

Investigating the performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) forage and determining its digestibility in dried and ensiled form

Pirouz Shakeri^{1*}, Ali Reza Aghashahi², Mehdi Bahrami Yekdangi³, Amir Ali Shakeri⁴

^{1, 2 and 3}Animal Nutrition and Physiology Research Department, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: Pirouz_shakeri@yahoo.co.uk

⁴Veterinary student of Islamic Azad University, Karaj Branch

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:

Received: 07/02/2023
Revised: 11/17/2023
Accepted: 11/18/2023

Keywords:

Degradability
Digestibility
Production performance
Silage
Quinoa

Abstract

Background and Objectives: Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) is a dual-purpose crop for grain and forage production. Quinoa has excellent properties such as low water requirement for growth, resistance to drought, salinity and nutritional good quality, which are the reason for the great interest in Iran. The objective of this study was to investigate the performance of quinoa forage and determine its digestibility in dried and ensiled forms.

Material and methods: Three genotypes of quinoa forage (Sejama, Titicaca and Q₁₂) were used in a completely randomized design in dry in the shade and silage forms. All genotypes were sown at the same time and harvested at the time dough of seeds and then were calculated performance of quinoa forage. The harvested forages were chopped and one part was dried in the shade and the other part was ensiled during 60 days in experimental silos. The silages were appearance characteristics evaluated after opening the silos. The samples were ground to pass a 1-mm screen, and then were used for evaluation of rumen degradability and rumen disappearance of dry matter (via incubating the samples inside the bag (pores 50 micrometers) in the rumen of steers and post-ruminal disappearance of dry matter (via incubating the samples inside the bag in the DAISY^{II} incubator). The samples were incubated in the rumen using polyester bags. All variables were statistically analyzed in a completely randomized design by the Statistical Analysis Systems (SAS).

Results: The results show that, the duration of sowing to the dough stage of seeds was 60 days in Kerman condition, and wet plant yield for Sejama, Titicaca and Q₁₂ genotypes were 34500, 30400 and 36610 kg/ha respectively. The appearance characteristics of silages were in an acceptable condition and were scored 16.75, 17.50 and 18.13 for Sejama, Titicaca and Q₁₂ genotypes respectively in a 0 to 20 scoring system (P<0.01). The average of ruminal and gastro intestinal tract DM disappearance varied between 64.64 to 69.86 % and 69.64 to 75.19 % respectively (P<0.01). Furthermore, rapidly degradable DM fraction (a), in dried forage was lower (39.65 vs. 45.23%) than in ensiled forage, and slowly degradable DM fraction (b) and rate constant of degradation of the b fraction (c) in dried

forage was higher (41.46 vs. 36.39% and 0.079 vs. 0.063 per hour respectively) than ensiled forage ($P < 0.01$).

Conclusion: In general, the results have shown that quinoa forage had an acceptable digestibility and can be used as a substitution feedstuff with low water requirement in ruminant nutrition.

Cite this article: Shakeri, P., Aghashahi, A.R., Bahrami Yekdangi, M., Shakeri, A.A. (2023). Investigating the performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) forage and determining its digestibility in dried and ensiled form. *Journal of Ruminant Research*, 12(1), 51-68.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/EJRR.2023.21515.1906

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

بررسی عملکرد تولید علوفه کینوا (*Chenopodium quinoa willd.*) و تعیین گوارش پذیری آن

به صورت خشک و سیلاژ

پیروز شاکری^{۱*}، علی رضا آقاشاهی^۲، مهدی بهرامی یکدانگی^۳، امیرعلی شاکری^۴

^{۱،۲،۳} اعضای هیأت علمی بخش تحقیقات تغذیه و فیزیولوژی دام، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

رایانامه: Pirouz_shakeri@yahoo.co.uk

^۴ دانشجوی رشته دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: کینوا (<i>Chenopodium quinoa willd.</i>) یک گیاه زراعی دو منظوره برای تولید دانه و علوفه است. کشت کینوا در کشور به دلیل نیاز آبی پایین، مقاومت به خشکی و شوری و ارزش غذایی بالای دانه در حال گسترش است. این آزمایش باهدف بررسی عملکرد تولید علوفه در ۳ ژنوتیپ مختلف کینوا و همچنین تعیین گوارش پذیری و تجزیه پذیری ماده خشک علوفه آن‌ها در مرحله خمیری شدن دانه‌ها به صورت علوفه خشک و سیلاژ انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۱	مواد و روش‌ها: سه ژنوتیپ کینوا شامل سجاما، تیتیکاکا و Q _{۱۲} به صورت خشک شده و سیلاژ مورد بررسی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌ها هم‌زمان کشت شده و در زمان خمیری شدن دانه برداشت شدند. علوفه برداشت شده توزین شد و عملکرد تولید علوفه در واحد سطح تعیین شد. علوفه برداشت شده به دو شکل علوفه سایه خشک و سیلاژ ۶۰ روزه آماده شده و سیلاژها پس از باز کردن سیلوها مورد ارزیابی ظاهری قرار گرفتند. از علوفه‌های خشک و سیلاژ نمونه برداری انجام شد و پس از خرد کردن با آسیاب با توری با قطر منافذ یک میلی‌متر برای تعیین فراسنجه‌های گوارش پذیری، تجزیه پذیری و میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای (از طریق انکوباسیون شکمبه‌ای نمونه‌ها در داخل کیسه) و میزان ناپدید شدن پس از شکمبه‌ای (از طریق انکوباسیون بقایای هضم شکمبه‌ای نمونه‌ها در دستگاه شبیه‌ساز هضم) ماده خشک مورد استفاده قرار گرفتند. برای انکوباسیون نمونه‌ها در شکمبه از کیسه‌های پلی‌استری با منافذ به قطر ۵۰ میکرومتر استفاده شد. داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفت.
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۸/۲۶	یافته‌ها: نتایج نشان داد که در هر سه ژنوتیپ کینوا، طول دوره کشت تا خمیری شدن دانه‌ها در شرایط اقلیمی کرمان ۶۰ روز بود و در این دوره میزان عملکرد گیاه تر برای ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q _{۱۲} به ترتیب ۳۴۵۰۰، ۳۰۴۰۰ و ۳۶۶۱۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. در ارزیابی ظاهری سیلاژها، امتیاز کلی ۱۶/۷۵، ۱۷/۵۰ و ۱۸/۱۳ از امتیاز ۲۰ به ترتیب برای ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q _{۱۲} تعیین شد ($P < 0/01$). در ژنوتیپ‌ها و اشکال مختلف علوفه
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۷	واژه‌های کلیدی: تجزیه پذیری سیلاژ کینوا گوارش پذیری عملکرد تولید

کینوآ میزان ناپدید شدن ماده خشک در شکمبه از ۶۴/۶۴ تا ۶۹/۸۶ درصد و در کل دستگاه گوارش از ۶۹/۶۴ تا ۷۵/۱۹ درصد ماده خشک متغیر بود ($P < 0/01$). میانگین غلظت ماده خشک با سرعت تجزیه بالا (بخش a) در علوفه‌های خشک‌شده کمتر از نوع سیلاژ (۳۹/۶۵) در مقابل ۴۵/۲۳ درصد) و میانگین غلظت ماده خشک با سرعت تجزیه کند (بخش b) و همچنین میانگین ثابت نرخ تجزیه (c) در علوفه‌های خشک‌شده بیشتر از سیلاژ علوفه‌ها (به ترتیب ۴۱/۴۶ در مقابل ۳۶/۳۹ درصد و ۰/۰۷۹ در مقابل ۰/۰۶۳ در ساعت) تعیین شد ($P < 0/01$).

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که علوفه کینوآ از گوارش‌پذیری مناسبی برخوردار است و می‌تواند در تغذیه نشخوارکنندگان جایگزین مناسبی برای علوفه‌های رایج با نیاز آبی بالا باشد. همچنین در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی تیتیکاکا از نظر عملکرد علوفه، pH سیلاژ، میزان ناپدیدشدن ماده خشک در کل دستگاه گوارش و همچنین تجزیه‌پذیری ماده خشک نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر باشد.

استناد: شاکری، پ.، آقاشاهی، ع.ر.، بهرامی یکدانگی، م.، شاکری، ا.ع. (۱۴۰۳). بررسی عملکرد تولید علوفه کینوآ (*Chenopodium quinoa* willd.) و تعیین گوارش‌پذیری آن به‌صورت خشک و سیلاژ. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۲(۱)، ۶۸-۵۱.

DOI: 10.22069/EJRR.2023.21515.1906



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

افزایش گرمایش زمین، کاهش منابع آب شیرین و افزایش سریع جمعیت، سبب کمبود مواد خوراکی و افزایش قیمت آن در جهان شده است و برای تأمین مواد خوراکی موردنیاز جمعیت کنونی کره زمین، فشار جبران‌ناپذیری بر عرصه‌های منابع طبیعی، خاک و منابع آبی وارد شده است. از سوی دیگر برای تغذیه کافی و متعادل انسان‌ها و کاهش فشار بر منابع طبیعی، تلاش برای یافتن منابع جدید خوراکی که در شرایط آب‌وهوایی و خاک‌های نامتعارف رشد کنند و غذای با کمیت و کیفیت بیشتری برای تغذیه انسان و حیوانات فراهم کنند، در اولویت قرار گرفته است (Aydemir و Kaya، ۲۰۲۰)، از این نظر، گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa willd.*) که می‌تواند در مجموعه‌ای بسیار متنوع از شرایط اکولوژیکی رشد کند و دانه آن دارای ارزش غذایی بالایی می‌باشد (Bazile و همکاران، ۲۰۱۶)، مورد توجه قرار گرفته است. در سال‌های اخیر بررسی برای سازگاری ژنوتیپ‌های مختلف کینوا در کشور ما نیز انجام شده و کشت آن در حال گسترش است. این گیاه تاکنون برای تولید دانه کشت شده است، در حالی که علوفه کینوا نیز از ارزش غذایی بالایی برخوردار است و به دلیل ظرفیت بالقوه آن برای تغذیه دام‌ها، اخیراً در برخی از نقاط جهان به‌عنوان علوفه مورد ارزیابی و استفاده قرار گرفته است (Peiretti و همکاران، ۲۰۱۳، Shakeri و همکاران، ۲۰۱۹، Salama و همکاران، ۲۰۲۱، Abarghuei و همکاران، ۲۰۲۳). کاشت این گیاه در مقایسه با غلات به آب، کود و عملیات زراعی کمتری نیاز دارد و به دلیل نیاز آبی پایین و مقاومت به تنش‌های شوری و خشکی، تنوع ژنتیکی، تطابق‌پذیری با اقلیم‌های مختلف و ارزش غذایی مطلوب (Aydemir و Kaya، ۲۰۲۰)، می‌تواند به‌عنوان یک ماده خوراکی امیدبخش در شرایط کم‌آبی در کشور مورد توجه قرار گیرد.

بررسی ارزش غذایی و قابلیت هضم علوفه کینوا در مراحل مختلف رشد در استان فارس نشان داد که علوفه این گیاه در مراحل مختلف (از ۴۵ تا ۱۴۵ روز پس از کاشت) دارای ارزش غذایی متفاوتی می‌باشد. کمترین و بیشترین غلظت پروتئین خام در نمونه‌های ۴۵ روزه ۱۹/۹۵ درصد و در نمونه ۱۴۵ روزه ۱۱/۲۰ درصد و قابلیت هضم ماده خشک آن از ۷۰/۳۵ تا ۵۹/۶۵ درصد به ترتیب در مراحل رشدی مذکور متغیر بود (Abarghuei و همکاران، ۱۴۰۲).

در کشور مصر علوفه کینوا با افزودن ۵ درصد ملاس به مدت سه ماه سیلو شد و pH سیلاژ آن ۴/۳۶ گزارش گردید. مقدار ماده خشک، غلظت اسیدلاکتیک، اسید استیک، اسید بوتیریک و نیتروژن آمونیاکی این سیلاژ به ترتیب ۳۰/۵۶، ۳/۰۲، ۳/۰۶، ۰/۹۶ و ۱/۲۷ درصد تعیین شد و نشان داده شد که با سیلو کردن علوفه کینوا میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و سلولز به‌طور معنی‌داری نسبت به علوفه تازه کاهش یافت. سپس علوفه کینوا به‌صورت خشک شده و یا سیلاژ به‌عنوان بخش علوفه‌ای جیره میش‌های شیرده استفاده گردید و نشان داده شد که مصرف ماده خشک، قابلیت هضم پروتئین خام و عصاره اتری جیره در میش‌های مصرف‌کننده سیلاژ کینوا در مقایسه با علوفه خشک کینوا بالاتر بود، اما قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، کل مواد قابل هضم و پروتئین قابل هضم بین جیره‌ها یکسان بود (Salama و همکاران، ۲۰۲۱).

در بررسی راه‌های بهبود کیفیت سیلاژ علوفه کینوا در کشور لهستان، علوفه در مرحله گلدهی کامل برداشت گردید و به مدت شش هفته در سیلوهای آزمایشگاهی (۱ بدون افزودنی، ۲ افزودنی باکتریایی شامل سه باکتری *Enterococcus faecium*، *Lactobacillus plantarum* و *Pediococcus acidilactici* با غلظت $10^{11} \times 1/25$ به میزان ۰/۱

گرم در تن) و ۳) افزودنی شیمیایی (مخلوط اسید فرمیک، اسید پروپیونیک و فومارات آمونیوم به میزان ۵ لیتر در تن) سیلو شد. میزان ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر خام، عصاره اتری، عصاره فاقد نیتروژن، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در آب شوینده اسیدی و کربوهیدرات‌های نامحلول در آب در علوفه کینوا در مرحله گلدهی به ترتیب ۱۸/۹۱، ۱۱/۲۱، ۱۴/۷۰، ۴/۴۴، ۴۰/۳۷، ۴۶/۶۵ و ۶/۲۴ درصد تعیین شد (Podkówka و همکاران، ۲۰۱۸).

در آزمایشی قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی علوفه کینوا با علوفه شبدر مقایسه گردید و گزارش شد که تفاوت معنی داری بین این دو علوفه وجود نداشت و با تغذیه این دو علوفه به بره‌های پرواری ماده خشک مصرفی بین بره‌های دو گروه یکسان بود و در نهایت استفاده از علوفه کینوا تا سطح ۵۰ درصد در جیره بره‌های پرواری پیشنهاد شد (Abdallah، ۲۰۱۶). در پژوهش دیگری Barros-Rodríguez و همکاران (۲۰۱۸) میزان تجزیه پذیری شکمبه‌ای ماده خشک در دانه، گیاه کامل و ساقه کینوا را به ترتیب ۹۸، ۸۱ و ۵۵ درصد، تجزیه پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام در بخش‌های مذکور را به ترتیب ۸۳، ۷۲ و ۴۲ درصد و قابلیت هضم آزمایشگاهی ماده خشک در این بخش‌ها را نیز به ترتیب ۸۱، ۵۸ و ۳۱ درصد برآورد نمودند. این آزمایش باهدف بررسی عملکرد تولید علوفه در ۳ ژنوتیپ مختلف کینوا (سجاما، تیتیکاکا و Q۱۲) و همچنین تعیین گوارش پذیری و تجزیه پذیری ماده خشک علوفه آن‌ها در مرحله خمیری شدن دانه‌ها به صورت علوفه خشک و سیلاژ طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

کاشت و عملیات زراعی کینوا: سه ژنوتیپ کینوا شامل سجاما، تیتیکاکا و Q۱۲ در ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی شهید زنده‌روح در ۲۰ کیلومتری غرب شهر

کرمان، با متوسط بارندگی ۱۴۰ میلی‌متر در سال و آب‌وهوای خشک و نیمه معتدل در قطعه زمینی به مساحت حدود ۰/۶ هکتار کشت گردید. هر سه ژنوتیپ به تفکیک در تاریخ ۲۲ مرداد کشت شدند و برداشت گیاه کامل کینوا در تاریخ ۲۲ مهر (۶۰ روز پس از کاشت) در زمانی که دانه‌ها خمیری بودند، از پنج سانتی‌متری بالای یقه و از دو خط وسط هر کرت، به صورت دستی و با داس انجام شد و علوفه برداشت شده توزین گردید. گیاهان برداشت شده به تفکیک ژنوتیپ به طور کامل با استفاده از یک علوفه خردکن با اندازه قطعات بین دو تا پنج سانتی‌متر خرد شدند و پس از اختلاط کامل، یک نمونه به وزن حدود ۱۰ کیلوگرم برای خشک کردن در سایه جدا شده و از باقی مانده برای تهیه سیلاژ علوفه کینوا (چهار تکرار از هر ژنوتیپ) استفاده شد. سیلوهای آزمایشگاهی از جنس لوله‌های پی‌وی‌سی (با قطر ۱۱۰ میلی‌متر، طول ۵۰ سانتی‌متر و با ظرفیت حدود سه لیتر) بودند که در قسمت پایین مجهز به یک شیر خروج پساب بودند. پس از پر کردن سیلوها، محتویات سیلوها با استفاده از یک دستگاه پرس دستی به خوبی فشرده و در آن‌ها بسته شد. پس از ۶۰ روز در تمامی سیلوهای آزمایشگاهی باز شد و نمونه‌ای حدود یک کیلوگرم جهت انجام آزمایش‌ها برداشت و در سایه خشک گردید. نمونه‌های هر سه ژنوتیپ کینوا که به صورت علوفه تازه خشک شده در سایه و همچنین سیلاژ ۶۰ روزه که پس از باز کردن سیلو در سایه خشک شده بودند، با آسیاب آزمایشگاهی مجهز به توری با منافذ به قطر یک میلی‌متر آسیاب شدند.

ارزیابی ظاهری و فیزیکی سیلاژ: پس از بازگشایی سیلوهای آزمایشگاهی، شاخص‌های ظاهری سیلاژ شامل استحکام بافت، بوی مطلوب اسیدی، رنگ و همچنین کپک‌زدگی سیلاژ مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش از یک مقیاس صفر تا ۲۰ نمره‌ای شامل

۵ نمره برای استحکام بافت، ۵ نمره برای بوی مطلوب اسیدی، ۵ نمره برای رنگ و ۵ نمره برای کپک‌زدگی سیلاژ استفاده شد. در ارزیابی نهایی سیلاژهای مورد بررسی، سیلاژ با نمره ۱۸-۲۰ سیلاژ بسیار خوب، ۱۷-۱۴ سیلاژ خوب، ۱۳-۱۰ سیلاژ قابل قبول، ۹-۵ سیلاژ غیر قابل قبول و ۴-۰ سیلاژ غیر قابل مصرف در نظر گرفته می‌شود (Kilic, ۱۹۸۶).

آزمایش‌های تعیین گوارش پذیری

حیوانات آزمایشی: برای تعیین گوارش پذیری شامل تعیین میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک و همچنین تعیین فراسنجه‌های تجزیه پذیری نمونه‌های علوفه کینوا از سه رأس گاو نر اخته شده نژاد تالشی (با میانگین وزن 297 ± 10 کیلوگرم) مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. گاوها روزانه با حدود ۹ کیلوگرم خوراک مخلوط حاوی ۶۶/۷ درصد علوفه و ۳۳/۳ درصد مواد متراکم به شرح جدول شماره ۱ و دسترسی آزاد به آب آشامیدنی تغذیه شدند. خوراک روزانه در دو نوبت در ساعات ۰۸:۰۰ و ۱۵:۰۰ در اختیار گاوها قرار گرفت.

جدول ۱- اجزای جیره گاوهای آزمایش (برحسب ماده خشک)

Table 1- Ingredients of steer diets (DM basis)

ماده خوراکی	Feed	مقدار (درصد)
		Amount (%)
کاه گندم	Wheat straw	16.67
یونجه	Alfalfa	50.00
دانه جو	Barley grain	23.33
دانه ذرت	Corn grain	5.00
سبوس گندم	Wheat bran	3.34
کنجاله پنبه‌دانه	Cotton seed meal	1.33
مکمل معدنی- ویتامینی	Mineral-vitamin premix	0.33
ترکیب شیمیایی	Chemical composition	
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/گرم)	Metabolisable energy (kcal/g)	2.2
پروتئین خام (%)	Crude protein (%)	12.0
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (%)	Neutral detergent fiber (%)	35.1

تجزیه پذیری ماده خشک: برای تعیین روند تجزیه پذیری شکمبه‌ای ماده خشک در واحد زمان در نمونه‌های آزمایشی (۳ ژنوتیپ کینوا $2 \times$ فرم علوفه (خشک و سیلاژ) $8 \times$ زمان انکوباسیون $3 \times$ تکرار = ۱۴۴ نمونه)، نمونه‌ها در داخل کیسه‌های مخصوص با ابعاد 10×5 سانتی متر با منافذ 50 میکرومتر و از جنس پلی‌استر در شکمبه گاوها انکوباسیون شدند. به این منظور حدود دو گرم از هر نمونه با سه تکرار در داخل کیسه‌ها ریخته شد و هر یک از تکرارها در شکمبه یکی از گاوهای آزمایشی برای زمان‌های مختلف انکوباسیون (صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) قرار داده شد. کیسه‌ها پس از زمان‌های مذکور از شکمبه خارج شدند و در سطل آب سرد قرار گرفتند. پس از انتقال کیسه‌ها به آزمایشگاه سه مرتبه و هر بار به مدت پنج دقیقه در ماشین لباسشویی شستشو و آب‌کشی شدند. محتویات کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد و سپس توزین گردید. مقدار باقی مانده نمونه در کیسه‌ها برای تعیین روند تجزیه پذیری ماده خشک تعیین شد (Ørskov و همکاران، ۱۹۸۰).

(وزن نمونه قبل از - وزن نمونه بعد از تجزیه پذیری انکوباسیون شکمبه‌ای) / (وزن نمونه قبل از انکوباسیون شکمبه‌ای) = شکمبه‌ای ماده خشک

پس از تعیین میزان تجزیه پذیری نمونه‌ها در زمان‌های مختلف انکوباسیون، برای تخمین فراسنجه‌های تجزیه پذیری ماده خشک هر یک از تیمارهای آزمایشی از رابطه $P=a+b(1-e^{-ct})$ استفاده شد (Ørskov و McDonald, ۱۹۷۹) و برای تعیین فراسنجه‌های مذکور از نرم‌افزار *Fitcurve* استفاده شد. که در این معادله:

P = مقدار ناپدید شدن در زمان t , a = بخش با تجزیه سریع (درصد)، b = بخش با تجزیه کند (درصد)، c = ثابت نرخ تجزیه (در ساعت) و t = مدت زمان انکوباسیون در شکمبه (ساعت) می‌باشد.

همچنین تجزیه پذیری مؤثر نمونه‌ها نیز با استفاده از معادله $ED = a + [(b \times c)/(c + k)]$ و با در نظر گرفتن نرخ عبور ۰/۰۴، ۰/۰۶ و ۰/۰۸ در ساعت محاسبه شد. اجزای این معادله عبارت‌اند از:

ED = تجزیه‌پذیری مؤثر، a = بخش با تجزیه سریع، b = بخش با تجزیه کند، c = ثابت نرخ تجزیه و k = نرخ عبور.

تعیین میزان ناپدیدشدن شکمبه‌ای ماده خشک علوفه کینوآ: برای تعیین میزان ناپدیدشدن شکمبه‌ای

نمونه‌های علوفه کینوآ، نمونه‌ای از آن‌ها در داخل شکمبه گاوها انکوباسیون گردید. حدود دو گرم از هرکدام از نمونه‌ها با سه تکرار در داخل کیسه‌های با ابعاد 10×5 سانتی‌متر، با منافذ ۵۰ میکرومتر و از جنس پلی‌استر ریخته شد و به مدت ۱۶ ساعت در شکمبه گاوها انکوباسیون گردید. کیسه‌ها پس از خروج از شکمبه، سریعاً در سطل آب سرد قرار گرفته و پس از انتقال به آزمایشگاه سه مرتبه و هر بار به مدت پنج دقیقه در ماشین لباسشویی شستشو و آب‌کشی شد. محتویات کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آن با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس توزین گردید (Danesh Mesgaran و Stern, ۲۰۰۵). سپس از کیسه‌ها برای تعیین میزان ناپدیدشدن پس از شکمبه‌ای ماده خشک در دستگاه شبیه‌ساز هضم $Daisy^{II}$ استفاده شد.

$$\text{وزن نمونه قبل از} - \text{وزن نمونه بعد از} = \frac{\text{میزان ناپدیدشدن شکمبه‌ای}}{\text{وزن نمونه قبل از انکوباسیون شکمبه‌ای ماده خشک}}$$

تعیین میزان ناپدیدشدن پس از شکمبه‌ای ماده خشک علوفه کینوآ (با دستگاه شبیه‌ساز هضم):

برای تعیین میزان ناپدیدشدن پس از شکمبه‌ای نمونه‌ها (تعداد سه کیسه انکوباسیون شده در شکمبه به مدت ۱۶ ساعت)، به مدت ۳۰ دقیقه در محلول ۰/۱

درصد متیل سلولز با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در بن‌ماری شیکردار انکوباسیون گردید. کیسه‌ها به همراه محتویات حدود ۵ ساعت در هوای آزاد قرار گرفتند و پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در آن با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک شد. سپس کیسه‌های حاوی نمونه در دو مرحله به شرح ذیل در دستگاه شبیه‌ساز هضم $Daisy^{III}$ (مدل آنکوم، شرکت گلپونه صفاهان) انکوباسیون گردید.

در مرحله اول هضم، داخل بطری دستگاه شبیه‌ساز هضم دو لیتر محلول ۰/۱ نرمال اسیدکلریدریک با pH ۱/۹ به همراه دو گرم پیپسین ریخته شد. سپس کیسه‌های حاوی بقایای هضم شکمبه‌ای به مدت یک ساعت در داخل بطری‌ها با دور ثابت چرخش و در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس محتویات بطری‌ها تخلیه و کیسه‌ها تا زمان خروج آب شفاف از آن‌ها شستشو شد.

در مرحله دوم هضم، برای تهیه محلول بافر مقدار ۱۳۶/۱ گرم پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات (KH_2PO_4)، ۰/۱ گرم تیمول و ۶ گرم پانکراتین با آب مقطر به حجم دو لیتر رسید و پس از اختلاط کامل، pH آن ۷/۷۵ تنظیم شد. کیسه‌های حاوی نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر با دور ثابت چرخش و در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد در بطری‌ها حاوی این محلول نیز انکوباسیون شدند. پس‌ازاین مرحله، کیسه‌ها از بطری‌ها خارج شد و تا خروج آب شفاف از آن‌ها شستشو شدند. کیسه‌ها و محتویات آن‌ها در آن با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت کاملاً خشک شد و به منظور تعیین قابلیت هضم ماده خشک، وزن باقی‌مانده درون کیسه تعیین شد (Adesogan, ۲۰۰۵) و با استفاده از روابط زیر قابلیت هضم ماده خشک پس از شکمبه و در کل دستگاه گوارش تعیین گردید.

$$\text{وزن نمونه بعد از انکوباسیون در دستگاه شبیه‌ساز هضم} - \text{وزن نمونه بعد از انکوباسیون شکمبه‌ای} = \frac{\text{میزان ناپدیدشدن پس از شکمبه‌ای ماده خشک}}{\text{وزن نمونه بعد از انکوباسیون شکمبه‌ای}}$$

$$\left[\text{میزان ناپدید شدن پس از شکمبه‌ای ماده خشک هضم نشده در شکمبه} \times (\text{میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک}) + (1 - \text{میزان ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک در کل دستگاه گوارش}) \right]$$

تجزیه آماری داده‌ها

داده‌های در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی با ۶ تیمار شامل سه ژنوتیپ سجاما، تیتیکاکا و Q₁₂ که به صورت علوفه تازه‌ی سایه‌خشک و سیلاژ ۶۰ روزه با سه تکرار تجزیه آماری گردید. با توجه به این که برای هر یک از سه تکرار از یکی از سه رأس گاو مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد، از اثر تصادفی حیوان در مدل آماری (رابطه ۲) استفاده گردید.

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + D_k + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

در این رابطه Y_{ijk} = مقدار هر مشاهده، μ = میانگین کل، t_i = اثر تیمار (ژنوتیپ و فرم علوفه) و D_k = اثر تصادفی حیوان و ε_{ijk} = خطای آزمایشی بودند. تجزیه آماری اطلاعات با نرم‌افزار آماری (SAS، نسخه ۹/۱ و با استفاده از رویه GLM انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح آماری ۹۵ درصد استفاده شد و از طریق مقایسات گروهی اختلاف بین نمونه‌های علوفه تازه‌ی خشک‌شده با سیلاژ علوفه تعیین شد.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه کینوا: دوره رشد (کاشت تا برداشت) هر سه ژنوتیپ در شرایط اقلیمی کرمان ۶۰ روز بود و در این دوره میزان عملکرد گیاه در مرحله خمیری شدن دانه‌ها برای ژنوتیپ‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است.

بررسی عملکرد علوفه کینوا در استان گلستان برای ژنوتیپ‌های سانتاماریا و سجاما ایرانشهر به ترتیب ۲۰/۹۸ و ۱۹/۴۶ تن در هکتار برحسب علوفه‌تر گزارش شده است (Saberi و Kiani، ۲۰۲۳). علاوه بر این در بررسی تأثیر سطوح مختلف کود ورمی کمپوست و دور آبیاری بر عملکرد کینوا در کردستان گزارش شده است که بیشترین عملکرد علوفه (۵۴۱۵ کیلوگرم ماده خشک در هکتار) با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با بالاترین سطح ورمی کمپوست (۱۵ تن در هکتار) حاصل شده است (Sheikhi و Sanandaji و همکاران، ۲۰۲۳) که در هر دو آزمایش پایین‌تر از میزان عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی در کرمان بوده است.

جدول ۲- میانگین عملکرد علوفه و ارتفاع بوته گیاه کینوا

Table 2- Means of forage yield and plant height of quinoa plant

ژنوتیپ کینوا	Quinoa genotype	عملکرد علوفه تر (کیلوگرم/هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	ماده خشک (درصد)
		Forage yield (kg/h)	plant height (cm)	Dry matter (%)
سجاما	Sejama	34500	119	21.16
تیتیکاکا	Titicaca	30400	112	24.34
Q ₁₂	Q ₁₂	36610	123	23.22

در هکتار (با ارتفاع بوته ۱۶۵ سانتی‌متر) گزارش شده است و زمانی که از کود گاوی به میزان ۲ تن در هکتار استفاده شد، عملکرد علوفه تر به ۷۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار (با ارتفاع ۱۷۷ سانتی‌متر) افزایش یافت (Papastylianou و همکاران، ۲۰۱۴). عملکرد پایین‌تر علوفه در سه ژنوتیپ کینوای مورد بررسی در آزمایش اخیر در مقایسه با عملکرد آزمایشات در سایر

نتایج عملکرد کینوا در سایر کشورها نیز نشان می‌دهد که عملکرد علوفه تر کینوا در بخش غربی ترکیه طی سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۳۸۸۶۸ کیلوگرم در هکتار با ارتفاع بوته ۸۲/۳ سانتی‌متر و ۶۵۲۷۱ کیلوگرم در هکتار با ارتفاع بوته ۹۱/۷ سانتی‌متر بوده است (Koca و Erdoğan، ۲۰۲۰). در جنوب یونان عملکرد علوفه تر کینوا ۴۵۲۵۰ کیلوگرم

بازکردن در سیلو یک لایه به عمق حدود پنج سانتی متر کپک‌زدگی داشت ($P < 0.01$) و سبب کاهش امتیاز کلی ارزیابی خصوصیات ظاهری سیلاژ این ژنوتیپ گردید. به طوری که امتیاز کلی ارزیابی در ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q_{12} به ترتیب ۱۶/۷۵، ۱۷/۵۰ و ۱۸/۱۳ تعیین شد و ژنوتیپ سجاما با سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P < 0.01$). بر اساس این روش، سیلاژ ژنوتیپ Q_{12} در گروه سیلاژهای بسیار خوب و سیلاژ ژنوتیپ‌های سجاما و تیتیکاکا در گروه سیلاژهای خوب قرار گرفت. از ویژگی‌های یک سیلاژ با تخمیر خوب، pH پایین و در محدوده ۳/۷۹ تا ۴/۳۳ می‌باشد که در نتیجه تولید اسیدلاکتیک و یا مقدار زیاد اسیدهای چرب زنجیر کوتاه تولیدی در سیلاژ است (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱).

کشورها با اقلیم مختلف می‌تواند به شرایط و عوامل اقلیمی، فصل کاشت و برداشت، کیفیت آب و خاک، تیمارهای زراعی، زمان برداشت و همچنین تفاوت عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف کینوآ مربوط باشد (Papastylianou و همکاران، ۲۰۱۴؛ Erdoğan و Koca، ۲۰۲۰).

ارزیابی ظاهری سیلاژ کینوآ: نتایج ارزیابی ظاهری سیلاژهای ۶۰ روزه علوفه ژنوتیپ‌های مختلف کینوآ شامل استحکام بافت سیلاژ، بوی مطلوب اسیدی، رنگ و میزان کپک‌زدگی و همچنین pH و میزان تولید پس‌آب در جدول ۳ نشان داده شده است. از بین خصوصیات مورد ارزیابی در سیلاژها استحکام بافت، بوی مطلوب اسیدی و رنگ در همه سیلاژها از کیفیت قابل قبولی برخوردار بود؛ اما در ژنوتیپ سجاما، پس از

جدول ۳- برخی از خصوصیات سیلاژ ۶۰ روزه علوفه کینوآ

Table 3- Some of characteristics 60-day silage of quinoa forages

Seeping (%) پس‌آب (درصد)	pH	Appearance characteristics (Score 5) خصوصیات ظاهری (نمره ۵)					Plant tissue strength استحکام بافت گیاهی	Quinoa genotype	ژنوتیپ کینوآ
		Total score امتیاز کل	Mold کپک‌زدگی	Natural color رنگ طبیعی	Acidic pleasant smell بوی مطلوب اسیدی				
7.67 ^a	5.44 ^a	16.75 ^b	3.50 ^b	4.25	4.50	4.44	Sejama	سجاما	
5.32 ^b	3.95 ^c	17.50 ^{ab}	4.50 ^a	4.25	4.25	4.44	Titicaca	تیتیکاکا	
7.69 ^a	4.36 ^b	18.13 ^a	4.75 ^a	4.38	4.50	4.44	Q_{12}	Q_{12}	
0.132	0.120	0.370	0.220	0.137	0.083	0.353	SEM	انحراف استاندارد میانگین‌ها	
0.009	0.0001	0.05	0.007	0.77	0.63	0.99	P-value	سطح معنی‌داری	

- میانگین‌ها با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

- Means within a column with different subscripts differ ($P < 0.05$).

بعضی از باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک در شرایط بی‌هوازی با مصرف اسید لاکتیک به‌عنوان منبع انرژی برای تولید اسیداستیک استفاده می‌نمایند که نتایج آن افزایش pH و به دنبال آن افزایش رشد میکروارگانیسم‌های غیرمفید همچون کلستریدیوم‌ها و انتروباکتری‌ها می‌باشد (Muller و همکاران، ۱۹۹۱) و رشد محدود کپک‌ها در سیلاژ ژنوتیپ سجاما نیز می‌تواند ناشی از این اتفاق باشد. در سایر آزمایش‌ها

در اندازه‌گیری pH سیلاژ علوفه کینوآی ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q_{12} به ترتیب مقادیر ۵/۴۴، ۳/۹۵ و ۴/۳۶ تعیین شد و نشان می‌دهد که سیلاژ کینوآی ژنوتیپ سجاما از نظر pH وضعیت مطلوبی نداشته و کپک زدن سیلاژهای این ژنوتیپ در زیر در سیلوی آزمایشگاهی نیز مؤید این نقیصه می‌باشد. از سوی دیگر گزارش شده است که زمانی که مقدار هگروزها در علوفه سیلوشده محدود باشد

Q12 (از ۳۷/۲۱ به ۲۹/۵۴ درصد) نشان‌دهنده این موضوع است که با وجود پایین بودن کربوهیدرات‌های محلول در آب در علوفه کینوای ژنوتیپ‌های مورد بررسی، احتمالاً در اثر هیدرولیز همی سلولز علوفه کینوای ژنوتیپ‌های تیتیکاکا و Q12، سوبسترای کافی برای استفاده میکروارگانیسم‌های مولد اسیدلاکتیک فراهم شده است و به این ترتیب pH مناسبی برای حفظ این سیلاژها فراهم شده است. پس‌آب تولیدی در سیلاژ ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q12 به ترتیب ۷/۶۷، ۵/۳۲ و ۷/۶۹ درصد تعیین شد ($P < 0/01$) در حالی که میزان رطوبت علوفه این سیلاژها به ترتیب ۷۸/۸۴، ۷۵/۶۶ و ۷۶/۷۸ درصد بود ($P < 0/01$). یکی از نکات منفی در تهیه سیلاژ از علوفه، تولید پس‌آب است که باعث اتلاف مواد مغذی و آلودگی محیط زیست می‌شود (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱). در بیشتر سیلوها خروج پس‌آب صورت می‌گیرد که حاوی مواد مغذی محلول می‌باشد. رطوبت علوفه سیلوشده مهم‌ترین عامل در میزان پس‌آب خروجی از سیلو می‌باشد. مایع جریان یافته از سیلو حاوی قندها، ترکیبات نیتروژنه محلول، مواد معدنی و اسیدهای حاصل از تخمیر است که از ارزش غذایی مناسبی برخوردار می‌باشند. اتلاف ماده خشک به صورت پس‌آب، معمولاً در علوفه‌های با ۱۵۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک تا ۱۰ درصد نیز می‌رسد (Khorvash و همکاران، ۲۰۰۵).

برخی از ویژگی‌های علوفه مانند اندازه سلول، ضخامت دیواره سلولی و نسبت برگ به ساقه از عوامل اصلی در میزان تولید پس‌آب محسوب می‌شوند (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱)، همچنین مقدار فشار وارده بر مواد سیلویی نیز می‌تواند بر میزان تولید پس‌آب تأثیر گذارد، به طوری که افزایش فشار از ۱۷۰۰ به ۶۸۰۰ کیلوگرم در هر متر مکعب سیلاژ ذرت تازه، میزان پس‌آب را از ۲۶/۹ به ۲۰/۲۱ گرم در

نیز pH سیلاژ ۶ هفته‌ای کینوا بدون افزودنی ۴/۱۳ (Podkówka و همکاران، ۲۰۱۸) و سیلاژ سه ماهه ۴/۳۶ (Salama و همکاران، ۲۰۲۱) تعیین شده است که با نتایج آزمایش اخیر در مورد ژنوتیپ‌های تیتیکاکا و Q12 مطابقت دارند.

در فرآیند سیلاژسازی یک علوفه، کربوهیدرات‌های محلول در آب به اسیدهای آلی تبدیل می‌شوند و باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک توانایی هیدرولیز نشاسته و سایر مواد را به طور مؤثری در طی فرآیند تخمیر سیلو ندارند (Mc Donald و همکاران، ۱۹۹۱). از این رو گزارش شده است که حداقل کربوهیدرات محلول در آب مورد نیاز در یک علوفه برای کاهش pH در سیلاژ آن حدود ۱۰ درصد بر حسب ماده خشک می‌باشد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱) اما محتوای کربوهیدرات محلول در آب در علوفه کینوا در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دامنه ۶/۲۴-۴/۶۱ درصد بود. علاوه بر این ظرفیت بافری بالا در علوفه کینوا که احتمالاً به دلیل میزان و نوع پروتئین‌های آن و همچنین یون‌های غیرآلی آن می‌باشد (Buxton و همکاران، ۲۰۰۳)، از عوامل دیگر دخیل در عدم کاهش مطلوب pH در سیلاژ علوفه کینوای خصوصاً ژنوتیپ سجاما می‌باشد. در این خصوص، مطالعه بر روی سیلاژ یونجه نشان داده است که فقط مقدار ۶۳ درصد از اسید لاکتیک تولید شده مربوط به تخمیر کربوهیدرات محلول در آب است و احتمالاً سایر سوبستراهای موجود در یونجه مانند اسیدهای آلی (اسید مالیک، سیتریک و مالونیک) و قندهای آزادشده که از هیدرولیز نشاسته و همی سلولز حاصل شده‌اند، توسط میکروارگانیسم‌ها برای تخمیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Wilson، ۱۹۸۵) و کاهش غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی در علوفه تازه نسبت به سیلاژ آن در ژنوتیپ تیتیکاکا (از ۳۶/۹۸ به ۲۹/۹۳ درصد) و در ژنوتیپ

کیلوگرم افزایش داد (Hameleers و همکاران، ۱۹۹۹). در رابطه با خصوصیات سلولی و ضخامت دیواره سلولی علوفه کینوا اطلاعاتی یافت نگردید و اظهار نظر در این باره به مطالعات بیشتر نیاز دارد.

میزان ناپدید شدن ماده خشک علوفه کینوا از شکمبه، پس از شکمبه و کل دستگاه گوارش: میانگین میزان ناپدیدشدن ماده خشک در علوفه کینوای ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q۱۲ به صورت خشک‌شده و سیلاژ در شکمبه، پس از شکمبه و در کل دستگاه گوارش در جدول ۴ نشان داده شده است. در ژنوتیپ‌ها و شکل‌های مختلف علوفه کینوا میزان ناپدید شدن ماده خشک در شکمبه از ۶۴/۶۴ تا ۶۹/۸۶ درصد و میزان ناپدید شدن ماده خشک در کل دستگاه گوارش از ۶۹/۶۴ تا ۷۵/۱۹ درصد ماده خشک متغیر بود ($P < 0/01$) و کمترین میزان ناپدیدشدن ماده خشک در شکمبه و کل دستگاه گوارش در سیلاژ علوفه ژنوتیپ سجاما مشاهده شد.

Ashera و همکاران (۲۰۲۰) با ارزیابی علوفه دو رقم کینوا در شرایط برون‌تنی قابلیت هضم ماده خشک را ۶۹/۳ و ۶۶/۷ درصد در سال اول اجرای آزمایش و همان ارقام را به ترتیب ۷۵/۸ و ۷۱/۹ درصد در سال بعد و قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی را ۴۱/۴ و ۳۷/۹ درصد در سال اول اجرای آزمایش و ۳۸/۲ و ۳۹/۱ درصد در سال دوم آزمایش برآورد کردند که با نتایج آزمایش اخیر مطابقت دارد. همچنین تعیین گوارش‌پذیری مواد مغذی جیره‌های بر پایه علوفه خشک کینوا و یا سیلاژ کینوا در میش‌های شیری که علاوه بر علوفه کینوا، روزانه ۵۰۰ گرم جو نیز دریافت می‌کردند، قابلیت هضم ماده خشک به ترتیب ۶۲/۰۸ و ۶۲/۰۷ درصد، قابلیت هضم ماده آلی به ترتیب ۶۳/۲۲ و ۶۳/۴۰ درصد، قابلیت هضم پروتئین خام به ترتیب ۵۹/۴۸ و

۶۰/۸۹ درصد و قابلیت هضم کل مواد قابل هضم به ترتیب ۶۰/۳ و ۶۰/۴۹ برای علوفه خشک و سیلاژ کینوا تعیین شد (Salama و همکاران، ۲۰۲۱).

همچنین میزان گوارش‌پذیری برخی از گیاهان شورزیست خانواده کنوپدیاسه که به عنوان علوفه در تغذیه دام مورد استفاده قرار می‌گیرند بین ۶۰ تا ۷۴ درصد گزارش شده است (Razzaghi و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج میزان ناپدیدشدن ماده خشک ژنوتیپ‌های مختلف کینوا در آزمایش اخیر در دامنه گزارش شده برای گیاهان این خانواده نیز قرار دارد. پایین تر بودن میزان ناپدیدشدن پس از شکمبه‌ای ماده خشک در علوفه‌های سیلوشده کینوا در مقایسه با نوع خشک آن می‌تواند به دلیل کمتر بودن پروتئین‌های حقیقی موجود در علوفه‌های سیلوشده کینوا در مقایسه با نوع خشک آن باشد؛ زیرا در حین فرآیند تخمیر، پروتئین‌های علوفه در اثر پروتئولیز تجزیه می‌شوند. گزارش شده است که در علوفه تازه ۷۵ تا ۹۰ درصد از کل نیتروژن در ساختار پروتئین‌ها و بقیه آن در پپتیدها، اسیدهای آمینه آزاد، آمیدها، پورین‌ها، نوکلئوتیدها، کلروفیل و نیترات‌ها قرار دارد و در اثر پروتئولیزی که در سیلاژ اتفاق می‌افتد، پروتئین‌های حقیقی علوفه به محصولات نهایی پروتئولیز (اسیدهای آمینه، پپتیدها، آمونیاک و آمین‌ها) تبدیل می‌شوند، به طوری که در سیلاژهای خوب هم ممکن است نیتروژن پروتئینی به ۵۰ تا ۶۰ درصد کاهش یابد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱)؛ بنابراین پروتئینی که در علوفه سیلوشده به محصولات پروتئولیز تبدیل شده است در شکمبه شرایط خارج شدن از کیسه‌ها را پیدا نموده‌اند و جزبخشی از ماده خشک ناپدیدشده در شکمبه محاسبه می‌شوند. در حالی که پروتئین‌های حقیقی موجود در علوفه خشک پس از شکمبه تحت تأثیر آنزیم‌های پپسین و پانکراتین، هضم و از کیسه‌ها خارج می‌شوند و مقادیر بالاتری از میزان ناپدیدشدن پس از شکمبه‌ای در علوفه‌های خشک‌شده کینوا مشاهده می‌گردد.

بررسی عملکرد تولید علوفه کینوا (*Chenopodium quinoa willd.*) و تعیین... / پیروز شاکری و همکاران

جدول ۴- میزان ناپدید شدن ماده خشک نمونه‌های علوفه کینوا به صورت خشک و سیلوشده در شکمبه، پس از شکمبه و کل دستگاه گوارش

Table 4 - The amount of dry matter disappearance of dried and ensiled quinoa forages in the rumen, post-rumen and total gastrointestinal tract

The amount of dry matter disappearance from (%)			تیمارهای آزمایش		
کل دستگاه گوارش	پس از شکمبه	شکمبه	Treatments		
Gastrointestinal tract	Post-Rumen	Rumen			
75.19 ^a	17.68 ^a	69.86 ^a	Sejama	سجاما	علوفه تازه
71.85 ^b	13.22 ^d	67.56 ^a	Titicaca	تیتیکاکا	خشک شده
72.91 ^b	15.91 ^b	67.81 ^b	Q ₁₂	Q ₁₂	Freshly dried forage
69.64 ^d	14.06 ^c	64.64 ^c	Sejama	سجاما	سیلاژ ۶۰ روزه 60 days silage
70.89 ^{cd}	9.39 ^e	67.89 ^b	Titicaca	تیتیکاکا	
72.03 ^{bc}	9.58 ^e	49.43 ^{ab}	Q ₁₂	Q ₁₂	
0.433	0.205	0.628	SEM	انحراف استاندارد میانگین‌ها	
0.0001	0.0001	0.0003	P-value	سطح معنی داری	
P- value in group comparisons between			سطح معنی داری مقایسات گروهی بین		
0.0001	0.0001	0.05	Dry forages and silages	علوفه‌های خشک و سیلاژ	
0.0001	0.0001	0.0001	Dry forage and sejama silage	علوفه خشک و سیلاژ سجام	
0.14	0.0001	0.72	Dry forage and titicaca silage	علوفه خشک و سیلاژ تیتیکاکا	
0.17	0.0001	0.08	Dry forage and silage Q ₁₂	علوفه خشک و سیلاژ Q ₁₂	

- میانگین‌ها با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی دار می‌باشند ($P < 0.05$).

- Means within a column with different subscripts differ ($P < 0.05$).

شکمبه و در کل دستگاه گوارش را توجیه نماید. در تأیید نتایج آزمایش اخیر، قابلیت هضم ماده خشک علوفه ۶ ژنوتیپ مختلف کینوا در ۶۵/۱۴ تا ۶۷/۱۷ درصد تعیین شده است (Aydemir و Kaya، ۲۰۲۰) که با نتایج آزمایش اخیر مطابقت دارد.

تجزیه پذیری ماده خشک علوفه کینوا: فراسنجه‌های تجزیه پذیری ماده خشک در علوفه سه ژنوتیپ کینوا به صورت خشک شده و سیلاژ در شکمبه در جدول ۵ نشان داده شده است. غلظت ماده خشک با سرعت تجزیه بالا (بخش a) در علوفه خشک شده کینوا کمتر از نوع سیلاژ بود ($P < 0.01$)، اما غلظت ماده خشک با سرعت تجزیه کند (بخش b) و همچنین ثابت نرخ تجزیه (c) در علوفه خشک شده کینوا بیشتر از علوفه سیلوشده بود ($P < 0.01$). تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک علوفه کینوا به صورت خشک شده و سیلاژ با

بررسی ترکیب شیمیایی ژنوتیپ‌های مختلف کینوا، تنوع گسترده‌ای را بین آن‌ها نشان داده است (Abarghuei و همکاران، ۲۰۲۳؛ Ashera و همکاران، ۲۰۲۰). از سوی دیگر شواهد زیادی از کاهش قابلیت هضم علوفه‌ها در شکمبه با افزایش غلظت بخش‌های دیواره سلولی وجود دارد (Fazaeli و Shakeri، ۲۰۰۴؛ Van Soest، ۱۹۹۴). در این راستا Kamalak و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک ارتباط منفی با میزان دیواره سلولی علوفه‌ها دارد. مقایسه غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سیلاژ کینوای ژنوتیپ سجاما (۳۵/۳۳ درصد) در مقایسه با ژنوتیپ تیتیکاکا (۲۹/۹۳ درصد) و ژنوتیپ Q₁₂ (۲۹/۵۴ درصد) می‌تواند میزان کمتر ناپدید شدن ماده خشک سیلاژ کینوای ژنوتیپ سجاما در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیگر در

۲۰۰۴)، در تفسیر نتایج می توان به غلظت کمتر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در علوفه های سیلوشده کینوا در مقایسه با علوفه های خشک شده اشاره کرد. در منابع علمی گزارشی از نتایج تجزیه پذیری کاه کینوا در شکمبه یافت نشد، اما نتایج تعیین تجزیه پذیری شکمبه ای ماده خشک گیاه سلمه تره که هم جنس با کینوا می باشد نشان می دهد که بخش a، بخش b و میزان نرخ تجزیه پذیری (c) به ترتیب ۴۵/۰۳ و ۳۹/۰۹ درصد و ۰/۱۲ در ساعت گزارش شده است (Heidari, ۲۰۱۴) که با نتایج آزمایش اخیر مطابقت دارد.

فرض سرعت عبور ۰/۰۴ در ساعت تفاوتی نداشتند و در دامنه ۶۵/۳۴ تا ۶۸/۸۸ درصد متغیر بود، در حالی که تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک علوفه کینوا به صورت خشک شده و سیلاژ با فرض سرعت های عبور ۰/۰۶ و ۰/۰۸ در ساعت متفاوت بودند ($P < 0.05$).

بالتر بودن غلظت ماده خشک با سرعت تجزیه بالا (بخش a) در سیلاژ علوفه کینوا در مقایسه با علوفه خشک شده در راستای نتایج حاصل از میزان ناپدید شدن شکمبه ای این دو رقم بود. از آن جا که غلظت بخش با تجزیه سریع خوراک تحت تأثیر عواملی از قبیل حلالیت، ساختمان فیزیکی خوراک و میزان دیواره سلولی قرار دارد (Kamalak و همکاران،

جدول ۵- فراسنجه های تجزیه پذیری ماده خشک علوفه کینوا به صورت خشک و سیلوشده در شکمبه

Table 5- Dry matter degradability parameters of dried and ensiled quinoa forages in the rumen

تجزیه پذیری مؤثر ^۲ (درصد)			فراسنجه های تجزیه پذیری ^۱			تیمارهای آزمایشی Treatments		
Effective degradability ²			Degradability Parameters ¹					
۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۴	c	b	a			
60.64 ^b	63.70 ^b	67.78 ^a	0.080 ^{ab}	42.85 ^a	39.23 ^d	Sejama	سجاما	علوفه تازه
58.60 ^c	61.49 ^c	65.34 ^b	0.082 ^a	40.74 ^b	38.05 ^e	Titicaca	تیتیکا	خشک شده
61.11 ^b	64.03 ^{ab}	67.98 ^a	0.075 ^{bc}	40.80 ^b	41.44 ^c	Q ₁₂	Q ₁₂	Freshly dried forage
58.81 ^c	61.64 ^c	65.58 ^b	0.064 ^d	39.61 ^b	41.26 ^c	Sejama	سجاما	سیلاژ ۶۰ روزه
62.85 ^a	65.22 ^a	68.60 ^a	0.54 ^e	33.64 ^d	49.40 ^a	Titicaca	تیتیکا	60 days silage
6280 ^a	65.37 ^a	68.88 ^a	0.071 ^c	35.93 ^c	45.91 ^b	Q ₁₂	Q ₁₂	
0.461	0.469	0.470	0.002	0.430	0.219	SEM	انحراف استاندارد میانگین ها	
0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	P-value	سطح معنی داری	
P- value in group comparisons between						سطح معنی داری مقایسات گروهی بین		
0.002	0.02	0.10	0.0001	0.0001	0.0001	علوفه های خشک و سیلاژ		
						Dry forages and silages		
0.01	0.006	0.003	0.0001	0.0001	0.0001	علوفه خشک و سیلاژ سجاما		
						Dry forage and sejama silage		
0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	علوفه خشک و سیلاژ تیتیکا		
						Dry forage and titicaca silage		
0.02	0.06	0.18	0.27	0.0001	0.0001	علوفه خشک و سیلاژ Q ₁₂		
						Dry forage and silage Q ₁₂		

۱- a = بخش با تجزیه پذیری سریع (درصد)، b = بخش با تجزیه پذیری کند (درصد) و c = ثابت نرخ تجزیه (در ساعت).

۲- تجزیه پذیری مؤثر با فرض سرعت های عبور ۰/۰۴، ۰/۰۶ و ۰/۰۸ در ساعت.

- میانگین ها با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P < 0.05$).

1- a, rapidly degradable DM fraction; b, slowly degradable fraction; c, rate constant of degradation of b fraction.

2- Effective degradability of DM. with ruminal outflow rate 0.02, 0.04, 0.08 per hour.

- Means within a column with different subscripts differ ($P < 0.05$).

۲۸/۵۴ و ۲۶/۹ درصد و میزان ماده خشک با سرعت تجزیه کند (بخش b) به ترتیب ۳۶/۶۵ و ۳۴/۹۷ درصد گزارش شده است (Mahmodi Abyaneh, ۲۰۱۱).

نتیجه گیری کلی

جاذبه های تغذیه ای و تجاری بالای کینوا سبب شده تا کشت آن در کشور مورد توجه قرار گیرد. طول دوره رشد این گیاه کوتاه است و عملکرد علوفه تر این گیاه در شرایط اقلیمی کرمان در ژنوتیپ های سجاما، تیتیکاکا و Q۱۲ در دوره ۶۰ روزه حدود ۳۰ تا ۳۶/۵ تن در هکتار و قابل رقابت با سایر علوفه های رایج می باشد. گوارش پذیری ماده خشک علوفه کینوا به صورت خشک شده و سیلاژ در ژنوتیپ های مورد بررسی نشان داد که از وضعیت قابل قبولی برخوردار است؛ اما از نظر ترکیب شیمیایی و همچنین ویژگی های سیلویی بین ژنوتیپ های مختلف تفاوت های زیادی وجود دارد و لازم است تحقیقات بیشتری برای انتخاب و معرفی ژنوتیپ های مناسب و برتر برای تغذیه دام انجام گیرد

در آزمایش مشابه دیگری مقادیر فراسنجه های تجزیه پذیری a, b و c در گیاه سلمه تره به ترتیب ۲۶/۷۴، ۳۴/۰۵ درصد و ۰/۱۹۴ در ساعت گزارش شده است (Hoseini Nejad و همکاران، ۲۰۱۲) که با نتایج آزمایش اخیر مطابقت ندارد. در این مطالعه، علاوه بر سلمه تره، تجزیه پذیری چهار گیاه شورزیست دیگر نیز مورد بررسی قرار گرفته است و همبستگی منفی و بالایی ($R^2=0/96$) بین میزان تجزیه پذیری و غلظت دیواره سلولی در گیاهان شورزیست خانواده کنوپودیاسه گزارش شده است (Hoseini Nejad و همکاران، ۱۳۹۱).

در راستای نتایج آزمایش اخیر، Valizadeh و همکاران (۲۰۱۰) میزان ماده خشک با تجزیه پذیری سریع (a) را در قسمت های مختلف گیاه شورزیست اروشیا شامل گیاه کامل، برگ و ساقه را به ترتیب ۲۳/۲، ۳۲/۰ و ۱۱/۰ درصد و میزان ماده خشک با تجزیه پذیری کند (b) در بخش های مختلف این گیاه را به ترتیب ۳۰/۵، ۵۲/۰ و ۱۶/۴ درصد گزارش کردند، در حالی که در گیاهان کوشیا و آتریپلکس میزان ماده خشک با تجزیه پذیری سریع (بخش a) به ترتیب

منابع

- Abarghuei, M.J., Shakeri, P., Fazaeli, H., Karimi, A.H., Boostani, A., Izadi, G.A., Izadi, M., Salehi, M., Mohammadi, D. Owji, T. Agah, M.J. and Mardaneh, A. 2023. Determination of chemical composition, degradability and digestibility of quinoa forage in different stages of harvesting. Final reports of research project. *Animal Science Research Institute of Iran*. (In Persian).
- Abdallah, M. El, S. 2016. Evaluation of (*Chenopodium quinoa willd*) as a new forage crop under Egyptian condition. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of master in agriculture science, Department of Animal Production Faculty of Agriculture in Shams University.
- Adesogan, A.T. 2005. Effect of bag type on the apparent digestibility of feeds in Ankom DaisyII incubators. *Animal Feed Science and Technology*, 119: 333-344.
- Ashera, A., Shmuel, G., Travis, W. and Lior, R. 2020. The potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dual-purpose crop for grain production and livestock feed. *Scientia Horticulturae*, 272: 109534.
- Barros-Rodríguez, M., Cajas-Naranjo, M., Núñez-Torres, O., Mera-Andrade, R., Artieda-Rojas, J., Sandoval-Castro, C. and J. Solorio-Sánchez. 2018. *In situ* rumen degradation kinetics and *in vitro* gas production of seed, whole plant and stover of *chenopodium quinoa*. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 28(1): 327-331.

- Bazile, D., Pulvento, C., Verniau, A., Al-Nusairi, M.S., Ba, D., Breidy, J., Hassan, L., Mohammed, M.I., Mambetov, O., Otambekova, M., Sepahvand, N.A., Shams, A., Souici, D., Miri, K. and Padulosi, S. 2016. Worldwide evaluations of quinoa: preliminary results from post international year of quinoa FAO projects in nine countries. *Frontiers in Plant Science*, <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00850>.
- Buxton, R., Muck, R.E. and Harrison, F. 2003. *Silage science and technology*. American society of agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Danesh Mesgaran, M. and Stern, M.D. 2005. Ruminant and post-ruminant protein disappearance of various feeds originating from Iranian plant varieties determined by the *in situ* mobile bag technique and alternative methods. *Animal Feed Science and Technology*, 118: 31-46.
- Erdoğan, H. and Koca, Y.O. 2020. Effect of Quinoa-Corn intercropping production system on yield and quality of mixture silage. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 1(2): 57-65.
- Hameleers, A., Leach, K.A. Offer, N.W. and Roberts, D.J. 1999. The effect of incorporating sugar beet pulp with forage maize at ensiling on silage fermentation and effluent output using drum silos. *Grass and Forage Science*, 54: 322-335.
- Heidari, H., Bashtani, M., Asghari, M.R. and Naimipour Younesi, H. 2014. Determination of nutritional value of Fat-hen processed with lime at different times using *in situ* technique. *Range Management*, 3 (1): 81-97. (In Persian).
- Hoseini Nejad, Z., Yoosefollahi, M. and Fazayeli, H. 2012. Nutritive Value of Five halophytes determined in Sistan area. *Iranian Journal Animal Science*, 43 (1): 1-10. (In Persian).
- Kamalak, A., Canbolat O. and Gurbuz. Y. 2004. Comparison between *in situ* dry matter degradation and *in vitro* gas production of tannin containing leaves from four tree species. *South African Journal of Animal Science*, 34(4): 524-532.
- Kaya, E. and Aydemir, S.K. 2020. Determining the forage yield, quality and nutritional element contents of quinoa cultivars and correlation analysis on these parameters. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 57(2): 311-317.
- Kilic, A. 1986. Silo feed (instruction, education and application proposals). Bilgehan Pres. 327.
- Khorvash, M., Colombatto, D., Beauchemin, K.A., Ghorbani, G.R. and Samei. A.H. 2005. Use of absorbant and inoculants to enhance the quality of corn silage. *Canadian Journal of Animal Science*, 86: 97-107.
- Mahmodi Abyaneh, M. 2011. Comparison of Nutritional Value of 3 Halophyte species with wheat straw and alfalfa hay. Thesis of Master Science, Mashhad Ferdowsi University. (In Persian).
- McDonald, P., Henderson A.R. and Heron, S.J.E. 1991. *The biochemistry of silage*, 2nd ed. Holcombe Publications, UK.
- Muller, T.H., Seyfarth, F. and Krabe, O. 1991. Quality of grass silage depending on epiphytic lactic acid bacteria. In *Forage Conservation Towards 2000* ed. Braunschweig: Institute of Grassland and Forage Research.
- Ørskov, E.R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92: 499-503.
- Ørskov, E.R., Deb hovel, F.D. and mould, F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feed stuffs. *Tropical Animal Health and Production*, 5: 195-213.
- Papastylianou, P., Kakabouki, I., Tsiplakou, E., Travlos, I., Bilalis, D., Hela, D., Chachalis, D., Anogiatis, G. and Zervas, G. 2014. Effect of fertilization on yield and quality of biomass of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and green amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.). *Bulletin UASVM Horticulture*, 71(2): 288-292.
- Peiretti, P.G., Gai, F. and Tassone, S. 2013. Fatty acid profile and nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds and plants at different growth stages. *Animal Feed Science and Technology*, 183: 56-61.

- Podkówka, Z., Gęsiński, K. and Podkówka, L. 2018. The influence of additives facilitating ensiling on the quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) silage. *Journal of Central European Agriculture*, 19(3): 607-614.
- Razzaghi, A., Valizadeh, R. and Tarahimi, M. 2015. Chemical composition, *in situ* ruminal degradability, and gas production of *Atriplex canescens*, *Salsola rigida* and *Aeluropus litoralis*. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 7 (1): 1-11. (In Persian).
- Saberi, A. and Kiani, A. 2023. The effects of plant density and irrigation frequency on production and water content of varieties Kochia, Quinoa and Forage sorghum. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 17(1): 56-67.
- Salama, R., Yacout, M.H. Elgzar, M.I.T. and Awad, A.A. 2021. Nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) crop as unconventional forage resource in feeding ruminants. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 24(1): 77-84.
- SAS. 2003. SAS User's Guide Statistics. Version 9.1 Ed. SAS Inst., Inc., Cary NC.
- Shakeri, P. and Fazaeli, H. 2004. A survey of nutritive value of gramineae range species in Kerman province, Iran. Proceeding of the 4th International Iran & Russia Conference. University of Shahrekord, Iran. 1044-1047.
- Shakeri, P., Dayani, O., Asadi Korom, M., Naghafineghad, H. and Aghashahi, A.R. 2019. Determination of nutritive value, fermentability and degradability in two genotypes of Quinoa crop residues. *Journal of Ruminant Research*, 7(2): 83-96. (In Persian).
- Sheikhi Sanandaji, D., Heidari, G., Fathi, P., Sharifi, Z. and Khodaverdiloo, H. 2023. Investigating the effects of different levels of vermicompost and irrigation on the yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) forage. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54(2): 15-29.
- Valizadeh, R., Ghadami Koohestani, M. and Melati, F. 2010. Chemical composition, *in situ* degradability and *in vitro* gas production of winter fat plant (*Eurotia ceratoides*). *Iranian Journal of Animal Science Research*, 3(2): 159-165. (In Persian)
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2th ed. Cornell University Press. Ithaca, NY, PP. 476.
- Wilson, R.K. 1985. Laboratory studies on chemical, electric-resistance and physical changes in grass silage over the first 14 days. *Irish Journal of Agricultural Research*, 24:39.

