (P>0.05). SEM: Standard Error of Means, SIG: Significantly. B: The gas production from the slowly-soluble fraction (mL). C: Gas production rate (mL/h). SCFA: Short chain fatty acids (mmol). MP: Metabolizable Protein (g/Kg). RFQ: Relative Forage Quality, RFV: Relative Feed Value. DMI: Dry Matter Intake (g/Kg, W<sup>0.75</sup> body weight/in day).

۴۷/۸، ۵۵/۶، ۴۹/۰ و ۵۵/۹ درصد به دست آوردند که با نتایج تحقیقات حاضر متفاوت بوده و دلیل اصلی عدم این تطابق، مربوط به کشت و کاربرد علوفه رقم قدیمی (خارکف) آمارانت و نیز مرحله برداشت، در پژوهش آن‌ها می‌باشد. در پژوهش حاضر علوفه آمارانت رقم‌های لورا (به رنگ قرمز تیره)، خارکفسکی (به رنگ سبزه تیره) و سیم (به رنگ ابلق) اصلاح نژاد شده‌اند لذا اگزالات و نیترات تجمعی آن‌ها بسیار پایین بوده و کیفیت مواد مغذی بالایی دارند (Rahnama و Safaei، ۲۰۱۷).

در پژوهشی (Safaei و Fazaeli، ۲۰۰۷) آمده است که میزان ماده خشک سیلاژ آمارانت (برداشت شده در مراحل بذر دهی) ۲۵/۳ درصد و pH آن نیز ۴/۱۱ بوده و نیز پروتئین خام، خاکستر خام، یاف نامحلول در شوینده خنثی، کلسیم، فسفر، پتاسیم و منیزیم آن به ترتیب برابر با ۱۲/۹، ۱۳/۷، ۴۴/۵، ۱/۹، ۰/۲۶، ۳/۷، ۰/۶۸ درصد در ماده خشک می‌باشد و نیز قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، ماده آلی در ماده خشک پروتئین خام، یاف خام و انرژی‌ام که با روش جمع‌آوری مدفوع، به ترتیب ۵۵/۴، ۵۸/۳،

جدول ۸- انرژی و قابلیت هضم علوفه سیلو شده و سیلو نشده ارقام مختلف آمارانت

**Table 8. Digestibility and energy values on silage and forage of *Amaranthus* different cultivars**

Digestability index(%DM)			Energy index (MJ/Kg)			تیمارها Treatments
قابلیت هضم			شاخص انرژی			
DMD	DOMD	OMD	NE <sub>L</sub>	ME	DE	
قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک	قابلیت هضم ماده خشک	قابلیت هضم ماده آلی	انرژی خالص	انرژی قابل متابولیسیم	انرژی قابل هضم	
71.6 <sup>a</sup>	74.7 <sup>a</sup>	79.8 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	9.7 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	علوفه لورا Laura forage
69.7 <sup>b</sup>	73.5 <sup>b</sup>	76.7 <sup>b</sup>	5.6 <sup>b</sup>	9.3 <sup>c</sup>	11.1 <sup>b</sup>	علوفه خارکفسکی Kharkovsky forage
67.9 <sup>c</sup>	72.3 <sup>b</sup>	75.3 <sup>c</sup>	5.3 <sup>d</sup>	9.0 <sup>e</sup>	10.7 <sup>c</sup>	علوفه سیم Sim forage
2.8	2.5	2.2	0.2	0.3	0.4	SEM (Forages)
HS	HS	HS	S	HS	S	SIG (Forages)
66.5 <sup>d</sup>	70.2 <sup>c</sup>	73.8 <sup>d</sup>	5.6 <sup>b</sup>	9.4 <sup>b</sup>	11.1 <sup>b</sup>	سیلوی لورا Laura silage
62.5 <sup>e</sup>	66.9 <sup>d</sup>	71.3 <sup>e</sup>	5.4 <sup>c</sup>	9.2 <sup>d</sup>	10.8 <sup>c</sup>	سیلوی خارکفسکی Kharkovsky silage
60.4 <sup>f</sup>	64.6 <sup>e</sup>	68.9 <sup>f</sup>	5.2 <sup>e</sup>	8.9 <sup>f</sup>	10.5 <sup>d</sup>	سیلوی سیم Sim silage
2.3	1.3	1.9	0.2	0.2	0.3	SEM (Silages)
HS	HS	HS	HS	HS	HS	SIG (Silages)
7.7	3.7	2.0	0.2	0.3	0.3	SEM (Total)
HS	HS	HS	HS	HS	HS	SIG (Total)

حروف متفاوت در هر ستون، نشانه معنی داری بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0/05): HS: بسیار معنی دار (P<0/01): S: معنی دار (P<0/05): NS: عدم معنی داری (P>0/01): SEM: خطای استاندارد بین میانگین‌ها. SIG: سطح معنی داری. DE: انرژی قابل هضم (مگاژول بر کیلوگرم). ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم). NE<sub>L</sub>: انرژی خالص (مگاژول بر کیلوگرم). OMD: قابلیت هضم ماده آلی. DMD: قابلیت هضم ماده خشک. DOMD: قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک.

Different letters in each column, indicated significantly different means (P< 0.05). HS: High Significant (P< 0.01). S: Low Significant (P< 0.05). NS: Non-Significant (P> 0.05). SEM: Standard Error of Means, SIG: Significantly. DE: Digestible Energy. ME: Metabolizable Energy. NE<sub>L</sub>: Net Energy for Lactation. DMD: Dry Matter Digestibility. OMD: Organic Matter Digestibility, DOMD: Digestible Organic Matter in the Dry Matter.

در تأیید پتانسیل بالای آمارانت برای مصرف در نشخوارکنندگان آمده است که علف‌های خودرو از جمله آمارانت، جزء منابع خوراکی غیرمتعارف بوده و با غذای انسان نیز رقابت نمی‌کنند. ضمن اینکه بسیاری از آن‌ها جزء گیاهان دارویی محسوب شده و به دلیل داشتن اسانس یا عصاره از ارزش بالایی برخوردار هستند (Bayat-Kohsar و همکاران، ۲۰۲۰). رشد در شرایط خشکی و شرایط کم‌آبی،

در تحقیقاتی بیان شد که با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژنه، تولید گاز متان در شکمبه (از ۲۹/۱ به ۲۶/۷ میلی‌لیتر در گرم نمونه) نیز کاهش داشته است (Sarmadi و همکاران، ۲۰۱۸). پروتئین بالا و وجود مواد قندی سهل‌الهضم در علوفه منجر به بهبود تخمیر در شکمبه می‌گردد (Zarei و همکاران، ۲۰۲۲) لذا قابلیت هضم افزایش یافته و خوراک مصرفی نیز بیشتر می‌شود (VanSoest، ۱۹۹۱).

لیگنین خام به ترتیب ۴/۵، ۴/۵، ۳/۵ و ۳/۵ درصد، چربی خام به ترتیب ۳/۴، ۳/۳، ۲/۵ و ۲/۴ درصد، کربوهیدرات غیر فیبری به ترتیب ۳۰/۶، ۳۳/۲، ۲۰/۹ و ۳۰/۴ درصد، کلسیم به ترتیب ۲/۲، ۲/۳، ۱۷/۹ و ۱۷/۸ درصد، فسفر به ترتیب ۲/۱، ۲/۲، ۲/۷ و ۲/۶ درصد، انرژی قابل متابولیسم به ترتیب ۱۰/۸، ۱۰/۱، ۹/۵ و ۹/۲ مگاژول بر کیلوگرم بود. البته pH، نشاسته، نیتروژن آمونیاکی، اسیدلاکتیک، اسیداستیک، اسید پروپیونیک و اسید بوتریک در سیلوی آمارانت به ترتیب ۳/۹، ۱۰/۱، ۶۹/۳، ۸۱/۸، ۱۷/۳، ۱/۱ و ۱۴/۶ گرم در کیلوگرم و نیز در سیلوی ذرت علوفه‌ای به ترتیب ۴/۰، ۲۱/۳، ۵۱/۱، ۷۶/۷، ۱۹/۲، ۳/۱ و ۰/۹ گرم در کیلوگرم به دست آمد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

در تحقیق دیگری آمده است که با مصرف ۳۰۰ گرم در کیلوگرم سیلوی علوفه آمارانت در بره‌ها، ضریب خوراک مصرف روزانه آن‌ها ۷۶/۶ گرم در کیلوگرم وزن زنده بود (Rezaei و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعه‌ای اثر زمان برداشت و مقدار کود نیتروژنه را برای روی ارزش تغذیه‌ای علوفه آمارانت بررسی نمودند (Abbasi و همکاران، ۲۰۱۲). گزارشات آن‌ها بیان می‌کند که پروتئین خام، چربی خام، قند محلول، لیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، لیگنین خام، خاکستر خام، کلسیم، فسفر، سدیم و پتاسیم علوفه آمارانت در برداشت ۴۰ روزگی (با مصرف کود نیتروژنه ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب ۲۴/۳، ۴/۶، ۸/۷، ۳۵/۱، ۲۰/۷، ۲/۵، ۱۷/۸، ۲/۶، ۰/۶ و ۰/۸ و ۴/۶ درصد بودند که با افزایش مقدار کود نیتروژنه، پروتئین خام نیز افزایش داشته ولی با افزایش سن گیاه مقدار پروتئین خام کاهش نشان داده است.

همچنین در گزارشی آمارانت (رقم ماریا) در ظروف پلاستیکی سیلو شده و پس از ۶۰ روز بازگشایی شدند (Shadi و همکاران، ۲۰۱۸). آزمایش

سازگاری در زمین‌های با خاک‌ها و اقلیم‌های متفاوت باعث تمایز آن‌ها نسبت به گیاهان زراعی مرسوم، شده است. همچنین این گیاهان در مقایسه با گیاهان زراعی، از منابع غذایی خاک، با کارایی بهتری استفاده می‌کنند (Di-Tomasa، ۱۹۹۵). از این‌رو، علف‌های خودرو می‌توانند با بهره‌گیری از این ویژگی، رشد بیشتری داشته باشند.

در برخی کشورها با توجه به ویژگی‌های (Blummel و Bullerdieck، ۱۹۹۷) علف‌های خودرو مانند آمارانت، توجه ویژه‌ای به آن‌ها در زمینه کشت و استفاده از آن در تغذیه دام شده است. همچنین در برخی از دیگر کشورها از جمله کنیا، کشاورزان در مناطق با بارندگی کم، آمارانت را به ذرت ترجیح می‌دهند و نیز نشان داده شده است که در بیابان‌های ساحلی پرو، آمارانت (Weber و همکاران، ۱۹۸۸) به نصف میزان آبیاری ذرت نیاز دارد. آمارانت با توجه به تولید حجم زیادی توده زیستی در یک دوره زمانی کوتاه‌مدت، می‌تواند به‌عنوان علوفه در تغذیه دام‌های اهلی استفاده شود. در کشور چین آمارانت را برای تغذیه گاو کشت می‌کنند و در کشور پرو در یک فصل از چند چین علوفه آن استفاده می‌نمایند. در مناطق معتدل مکزیکی از پتانسیل این علف‌ها در تغذیه نشخوارکنندگان در تمام طول سال استفاده می‌شود و به دلیل هزینه پایین تولید، استفاده از آن‌ها برای دامدار مقرون به صرفه خواهد بود (Blummel و Bullerdieck، ۱۹۹۷).

در مطالعه دیگری (Rezaei و همکاران، ۲۰۱۴)، سیلوی آمارانت و ذرت علوفه‌ای را مورد ارزیابی قرار دادند که نتایج آن‌ها حاکی از آن است که ماده خشک ذرت علوفه‌ای و آمارانت (سیلو نشده و سیلو شده) به ترتیب ۲۱/۱، ۲۲/۰، ۲۱/۷ و ۲۳/۵ درصد، ماده آلی به ترتیب ۹۳/۶، ۹۲/۳، ۹۰/۸ و ۸۹/۰ درصد، پروتئین خام به ترتیب ۸/۷، ۷۷/۱، ۱۳/۴ و ۱۲/۲ درصد،

آن‌ها تخمیرپذیری به روش‌های برون تنی و کیسه‌های نایلونی بوده که انرژی و پروتئین قابل متابولیسم را به دست آوردند. پروتئین خام آمارانت سیلو نشده و سیلو شده به ترتیب ۱۹۹ و ۱۸۰ گرم در کیلوگرم بوده و همچنین pH آن‌ها به ترتیب ۳/۸ و ۴/۱ به دست آمد. آن‌ها نتیجه گرفتند که گیاه آمارانت رقم ماریا از نظر ترکیبات مواد مغذی و فراسنجه‌های تخمیرپذیری با ذرت علوفه‌ای قابل مقایسه می‌باشد و نیز دارای پروتئین خام بیشتری است. سیلاژ آمارانت برای تغذیه دام‌ها در مناطق کم آب مناسب می‌باشد که مشابه نتایج پژوهش حاضر است.

در پژوهش دیگری، تعداد ۵۰ رأس بره نر مغانی با میانگین ۲۸ کیلوگرم به مدت ۹۸ روز پرور شدند. سطوح استفاده از سیلاژ آمارانت جایگزین سیلاژ ذرت به ترتیب صفر، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود. خوراک‌دهی به صورت روزانه و نیز در دو وعده انجام می‌شده که با افزایش سطوح سیلاژ آمارانت مقادیر خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه و اسید بوتیریک شکمبه افزایش نشان داده شد. تغذیه با سیلاژ حاصل از ارقام اصلاح شده آمارانت آن‌ها تا سطح ۳۰۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک در جیره بره‌های پروراری مغانی، عملکرد رشد مطلوبی داشت. همچنین غلظت سطح بوتیرات تولیدشده در شکمبه با افزایش مصرف سیلاژ آمارانت افزایش نشان داد (Rouzbehan و همکاران، ۲۰۱۳). در کل افزودن قندهای غیر فیبری (از جمله ملاس و پسماند ذرت) و مواد جاذب رطوبت (مانند کاه گندم) به سیلوی علوفه‌های دارای پروتئین زیاد، لازم و ضروری می‌باشد (Toghdori و همکاران، ۲۰۱۸). البته کیفیت سیلو به روش تهیه و نحوه نگهداری آن نیز بستگی دارد. از عوامل تأثیرگذار در کیفیت سیلو نیز می‌توان به رقم گیاه کشت شده در شرایط محیطی خاص اشاره نمود. این ارقام علاوه بر افزایش در

تولید، کیفیت تغذیه بالایی را نیز ایجاد می‌نمایند. آزمایشی بر روی سیلو مخلوط دو رقم آمارانت (خارکفسکی و سیم) با ذرت علوفه‌ای انجام شد (Karimi-Rahjerdi و همکاران، ۲۰۱۵) که نتایج آن‌ها با نتایج پژوهش حاضر نسبتاً مشابه بود ولی عدم تشابه این نتایج مربوط به مخلوط نمودن ذرت علوفه‌ای با علوفه آمارانت است. البته درجه خلوص بذر رقم‌های آمارانت در تحقیق آن‌ها، بیشتر از پژوهش حاضر بود. به نقل از پژوهشگران مرتبط، اشاره شده که یکی از این ارقام، آمارانت سبز (آمارانتوس هیپوکوندر یاسوس) می‌باشد که اخیراً به منظور کشت علوفه و نیز تولید سیلاژ از خارج از کشور وارد الگوی زراعی ایران شده است (Aliarabi و همکاران، ۲۰۱۷) زیرا از یک طرف دارای استعداد خوبی از نظر تحمل شرایط نامناسب مانند خاک فقیر، محدوده تحمل دمایی زیاد، مقاومت به خشکی و نیاز آبی اندک بوده و از طرف دیگر دارای سرعت رشد بالا است (Aynehband و همکاران، ۲۰۰۷). از دیگر خصوصیات این گیاه تولید بیش از ۷۰ تن علوفه تازه در هکتار است (Saricicek و Kilic، ۲۰۰۹). گزارش شده است که علوفه آمارانت حاوی 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 (Henderson و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین ارزش تغذیه‌ای آمارانت هم‌تراز با علوفه غلات و سایر محصولات علوفه‌ای است و از نظر خصوصیات کیفی سیلو، در ردیف علوفه با کیفیت خوب تا عالی قرار دارد و می‌توان آن را به عنوان سیلاژ خوب، مصرف نمود (Sleugh و همکاران، ۲۰۰۱ ; Fazaeli و Safaei، ۲۰۰۷). لذا علوفه آمارانت (سیلو شده و نیز سیلو نشده) برای تغذیه نشخوارکنندگان بسیار مفید است. این علوفه



مقدار تولید گاز، قابلیت هضم و نیز شاخص‌های انرژی و پروتئین قابل متابولیسم سیلاژ رقم لورا به نظر می‌رسد که این سیلو برای تغذیه دام‌ها، نسبت به بقیه تیمارهای آزمایشی، مفید می‌باشد. در مجموع دام‌پروران، با کاربرد سیلو آمارانت می‌توانند هزینه‌های تولید خوراک را در پرورش نشخوارکنندگان، کاهش دهند.

**توصیه‌های کاربردی:** ۱- هرگز مواد سیلوی با پروتئین بالا را بدون مواد افزودنی از جمله کربوهیدرات‌های سهل‌الهضم، سیلو نشود. ۲- گیاهان با پروتئین بالا به دلیل دارا بودن رطوبت زیاد و ساقه توخالی به سرعت در مجاورت هوا به رنگ سیاه درآمده و دچار کپک‌زدگی می‌شوند لذا باید پس از برداشت در حداقل زمان ممکن در سیلو ذخیره شوند. ۳- در هنگام سیلو کردن باید مواد جاذب رطوبت از جمله کاه غلات، به‌منظور کاهش رطوبت و تخمیر مناسب، به سیلاژ اضافه شود. ۴- آمارانت جزء لگوم‌ها بوده و مدت زمان بیشتری جهت تخمیر لاکتیکی نیاز دارد. لذا باید حداقل زمان بازگشایی ۴۵ روز باشد.

(سیلو شده و نشده) دارای منابع سرشار پروتئین بوده و با مصرف سیلوی آن علاوه بر مواد مغذی تازه، آب کافی نیز در اختیار دام نیز قرار می‌گیرد. البته عملیات سیلوسازی علوفه آمارانت بدون افزودنی مواد قندی سهل‌الهضم و نیز عدم کاهش رطوبت، به دلیل فساد میکروبی و تجزیه شدن نامناسب پروتئین در سیلو در هوای گرم امکان‌پذیر نیست (Teymournejad, 2001, Saricicek و Kilic, 2009). از نظر اقتصادی و با توجه به قیمت‌های نهاده‌های دامی در اوایل تابستان ۱۴۰۱ (کنجاله سویا و علوفه یونجه به ترتیب ۱۶۵۰۰ و ۷۰۰۰ تومان) کاربرد سیلوی ارقام مختلف آمارانت در تغذیه نشخوارکنندگان می‌تواند در کاهش ۱۰ درصدی کنجاله سویا و نیز ۵۰ الی ۷۵ درصدی منابع علوفه‌ای خشک، صرفه‌جویی نمود. البته مصرف سیلوی ارقام مختلف آمارانت در تغذیه نشخوارکنندگان، به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالاتر نسبت به یونجه، می‌تواند بازده و بهره‌وری استفاده از خوراک را در نشخوارکنندگان افزایش دهد.

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به مناسب بودن خصوصیات سیلویی،

### منابع

- Abbasi, D., Rouzbehan, Y. and Rezaei, J. 2012. Effect of harvest date and nitrogen fertilization rate on the nutritive value of amaranth forage (*A. hypochondriacus*). *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 171, 6–13.
- Aliarabi, H., Rabbani, H., Mirhadi, S.A., Fazaeli, H. and Zaboli, K. 2017. Comparison of nutritional value and ruminal fermentation characteristics of ensiled green amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) with corn silage. *Journal of Ruminant Research*. 5(2): 101-116. (In Persian).
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 14<sup>th</sup> Ed. Washington, DC.
- Ayneband, 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).
- Bayat-Kohsar, J., Maghsoudlo, F. and Khojeh, A.M. 2020. Determination of nutritive value, *in vitro* gas production parameters and digestibility of different kinds of weed plants. *Journal of Animal Environment*. 12(3): 51-59. (In Persian).

- Blummel, M. and Bullerdieck, P. 1997. The need to complement gas production measurements with residue determination from *in Sacco* degradability to improve the prediction of voluntary intake of hays. *Journal of Animal Science*. 64: 71-75.
- Castelán, O.J. Estrada, L. Carretero, A. Vieira, N. Martinez, S. and Cárdenas, C. 2003. Degradation characteristics of maize weeds used as forage in smallholder maize-livestock production systems of central México in different growing periods. *Journal of Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 3:115-119.
- Chen, X.B. 1995. "Fitcurve" macro. IFRU. The Macaulay Institute, Aberdeen, UK.
- Church, D.C. 1991. *Livestock feeds and Feeding*. Prentice-Hall. International, Inc. 350. (3<sup>ed.</sup>) pp. 97-99.
- Czerkawski, J.W. 1986. An introduction to rumen studies. Pergamum Press, Oxford, UK.
- Di-Tomasa, J.M. 1995. Approach for improvement crop competition through the manipulation of fertilization strategies. *Journal of Weed Science*. 43: 491-497.
- Fazaeli, H. and Safaei, A.R. 2007. Digestibility and voluntary intake of amaranth forage silage in sheep. In proceedings of the second congress of animal and aquatic sciences of the country. pp: 726-729. Animal Science Research Institute. Karaj. Iran. (In Persian).
- Gao, R., Wang, B., Jia, T., Luo, Y. and Yu, Z. 2021. Effects of different carbohydrate sources on alfalfa silage quality at different ensiling days. *Journal of Agriculture*. (11) 58:1-13.
- Givens, D.I., Owen, E., Oxford, R.F.E. and Omed, H.M. 2000. *Forage Evaluation Ruminant Nutrition*. CAB International, Wallingford, U.K. pp. 282-286.
- 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.
- Karimi-Rahjerdi, N., Rouzbehan, Y., Fazaeli, H. and Rezaei, J. 2015. Chemical composition, fermentation characteristics, digestibility, and degradability of silages from two amaranth varieties (Kharkovsky and Sem), corn, and an amaranth–corn combination. *Journal of Animal Science*. 93, 5781–5790.
- Khorvash, M., Colombatto, D., Beauchemin, K.A., Ghorbani, G.R. and Samei, A. 2005. Use of absorbents and inoculants to enhance the quality of corn silage. *Canadian Journal of Animal Science*. 86:97-107.
- Kilic, A. 1986. Silo feed (Instruction, education and application proposals). Bilgehan. Press: Izmir. Turkey.
- Makkar, H.P.S. 2005. *In-vitro* gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 123(1):291-302.
- McDonald, P., Edwards, R.A, Greenhalgh, J.F.D, and Morgan, C.A. 2010. *Animal nutrition* (7<sup>th</sup> Ed.). USA: Longman Scientific and Technical.
- Menke, K.H. and Steingass, H. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* production using rumen fluid. *Journal of Animal Research and Development*. 28: 7-55.
- National Research Council (NRC). 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition. Washington. The National Academies Press.
- Pond, W.G. and Lehman. J.W. 1989. Nutritive value of vegetable amaranth cultivar for growing Lambs. *Journal of Animal Science*. 67:3036-3039.
- Pond, W.G., Lehman, J.W., Elmore, R., Husby, F., Calvert, C.C., Newman, C.W., Lewis, B., Harrold, R.L. and Froseth, J. 1991. Feeding value of raw or heated grain amaranth germplasm. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 33:221-236.
- R statistical software. 2022. R 4.2.0. (www.r-project.org). The R Journal.
- Rahnama, A.A. and Safaei, 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.
- 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. *Journal of 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.
- Rouzbehan, Y., Rezaei, J., Fazaeli, H., Zahedifar, M. and Maghsoudinejad, G. 2013. Effect of replacing corn silage by amaranth silage on weight gain, rumen fermentation and blood parameters in fattening Moghani lambs. *Animal Sciences Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*. 104(3): 39-54. (In Persian).
- Sanchez, J.M.C. 1990. Amaranth (*Amaranthus spp.*) as a forage. In: Proc. Fourth Amaranth Conference, Minnesota Ext. Serv., Minnesota Agricultuer University. Minnesota, St Paul.
- Safaei, A.R., Fazaeli, H., Zahedifar, M., Mansouri, H. and Mirhadi, S.A. 2007. The developmental process of rumen fistulation in Iranian native ruminants. The 58th annual meeting of the European Association for Animal Production (EAAP). Dublin. Ireland. p. 395.
- Saricicek, Z. and Kilic, A. 2009. The effects of different additives on silage gas production, fermentation kinetics and silage quality. *Journal of Applied Sciences*. 62: 11-18.
- Shadi, H., Rouzbehan, Y., Rezaei, J. and Fazaeli, H. 2018. Nutritve value of amaranth (var. Maria) silage in comparison with corn silage. *Animal Sciences Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*. 121(4): 303-316. (In Persian).
- 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. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 215, 73–84.
- 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.
- Svirskis, A. 2003. Investigation of amaranth cultivation and utilization in Lithuania. *Agronomy Research*. 1: 253–264.
- Teymournejad, N. 2001. Determination of nutritive value of fruit and vegetable wastes using *in vivo*, *in vitro* and *in situ* techniques in ruminants. Thesis of MSc of Islamic Azad University of Branche Karaj. (In Persian).
- Tilley, J.M.A. and Terry, R.A. 1963. A Two-Stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of grass and forage Science*. 18(2): 104-111.
- Tisserand, J.I. and Valls, M. 2004. Evaluation of the Nutritive Value of Mediterranean Roughages. Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza (IAMZ): International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM).
- Toghdory, A., Ghoorchi, T., Asadi, M. and Kamali, R. 2018. The effect of different levels of maize bran on performance, nutrient digestibility and rumination behavior of *Dalagh* ewes. *Journal of Ruminant Research*. 6(3): 71-80. (In Persian).
- VanSoest, P.J. 1967. New chemical procedures for evaluation forages. *Journal of Animal Science*. 23: 838-847.
- VanSoest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd ed. Cornell University Press. Ithaca. N.Y.
- VanSoest, 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.
- Weber, S.P., Summers, A.F., Meyer, T.L. and Funston, R.N. 2012. Impact of post-weaning beef heifer development system on average daily gain, reproduction, and feed efficiency. Beef cattle report at Nebraska University. P 39.
- Weber, L. Ehubbard-Putnam, D. Nelson, L. and Lehman, J. 1988. Amaranth grain Production guide Rodale Pres Inc Emmaus. pH and American Amaranth Institute, Bricelyn, M. N. *In vitro* gas production using rumen fluid. *Journal of Animal Research and Development*. 28: 7-55.

- Zaboli, K. and Maleki, M. 2016. Prediction of ruminal fermentation kinetic of corn silage using some models by *in vitro* method. Journal of Ruminant Research. 4(3): 117-134. (In Persian).
- Zarei, J., Abdolhakim Toghdory, A. and Ghoorchi, T. 2022. Effect of conditioning concentrate and type of ration cereal on performance, nutrient digestibility, ruminal and blood parameters of *Dalagh* fattening lambs. Journal of Ruminant Research. 10(2): 63-78. (In Persian).