نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۳۸، بهـار ۱۴۰۲
ص‌ص: ۳~۱۸

بررسی ویژگی‌های سیلاژ علوفهٔ کینوآ

پیروز شاکری[1*]، حمید نجفی‌نژاد[2]، علی‌رضا آقاشاهی[3] و امیرعلی شاکری[4]

۱ و ۳ - دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات تغذیه و فیزیولوژی دام و طیور، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۲- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.

۴- دانشجوی رشته دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران.

تاریخ دریافت : فروردین ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش : اردیبهشت ۱۴۰۱

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۳۴۱۶۴۱۹

Email: Pirouz_shakeri@yahoo.co.uk

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ ASJ.2022.358291.2218

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی امکان تهیه سیلاژ از علوفهٔ کینوآ (*Chenopodium quinoa* willd.) و تعیین ارزش غذایی و ویژگی‌های سیلاژ در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی با سه ژنوتیپ سجاما، تیتیکاکا و Q_{12} انجام شد. گیاه کامل در زمان خمیری‌شدن دانه‌ها برداشت و پس از خردکردن در سیلوهای آزمایشگاهی با چهار تکرار، سیلو شد. پس از ۶۰ روز سیلوها باز شدند و شاخص‌های ظاهری آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. از سیلاژها نمونه‌برداری شد و از نمونه‌ها برای تعیین غلظت ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های سیلویی استفاده گردید. نتایج نشان داد که طول دورهٔ کاشت تا خمیری‌شدن دانه‌ها در هر سه ژنوتیپ در شرایط اقلیمی کرمان ۶۰ روز بود. در سیلاژ ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q_{12} به‌ترتیب میزان ماده خشک ۲۰/۳۶، ۲۲/۹۹ و ۲۲/۲۱ درصد (P<۰/۰۱)، غلظت پروتئین خام ۱۳/۵۰، ۱۴/۲۱ و ۱۴/۳۱ درصد، غلظت عصاره اتری ۳/۱۷، ۳/۰۰ و ۳/۱۵ درصد، غلظت خاکسترخام ۲۱/۰۰، ۱۷/۴۰ و ۱۸/۹۶ درصد (P<۰/۰۱)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی ۳۵/۳۳، ۲۹/۹۳ و ۲۹/۵۴ درصد (P<۰/۰۱) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ۱۹/۹۵، ۲۱/۵۲ و ۱۷/۰۱ درصد (P<۰/۰۱) بود. در ارزیابی ظاهری سیلاژها امتیاز کلی ۱۶/۷۵، ۱۷/۵۰ و ۱۸/۱۳ از امتیاز ۲۰ به‌ترتیب برای ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q_{12} تعیین شد و نمره فلیگ در این ژنوتیپ‌ها، به‌ترتیب ۲۸/۵۰ (سیلاژ متوسط)، ۹۱/۵۸ (سیلاژ خیلی خوب) و ۷۵/۲۲ (سیلاژ خوب) بود (P<۰/۰۱). سیلاژ علوفهٔ کینوآ ظرفیت بافری بالایی داشت و در ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q_{12} به‌ترتیب ۲۷۳/۰۹، ۱۹۵/۹۰ و ۲۰۰/۳۳ میلی‌اکی‌والان هیدروکسید سدیم تعیین شد (P<۰/۰۱). از تخمیر سیلاژ علوفهٔ ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q_{12} به‌ترتیب پتانسیل تولید گاز ۴۱/۳۱، ۴۶/۹۸ و ۴۴/۹۲ میلی‌لیتر به ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه (P<۰/۰۱)، قابلیت هضم ماده آلی ۴۸/۲، ۵۴/۴۳ و ۵۲/۱۰ درصد (P<۰/۰۱)، و انرژی قابل سوخت‌وساز ۱/۶۷، ۱/۹۰ و ۱/۸۱ مگاکالری در کیلوگرم برآورد گردید (P<۰/۰۱). به‌طور کلی نتایج نشان داد که سیلاژ علوفهٔ کینوآ از ارزش غذایی مناسبی به‌خصوص از نظر پروتئین خام برخوردار است و می‌تواند در تغذیه نشخوارکنندگان، جایگزین مناسبی برای علوفه‌های رایج با نیاز آبی بالا باشد. اما از نظر ترکیب شیمیایی و همچنین ویژگی‌های سیلویی بین ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت‌های زیادی وجود دارد و برخی از ژنوتیپ‌ها از پتانسیل مناسبی برای سیلوشدن (سجاما) برخوردار نیستند.

واژه‌های کلیدی: ارزش غذایی، تخمیرپذیری، ترکیبات شیمیایی، کینوآ، سیلاژ.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 138 pp: 3-18

Investigation of quinoa forage silage characteristics

By: Pirouz Shakeri[1*], Hamid Najafi Neghad[2], Ali Reza Aghashahi[3] and Amir Ali Shakeri[4]

1 and 3- Animal Nutrition and Physiology Research Department, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

2- Crop and Horticultural Science Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran.

4- Veterinary student of Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran.

*-Corresponding author: Pirouz_shakeri@yahoo.co.uk

Received: April 2022 **Accepted: May 2022**

The objective of this study was to investigate the possibility of preparing silage, determine nutritive value and characteristics of silage prepared from three genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) forage (Sjama, Titicaca and Q_{12}) in a completely randomized design. The whole quinoa plants were harvested at the time dough of seeds and then chopping. The chopped forages were ensiled with four replications in laboratory silos. After 60 days, the silos were opened and the appearance characteristics of the silages were examined. The quinoa silages were sampled for analysis concentration of chemical composition and silage characteristics. The results show that, the duration of sowing to the dough stage of seeds was 60 days in Kerman climate. In silage of Sajama, Titicaca and Q_{12} genotypes, the average of dry matter ($P<0.01$) was 20.36, 22.99 and 22.21%, the concentration of crude protein ($P<0.01$) was 13.50, 14.21 and 14.31%, the ether extract was 3.17, 3.00 and 3.15%, the concentration of crude ash ($P<0.01$) was 21.00, 17.40 and 18.96%, the concentration of neutral detergent fiber ($P<0.01$) was 35.33, 29.93 and 29.54% and the concentration of acid detergent fiber ($P<0.01$) was 19.95, 21.52 and 17.01% respectively. The apparent characteristics score of silages were 16.75, 17.50 and 18.13 in a 0 to 20 scoring system for Sjama, Titicaca and Q_{12} genotypes respectively ($P<0.01$), and the fleig point were determined 28.50 (moderate silage), 91.58 (very good silage) and 75.22 (good silage), respectively ($P<0.01$). Quinoa forage silage had a high buffering capacity and were determined 273.09, 195.90 and 200.33 meq NaOH for Sjama, Titicaca and Q_{12} genotypes respectively ($P<0.01$). Fermentation of forage silage showed that in Sjama, Titicaca and Q_{12} genotypes, the potential of gas production (b) were 41.31, 46.98 and 44.92 ml/200mg respectively ($P<0.01$), digestibility of organic matter was 48.2, 54.43 and 52.10% respectively ($P<0.01$), and metabolisable energy were 1.67, 190 and 1.81 Mcal/kg respectively ($P<0.01$). In general, the results have shown that quinoa forage silage have an acceptable quality, especially in crude protein concentration and can be used as a substitution feedstuff in ruminant nutrition. However, there are many differences between genotypes in chemical composition and silage properties. It seems some genotypes (Sjama) don't have the potential for silage production.

Key words: Nutritive value, fermentability, chemical composition, quinoa, silage.

مقدمه

افزایش جمعیت جهان، تخریب منابع طبیعی و افزایش دمای زمین سبب بروز نگرانی برای تأمین غذای کافی و متعادل موجودات زنده شده است و محققین را به جستجوی منابع خوراکی جدید سوق داده است. در این مسیر گیاهانی که بتوانند با آب و خاک‌های نامتعارف رشد کنند و مقادیر بیشتری غذا با کیفیت مناسب برای تغذیه انسان و حیوانات فراهم کنند در اولویت قرار دارند (Kaya و Kizil Aydemir، ۲۰۲۰). کینوآ (*Chenopodium quinoa* Willd.)، یک گیاه زراعی دو منظوره برای تولید دانه و علوفه است که دردامنهٔ بسیار متنوعی از شرایط اکولوژیکی و کیفیت‌های نامناسب آب و خاک رشد می‌کند و کشت آن با مشارکت فعال سازمان خواربار جهانی در خارج از مناطق بومی برای تأمین امنیت غذایی پیگیری می‌شود و تا

سال ۲۰۱۵ کشت آن به بیش از ۹۵ کشور گسترش یافته است (Bazile و همکاران، ۲۰۱۶). دانه‌های کینوآ دارای سطح بالایی از پروتئین هستند و حاوی تمام اسیدهای آمینه ضروری می‌باشد (Peiretti و همکاران، ۲۰۱۳). علاوه بر این، علوفهٔ کینوآ به دلیل ارزش غذایی بالا برای دام‌ها و به‌دلیل ظرفیت بالقوه آن به‌عنوان علوفهٔ در بسیاری از نقاط جهان مورد توجه قرار گرفته است (Peiretti و همکاران، ۲۰۱۳؛ Zom و همکاران، ۲۰۰۲؛ Salama و همکاران، ۲۰۲۱).

بررسی ارزش غذایی و گوارش‌پذیری علوفهٔ کینوآ در مراحل مختلف رشد نشان داده است که علوفهٔ این گیاه در مراحل مختلف رشد دارای ترکیب متفاوتی می‌باشد. کمترین و بیشترین غلظت پروتئین خام به‌ترتیب در نمونه‌های مراحل غنچه‌دهی با ۹/۳۵ درصد و کامل‌شدن دانه‌ها با ۱۵/۰۸ درصد گزارش شده است. قابلیت هضم ماده خشک از ۹۲ درصد در مرحله اولیه رشد رویشی تا ۷۱ درصد در مرحله کامل شدن دانه متغیر بوده است (Peiretti و همکاران، ۲۰۱۳). علاوه بر این، در کشور لهستان علوفهٔ کینوآ در مرحلهٔ گلدهی کامل برداشت گردید و به‌مدت ۶ هفته ۱) بدون افزودنی، ۲) با افزودنی باکتریایی (مخلوط سه باکتری *Lactobacillus plantarum*، *Enterococcus faecium* و *Pediococcus acidilactici* با غلظت $1/25\times10^{11}$ cfu/g به‌میزان ۰/۱ گرم در تن) و ۳) افزودنی شیمیایی (مخلوط اسید فرمیک، اسید پروپیونیک و فومارات آمونیوم به میزان ۵ لیتر در تن) در سیلوهای آزمایشگاهی سیلو شد. نتایج نشان داد که میزان ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر خام، چربی خام، عصارهٔ فاقد نیتروژن، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و کربوهیدرات‌های نامحلول در آب در علوفهٔ کینوآ در مرحله گلدهی به‌ترتیب ۱۸/۹۱، ۱۱/۲۱، ۱۴/۷۰، ۴/۴۴، ۴۰/۳۷، ۴۶/۶۵ و ۶/۲۴ درصد بود و نتایج سیلو کردن این علوفهٔ نیز نشان داد که سیلاژهای با افزودنی‌های باکتریایی و شیمیایی از کیفیت مناسب‌تری در مقایسه با سیلاژ بدون افزودنی برخوردار بودند (Podkówka و همکاران، ۲۰۱۸).

در کشور مصر علوفهٔ کینوآ با افزودن ۵ درصد ملاس سیلو شد و پس از بازکردن سیلوی سه ماهه، pH آن ۴/۳۶ تعیین شد. میزان ماده خشک، غلظت اسیدلاکتیک، اسید استیک، اسید بوتیریک و نیتروژن آمونیاکی سیلاژ به‌ترتیب ۳۰/۵۶، ۳/۰۲، ۳/۰۶، ۰/۹۶ و ۱/۲۷ درصد بود و نشان داده شد که با سیلوکردن علوفهٔ کینوآ میزان NDF، ADF، ADL، همی‌سلولز و سلولز به‌طور معنی‌داری نسبت به علوفهٔ تازه کاهش یافت. در این آزمایش از علوفهٔ کینوآ به‌صورت خشک‌شده و یا سیلاژ به همراه روزانه ۵۰۰ گرم جو برای تغذیه میش‌های شیرده استفاده شد و میزان تولید شیر، میزان تولید شیر تصحیح شده بر اساس ۴ درصد چربی، چربی شیر، کل چربی تولیدی، درصد پروتئین خام و کل مواد جامد شیر به‌ترتیب ۳۶۵/۴۴ و ۳۹۱/۵۰ گرم در روز، ۳۶۵/۴۴ و ۳۶۱/۶۵ گرم در روز، ۳/۸ و ۳/۵ درصد، ۱۲/۲۸ و ۱۲/۱۱ درصد برای علوفهٔ خشک‌شده و سیلاژ تعیین شد. مصرف ماده خشک، قابلیت هضم پروتئین خام و قابلیت هضم چربی خام در میش‌های مصرف‌کننده سیلاژ کینوآ در مقایسه با علوفهٔ خشک کینوآ 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).

عملکرد گیاهان زراعی رایج مانند ذرت علوفه‌ای و یونجه با توجه به ادامه شرایط کم آبی، گسترش مناطق با آب و خاک شور و تشدید تنش‌های شوری و خشکی در کشور رو به کاهش است. با در نظرگرفتن نتایج استفاده از علوفهٔ کینوآ در تغذیه دام در سایر کشورها و همچنین خصوصیات زراعی گیاه کینوآ از قبیل نیاز آبی پایین و مقاومت به تنش‌های شوری و خشکی، به‌نظر می‌رسد، این گیاه بتواند به‌عنوان یک ماده خوراکی مناسب در صنعت دامپروری کشور مطرح شود. بنابراین، مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی امکان سیلوکردن، ارزش غذایی و ویژگی‌های سیلویی علوفهٔ کینوآ انجام شد.

مواد و روش‌ها

کاشت و عملیات زراعی کینوآ

سه ژنوتیپ کینوآ شامل سجاما، تیتیکاکا و Q_{12} در ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی شهید زنده‌روح در ۲۰ کیلومتری غرب شهر

کرمان، با متوسط بارندگی ۱۴۰ میلی‌متر در سال و آب و هوای خشک و نیمه معتدل کشت گردید. هر سه ژنوتیپ به تفکیک در تاریخ ۲۲ مرداد کشت شدند و برداشت گیاه کامل کینوآ 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، به‌صورت دستی و با داس انجام شد. از گیاهان برداشت شده از هر کرت، نمونه‌ای یکسان از نظر وزن برداشت و پس از مخلوط کردن نمونه‌های برداشت‌شده از کرت‌های مختلف، یک نمونه واحد از هر ژنوتیپ به وزن حدود ۱۰۰ کیلوگرم تهیه شد. هر نمونه با استفاده از یک علوفهٔ خردکن با اندازه قطعات بین ۲ تا ۵ سانتی‌متر خرد شدند و با چهار تکرار در سیلوهای آزمایشگاهی سیلو شدند. 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 بود. پس از پر کردن سیلوها، محتویات سیلوها با استفاده از یک دستگاه پرس دستی به خوبی فشرده و درِ آن‌ها بسته شد. سیلوها بعد از پر شدن توزین و به انبار آزمایشگاه منتقل و تا زمان نمونه‌گیری در دمای اتاق بدون وسیله گرمایشی نگهداری شدند. پس از ۷۲ ساعت از بستن درِ سیلوها و سپس در روزهای ۱۰، ۲۰ و ۴۰ و ۶۰ شیر تخلیه سیلوها باز شد و پس از تخلیه کامل پساب، وزن‌کشی سیلوها انجام شد و میزان پساب در فواصل زمانی مختلف محاسبه گردید. پس از ۶۰ روز درِ تمامی سیلوهای آزمایشگاهی باز شد و نمونه‌ای جهت انجام آزمایشات برداشت و در سایه خشک گردید. نمونه‌خشک‌شده با آسیای آزمایشگاهی مجهز به توری با منافذ به قطر یک میلی‌متر آسیاب شد و در آن غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با استفاده از دستگاه تجزیه فیبر[1] اندازه‌گیری شد (Van Soest و همکاران، ۱۹۹۱). پروتئین خام با دستگاه میکروکلدال[2] و چربی خام با دستگاه سوکسله تعیین گردید. خاکستر خام نمونه‌ها نیز در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ ساعت در کوره الکتریکی[3] تعیین شد (AOAC, ۲۰۰۰).

ظرفیت بافری (Playne و McDonald، ۱۹۶۶) و ظرفیت نگهداری آب (Giger-Reverdin، ۲۰۰۰) در نمونه‌های سیلاژ تعیین شد و برای تهیه عصاره (Adesogan و همکاران، ۲۰۰۴) مقدار ۲۰گرم از هر یک از نمونه‌های سیلاژ با ۱۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر در داخل مخلوط‌کن به مدت ۳۰ ثانیه به‌هم زده شد و سپس صاف گردید. ابتدا pH عصاره تعیین شد و سپس به هر ۵ میلی‌لیتراز عصاره صاف شده، یک میلی‌لیتر اسید متا فسفریک ۲۵ درصد اضافه گردید، و برای تعیین غلظت کربوهیدرات‌های محلول (Dubois و همکاران، ۱۹۵۶)، نیتروژن آمونیاکی (Broderick و Kang، ۱۹۸۰) و اسیدهای چرب فرار (Playne، ۱۹۸۵) مورد استفاده قرار گرفت.

شاخص ظاهری در نمونه‌های سیلاژ مورد ارزیابی قرار گرفت (Kilic، ۱۹۸۶). 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 می‌شود. در ارزیابی نهایی سیلاژها، سیلاژ با نمره ۲۰-۱۸ سیلاژ بسیار خوب، ۱۷-۱۴ سیلاژ خوب، ۱۳-۱۰ سیلاژ قابل قبول، ۹-۵ سیلاژ غیرقابل قبول و۴-۰ سیلاژ غیر قابل مصرف در نظر گرفته می‌شود. شاخص نقطه فلیگ نیز با استفاده از رابطهٔ (۱) محاسبه گردید (Kilic، ۱۹۸۶). در این روش نیز امتیاز ۱۰۰-۸۱ شاخص سیلاژ خیلی خوب، امتیاز ۸۰-۶۱ شاخص سیلاژ خوب، امتیاز ۶۰-۴۱ شاخص سیلاژ قابل قبول، امتیاز ۴۰-۲۱ شاخص سیلاژ متوسط و امتیاز ۲۰-۰ شاخص سیلاژ غیرقابل قبول است.

شاخص فلیگ = ۲۲۰+ (۲× درصد ماده خشک) -۱۵ - ۴۰ × pH

رابطهٔ (۱)

تخمیرپذیری نمونه‌های سیلاژ در شرایط تولید گاز تعیین شد (Fedorak و Hurdy، ۱۹۸۳) و برای برای تخمین فراسنجه‌های کنیتیک تولید گاز از معادله ($P=b(1-e^{-ct})$) استفاده شد (Ørskov و McDonald، ۱۹۷۹)،که در این رابطه: P میزان گاز تولیدشده در زمان t، b تولید گاز از بخش نامحلول با پتانسیل تخمیر پس از ۲۴ساعت، c ثابت نرخ تولید گاز برای بخش b (میلی‌لیتر در ساعت)

و t زمان انکوباسیون (ساعت) می‌باشد، که با استفاده از نرم‌افزار Fitcurve محاسبه شد. هم‌چنین از روابط زیر برای برآورد انرژی قابل سوخت‌وساز، قابلیت هضم ماده آلی و اسیدهای چرب زنجیر کوتاه استفاده شد (Menke و Steingass، ۱۹۸۸).

انرژی قابل سوخت و ساز (علوفه‌ها) (MJ/kg DM) = ۲/۲۰ + ۰/۱۳۶ × GP + ۰/۰۵۷ × CP + ۰/۰۰۲۹ × CF^2

قابلیت هضم ماده آلی (g/100 g DM) = ۱۴/۸۸ + ۰/۸۸۹ × GP + ۰/۴۵ × CP + ۰/۰۶۵۱ × XA

اسیدهای چرب شاخه‌دار زنجیر کوتاه (mmol/200 mg DM) = ۰/۰۲۲۲ × GP – ۰/۰۰۴۲۵

که در این روابط GP گاز تولیدشده از ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه پس از ۲۴ ساعت، CP درصد پروتئین خام، CF درصد چربی خام و XA درصد خاکستر در نمونه سیلاژ می‌باشد.

تجزیه آماری داده‌های این آزمایش در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی و مدل آماری (۱) با ۳ تیمار و ۴ تکرار با نرم‌افزار آماری (SAS, ۲۰۰۳) نسخه ۹/۱ و با استفاده از رویه GLM انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح آماری ۹۵ درصد استفاده شد.

مدل آماری (۱) $$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

که در این رابطه: Y_{ij}= مقدار هر مشاهده، μ= میانگین کل، t_i= اثر تیمار (ژنوتیپ سیلاژ)و ε_{ij}= خطای آزمایشی بودند.

نتایج و بحث

ارزیابی کیفی سیلاژهای کینوآ

نتایج ارزیابی کیفیت سیلاژهای کینوآ با تعیین خصوصیات ظاهری، تعیین نمره فلیگ و همچنین تعیین pH و میزان تولید پساب در جدول ۱ نشان داده شده است. سیلاژها از نظر استحکام بافت، بوی مطلوب اسیدی و رنگ از کیفیت خوبی برخوردار بودند، اما در سیلاژ ژنوتیپ سجاما پس از بازکردن درِ سیلو یک لایه به عمق حدود پنج سانتی‌متر کپک‌زدگی وجود داشت و کاهش امتیاز کپک‌زدگی در سیلاژ این ژنوتیپ سبب کاهش امتیاز کلی ارزیابی خصوصیات ظاهری این سیلاژ گردید. امتیاز ارزیابی ظاهری در ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۱۶/۷۵، ۱۷/۵۰ و ۱۸/۱۳ تعیین شد و ژنوتیپ سجاما با سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۱$). بر اساس این روش، سیلاژ ژنوتیپ $Q_{۱۲}$ در گروه سیلاژهای بسیار خوب و سیلاژ ژنوتیپ‌های سجاما و تیتیکاکا در گروه سیلاژهای خوب قرار گرفت، اما نتیجه ارزیابی سیلاژها بر اساس نمره فلیگ نتایج متفاوتی را نشان داد. از آن‌جاکه مقادیر pH و میزان ماده خشک در یک سیلاژ از عوامل تعیین‌کننده نمره فلیگ می‌باشند و pH درسیلاژ ژنوتیپ سجاما بالاتر از دو ژنوتیپ دیگر بود، نمره فلیگ در ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۲۸/۵۰ (سیلاژ متوسط)، ۹۱/۵۸ (سیلاژ خیلی خوب) و ۷۵/۲۲ (سیلاژ خوب) تعیین شد.

از ویژگی‌های یک سیلاژ با تخمیر خوب، pH پایین و در محدودهٔ ۳/۷۹ تا ۴/۳۳ می‌باشد که در نتیجهٔ تولید اسیدلاکتیک و یا مقدار زیاد اسیدهای چرب زنجیر کوتاه تولیدی در سیلاژ است (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱). مقادیر pH در سیلاژ علوفهٔ کینوآی ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۵/۴۴، ۳/۹۵ و ۴/۳۶ تعیین شد و نشان می‌دهد که pH سیلاژ ژنوتیپ سجاما در وضعیت مطلوبی قرار نداشته است و کپک زدن آن در زیر درِ سیلوی آزمایشگاهی این نقیصه را تأیید می‌نماید. در سایر آزمایشات نیز pH سیلاژ ۶ هفته‌ای علوفهٔ کینوآ بدون افزودنی ۴/۱۳ (Podkówka و همکاران، ۲۰۱۸)، و سیلاژ سه ماهه کینوآ ۴/۳۶ (Salama و همکاران، ۲۰۲۱) تعیین شده است، که با نتایج آزمایش اخیر در مورد ژنوتیپ‌های تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ مطابقت دارند.

جدول ۱- ویژگی‌های سیلاژ علوفهٔ ژنوتیپ‌های کینوآ مورد آزمایش

ژنوتیپ‌های کینوآ	خصوصیات ظاهری (نمره از ۵)					نمره فلیگ (نمره از ۱۰۰)	pH	پساب (درصد)
	استحکام بافت گیاهی	بوی مطلوب اسیدی	رنگ طبیعی	کپک‌زدگی	امتیاز کل (نمره از ۲۰)			
سجاما	۴/۴۴	۴/۵۰	۴/۲۵	۳/۵۰^{b}	۱۶/۷۵^{b}	۲۸/۵۰^{b}	۵/۴۴^{a}	۷/۶۷^{a}
تیتیکاکا	۴/۴۴	۴/۲۵	۴/۲۵	۴/۵۰^{a}	۱۷/۵۰^{ab}	۹۱/۵۸^{a}	۳/۹۵^{c}	۵/۳۲^{b}
$Q_{۱۲}$	۴/۴۴	۴/۵۰	۴/۳۸	۴/۷۵^{a}	۱۸/۱۳^{a}	۷۵/۲۲^{a}	۴/۳۶^{b}	۷/۶۹^{b}
انحراف استاندارد میانگین‌ها	۰/۳۵۳	۰/۰۸۳	۰/۱۳۷	۰/۲۲۰	۰/۳۷۰	۶/۰۳۱	۰/۱۲۰	۰/۱۳۲
سطح معنی‌داری	۰/۹۹	۰/۶۳	۰/۷۷	۰/۰۰۷	۰/۰۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۹

- میانگین‌ها با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

پساب تولیدی در سیلاژ ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۷/۶۷، ۵/۳۲ و ۷/۶۹ درصد تعیین شد (P<۰/۰۱). از مشکلات اصلی در تهیه سیلاژ از علوفه‌ها، تولید پساب است که باعث اتلاف مواد مغذی و آلودگی محیط زیست می‌شود (Jones، ۱۹۸۸). در بیشتر سیلوها خروج پساب صورت می‌گیرد و رطوبت علوفهٔ سیلوشده مهم‌ترین عامل در میزان پساب خروجی از سیلو می‌باشد. مایع جریان یافته از سیلو حاوی قندها، ترکیبات نیتروژنه محلول، مواد معدنی و اسیدهای حاصل از تخمیر است و از ارزش غذایی مناسبی برخوردار است. اتلاف ماده خشک به صورت پساب، معمولاً در علوفه‌های با ۱۵۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک تا ۱۰ درصد می‌رسد (Khorvash و همکاران، ۲۰۰۵). برخی از ویژگی‌های علوفهٔ مانند اندازه سلول، ضخامت دیواره سلولی و نسبت برگ به ساقه از عوامل اصلی در میزان تولید پساب محسوب می‌شوند (Jones، ۱۹۸۸)، همچنین مقدار فشار وارده بر مواد سیلویی نیز می‌تواند بر میزان تولید پساب تأثیر بگذارد، به‌طوری که افزایش فشار از ۱۷۰۰ به ۶۸۰۰ کیلوگرم در هر متر مکعب سیلاژ ذرت تازه، میزان پساب را از ۲۶/۹ به ۲۰۲/۱ گرم در کیلوگرم افزایش داد (Hameleers و همکاران، ۱۹۹۹). در رابطه با خصوصیات سلولی و ضخامت دیواره سلولی علوفهٔ کینوآ اطلاعاتی یافت نگردید و اظهارنظر در این خصوص، نیازمند مطالعات بیشتر می‌باشد.

ترکیبات شیمیایی سیلاژهای کینوآ

نتایج تعیین ترکیبات شیمیایی سیلاژ علوفهٔ برخی از ژنوتیپ‌های کینوآ (جدول ۲) نشان داد که میزان ماده خشک در سیلاژ ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۲۰/۳۶، ۲۲/۹۹ و ۲۲/۲۱ درصد بود (P=۰/۰۱). میانگین ماده خشک نمونه‌های علوفهٔ کینوآ در ایتالیا در مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه شامل ابتدای رشد رویشی، اواسط رشد رویشی، اواخر رشد رویشی، مراحل ساقه‌دهی، غنچه‌دهی و کامل شدن دانه به‌ترتیب ۱۳/۶۴، ۱۲/۹۹، ۱۴/۱۴،۹۰/۵۵، ۱۶/۶۲ و ۱۸/۸۷ درصد گزارش شده است (Peiretti و همکاران، ۲۰۱۳)، که از مقادیر ماده خشک نمونه‌های کینوآ در آزمایش اخیر کمتر است.

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی سیلاژ علوفهٔ ژنوتیپ‌های کینوآ مورد آزمایش

ژنوتیپ‌های کینوآ	ترکیبات شیمیایی (درصد ماده خشک)						
	ماده خشک	پروتئین خام	عصاره اتری	خاکستر خام	الیاف نامحلول در شوینده خنثی	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	کربوهیدرات‌های غیر الیافی*	کربوهیدرات‌های محلول در آب
سجاما	۲۰/۳۶^{b}	۱۳/۵۰	۳/۱۷	۲۱/۰۰^{a}	۳۵/۳۳^{a}	۱۹/۹۵^{ab}	۲۵/۰۹^{b}	۱/۴۳^{a}
تیتیکاکا	۲۲/۹۹^{a}	۱۴/۲۱	۳/۰۰	۱۷/۴۰^{c}	۲۹/۹۳^{b}	۲۱/۵۲^{a}	۳۵/۴۶^{a}	۱/۲۴^{b}
$Q_{۱۲}$	۲۲/۲۱^{a}	۱۴/۳۱	۳/۱۵	۱۸/۹۶^{b}	۲۹/۵۴^{b}	۱۷/۰۱^{b}	۳۴/۰۶^{a}	۰/۶۵^{c}
انحراف استاندارد میانگین‌ها	۰/۵۴۲	۰/۳۱۲	۰/۲۴۷	۰/۳۹۶	۰/۴۴۸	۰/۴۵۱	۰/۳۵۸	۰/۰۵۷
سطح معنی‌داری	۰/۰۲	۰/۱۹	۰/۸۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱

*کربوهیدرات‌های غیر الیافی = ۱۰۰- (٪الیاف نامحلول در شوینده خنثی+٪ پروتئین خام، ٪چربی خام+٪ خاکستر خام) (NRC، ۲۰۰۱).

- میانگین‌ها با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

غلظت پروتئین خام در سیلاژ علوفهٔ کینوآ در ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۱۳/۵۰، ۱۴/۲۱ و ۱۴/۳۱ درصد تعیین شد. گزارش شده است گیاهان خانواده اسفناجیان از نظر پروتئین خام جزء مواد خوراکی باکیفیت محسوب می‌شوند (Shalka و همکاران، ۲۰۰۶)، و بررسی نتایج مطالعات مختلف دامنه گسترده‌ای از غلظت پروتئین خام در علوفهٔ کینوآ را نشان می‌دهد؛ به‌طوری‌که غلظت پروتئین خام در علوفهٔ سه رقم کینوآ شامل گیزا ۱، روزادا و $Q_{۱۰۲}$ در خوزستان در مرحله خمیری شدن دانه‌ها به‌ترتیب ۱۷/۸۵، ۱۷/۵۰ و ۱۱/۹۸ درصد گزارش شده است (کردونی و همکاران، ۱۳۹۹). به‌طور مشابه غلظت پروتئین خام علوفهٔ کینوآ در مراحل غنچه‌دهی و کامل‌شدن دانه‌ها نیز به‌ترتیب ۹/۳۵ و ۱۵/۰۸ درصد تعیین شده است (Peiretti و همکاران، ۲۰۱۳).

غلظت عصاره اتری در سیلاژ علوفهٔ ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشابه بود. در تأیید نتایج آزمایش اخیر غلظت چربی خام در علوفهٔ کینوآ در مراحل غنچه‌دهی و کامل شدن دانه به‌ترتیب ۱/۵۵ و ۱/۴۰ درصد گزارش شده است (Peiretti و همکاران، ۲۰۱۳)، و یا در سرزمین‌های اشغالی، غلظت چربی خام در علوفهٔ دو ژنوتیپ کینوآ در سال ۲۰۱۷ به‌ترتیب ۲/۲۴ و ۳/۴۱ درصد و در سال ۲۰۱۸ به‌ترتیب ۶/۶۷ و ۵/۴۱ درصد برای همان ارقام و در همان مزرعه گزارش شده است (Ashera و همکاران، ۲۰۲۰).

غلظت خاکستر خام در سیلاژ علوفهٔ کینوآ در ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۲۱/۰۰، ۱۷/۴۰ و ۱۸/۹۶ درصد تعیین شد (P<۰/۰۱). در تأیید این نتایج، کردونی و همکاران (۱۳۹۹) غلظت خاکسترخام در علوفهٔ کینوآ سه رقم گیزا ۱، روزادا و $Q_{۱۰۲}$ را در مرحله خمیری شدن دانه در خوزستان به‌ترتیب ۱۴/۷۷، ۱۶/۹۲ و ۲۰/۸۳ درصد گزارش کردند. علاوه بر این در مطالعات دیگر میزان خاکستر خام در علوفهٔ کینوآ ۱۸/۲ درصد (Papastylianou و همکاران، ۲۰۱۴)، و ۱۴/۲ درصد (Kakabouki و همکاران، ۲۰۱۴) گزارش شده است. غلظت بالای خاکستر خام در علوفه‌های کینوآ مورد بررسی و نمونه‌های سایر آزمایشات می‌تواند مربوط به جذب کاتیون‌ها و تجمع آن‌ها در این گیاه باشد، زیرا در گیاهان شورزیست به‌علت جذب و تجمع عناصر معدنی، مقدار خاکستر خام افزایش می‌یابد (Masters و همکاران، ۲۰۰۷).

غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سیلاژ علوفهٔ کینوآ در ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۳۵/۳۳، ۲۹/۹۳ و ۲۹/۵۴ و غلظت الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نیز به‌ترتیب ۱۹/۹۵، ۲۱/۵۲ و ۱۷/۰۱ درصد تعیین شد، که در ژنوتیپ سجاما غلظت بالاتری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها داشت (P<۰/۰۱). نتایج آزمایش اخیر با نتایج گزارش شده در خوزستان برای سه رقم علوفهٔ کینوآ در مرحله خمیری شدن دانه همسو می باشد،که در

ارقام گیزا ۱، روزادا و Q_{10} مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی به‌ترتیب ۴۰/۲۰، ۴۲/۵۸ و ۴۱/۷۵ درصد و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌ترتیب ۲۱/۰۸، ۲۳/۷۵ و ۲۳/۵۸ درصد بوده است (کردونی و همکاران، ۱۳۹۹). در آزمایشات مشابه مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌ترتیب در کشور لهستان ۴۵/۳۱ و ۳۴/۲۴ درصد (Podkówka و همکاران، ۲۰۱۸)، در کشور ترکیه ۴۳/۳ و ۳۴/۴ (در سال ۲۰۱۹) و ۴۳/۵۶ و ۲۹/۰۵ (در سال ۲۰۲۰) (Erdoğan و Koca، ۲۰۲۰) گزارش شده است، که با نتایج آزمایش اخیر مطابقت دارد، هر چند مرحله برداشت علوفهٔ می‌تواند تأثیر زیادی بر غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی علوفهٔ داشته باشد. در آزمایشی نشان داده شده است که با افزایش سن گیاه کینوآ غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی افزایش یافته است (Peiretti و همکاران، ۲۰۱۳)، که می‌تواند به‌دلیل افزایش بافت‌های ساختمانی در گیاه باشد (Hassan Khan و همکاران، ۲۰۰۷).

غلظت کربوهیدرات‌های محلول در آب در علوفهٔ تازه کینوآ ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q_{12} به‌ترتیب ۶/۲۴، ۴/۶۱ و ۴/۹۷ درصد تعیین شد که با سیلو شدن آن‌ها به‌ترتیب به ۱/۴۳، ۱/۲۴ و ۰/۶۵ درصد کاهش یافت ($P<0/01$). در تأیید نتایج آزمایش اخیر غلظت کربوهیدرات‌های محلول در آب در علوفهٔ تازه کینوآ ۶/۴۲ درصد بر حسب ماده خشک و در سیلاژهای ۶ هفته‌ای بدون افزودنی، با افزودنی میکروبی و با افزودنی شیمیایی به ترتیب ۱/۴۹، ۱/۳۹ و ۱/۶۰ درصد در ماده خشک گزارش شده است (Podkówka و همکاران، ۲۰۱۸). حداقل میزان کربوهیدرات‌های محلول در آبِ لازم برای سیلوکردن یک علوفهٔ ۱۰ درصد بر حسب ماده خشک پیشنهاد شده است (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱)، و به‌نظر می‌رسد که غلظت کربوهیدرات محلول در آب در علوفهٔ کینوآی ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای یک تخمیر مناسب کافی نیست و برای تخمیر خوب باید از افزودنی‌های بهبود دهنده تخمیر استفاده شود (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱). کاهش کربوهیدرات‌های محلول در آب پس از سیلوشدن سایر علوفه‌ها نیز مشاهده شده است. میزان کربوهیدرات محلول در آب در علوفهٔ یونجه با ۱۷ و ۳۰ درصد ماده خشک بعد از سیلو کردن به صفر تقلیل یافت (Leibensperger و Pitt، ۱۹۸۸)، و یا مقدار کربوهیدرات محلول در آب در محصول فرعی پسته پس از سیلوشدن ۵۴/۲ درصد کاهش یافت (شاکری و همکاران، ۱۳۹۴). دلیل کاهش کربوهیدرات‌های محلول در آب در سیلاژ علوفه‌ها به‌دلیل استفاده از آن به‌عنوان سوبسترا توسط باکتری‌های موجود در سیلو می‌باشد و طی تخمیر به مخلوطی از اسیدهای آلی که عمده آن اسید لاکتیک است تبدیل می‌شود (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱). البته کاهش بیشتر کربوهیدرات‌های محلول در آب به‌دلیل کاهش احتمال تخمیر ثانویه در سیلاژ از طریق کاهش رشد مخمرها و کپک‌ها در زمان مصرف توسط دام یک مزیت محسوب می‌شود (Miron و همکاران، ۲۰۰۵).

به‌نظر می‌رسد عواملی مانند رقم، اقلیم، مرحله برداشت، شرایط خاک، عملیات داشت خصوصاً نوع و میزان استفاده از کودهای آلی و غیرآلی نیتروژن‌دار از منابع تغییر در ترکیبات شیمیایی علوفهٔ کینوآ باشند (Ashera و همکاران، ۲۰۲۰؛ Kakabouki و همکاران، ۲۰۱۴؛ Papastylianou و همکاران، ۲۰۱۴؛ Peiretti و همکاران، ۲۰۱۳).

ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت بافری و غلظت نیتروژن آمونیاکی سیلاژ کینوآ

نتایج تعیین ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت بافری و غلظت نیتروژن آمونیاکی سیلاژ علوفهٔ کینوآ درجدول ۳ نشان داده شده است. ظرفیت نگهداری آب در سیلاژ ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و Q_{12} به‌ترتیب ۷/۶۳، ۶/۵۴ و ۶/۹۵ لیتر به ازای هر کیلوگرم تعیین شد ($P<0/01$). گزارشی از ظرفیت نگهداری آب در علوفهٔ کینوآ یافت نشد، اما ظرفیت نگهداری آب در تفاله انار ۱/۵۱ لیتر در کیلوگرم (خورسندی و همکاران، ۱۳۹۷)، در تفاله چغند قند به‌صورت ریز، معمولی و پلت شده به‌ترتیب ۴/۳۱۸، ۵/۲۶۱ و ۴/۸۸۱ لیتر در کیلوگرم (تیموری یانسری، ۱۳۹۵)، و در محصول فرعی پسته به‌صورت خشک و سیلاژ به ترتیب ۳/۵۰ و ۳/۸۶ لیتر

در کیلوگرم (شاکری و همکاران، ۱۳۹۴) گزارش شده است. عامل اصلی در ظرفیت نگهداری آب علوفه‌ها، وجود فضاهای بزرگ هوا در ماتریکس دیواره سلولی می‌باشد و عواملی مانند میزان دیواره سلولی، پکتین، نشاسته و لیگنین نیز در ظرفیت نگهداری آب مؤثر بوده و با آن رابطه مستقیم دارند. ظرفیت نگهداری آب بالا در سیلاژ علوفهٔ کینوآ احتمالاً به دلیل مقادیر نسبتاً بالای الیاف نامحلول در شوینده خنثی و همچنین ساقه‌های توخالی و چوب‌پنبه‌ای آن باشد.

سیلاژ علوفهٔ کینوآ مورد بررسی از ظرفیت بافری بالایی برخوردار بودند (P<۰/۰۱). ظرفیت بافری یک علوفهٔ برحسب میلی‌اکی‌والان هیدروکسید سدیم مصرفی برای تغییر pH مقدار ۱۰۰ گرم ماده خشک علوفهٔ از ۴ به ۶ بیان می‌شود (Playne و McDonald، ۱۹۶۶). گزارشی از میزان ظرفیت بافری علوفهٔ کینوآ یافت نگردید، اما ظرفیت بافری در گیاه تیموتی[۴] ۲۶/۵، علف باغی[۵] ۳۳/۵، شبدر قرمز[۶] ۳۵/۰، ری‌گراس دایمی ۳۶/۸ و یونجه ۴۷/۲ میلی‌اکی‌والان در هر ۱۰۰ گرم ماده خشک (Playne و McDonald، ۱۹۶۶؛ McDonald و همکاران، ۱۹۹۱) و محصول فرعی پسته به‌صورت سیلاژ و آفتاب خشک به ترتیب ۶۴/۴ و ۶۱/۷ میلی‌اکی والان هیدروکسید سدیم برای هر ۱۰۰ گرم از ماده خشک (شاکری و همکاران، ۱۳۹۴) گزارش شده است، و مقادیر آن برای تمام مواد علوفه‌ای مذکور پایین‌تر از سیلاژ علوفهٔ کینوآ می‌باشد. ظرفیت بافری یک علوفهٔ نقش بسیار مهمی در قابلیت سیلوشدن آن دارد و اسیدهای آلی و نمک آن‌ها و همچنین یون‌های غیرآلی و پروتئین‌ها در ظرفیت بافری یک علوفهٔ دخالت دارند (Buxton و همکاران، ۲۰۰۳). ترکیبات شیمیایی علوفهٔ کینوآ نشان می‌دهد که احتمالاً غلظت بالای پروتئین خام و املاح معدنی در این گیاه از عوامل دخیل در ظرفیت بافری بالای آن باشند.

جدول ۳ - ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت بافری و غلظت نیتروژن آمونیاکی در سیلاژ علوفهٔ ژنوتیپ‌های کینوآ مورد آزمایش

ژنوتیپ‌های کینوآ	ظرفیت نگهداری آب (لیتر/کیلوگرم)	ظرفیت بافری*	غلظت نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)
سجاما	۷/۶۳[a]	۲۷۳/۰۹[a]	۱۳/۳۶[b]
تیتیکاکا	۶/۵۴[b]	۱۹۵/۹۰[b]	۱۳/۴۶[b]
$Q_{۱۲}$	۶/۹۵[ab]	۲۰۰/۳۳[b]	۱۵/۲۰[a]
انحراف استاندارد میانگین‌ها	۰/۲۱۵	۲/۹۴۵	۰/۲۷۳
سطح معنی‌داری	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲

*_ میلی‌اکی‌والان هیدروکسید سدیم برای تغییر pH از ۴ به ۶ به ازای هر ۱۰۰ گرم ماده خشک

- میانگین‌ها با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

غلظت نیتروژن آمونیاکی در عصاره تهیه شده از سیلاژ علوفهٔ ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۱۳/۳۶، ۱۳/۴۶ و ۱۵/۲۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر تعیین شد (P<۰/۰۱). نیتروژن آمونیاکی شاخصی از تجزیه پپتیدها و اسیدهای آمینه توسط ارگانیسم‌های کلستریدیومی است (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱) و گزارش شده است که مواد سیلویی ۳۰ تا ۶۰ درصد نیتروژن غیرپروتئینی بیشتری در مقایسه با همان علوفهٔ به صورت تازه دارند (NRC، ۲۰۰۱). در آزمایش حاضر غلظت نیتروژن آمونیاکی در سیلاژ ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۱۳/۳۶، ۱۳/۴۶ و ۱۵/۲۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بود. غلظت نیتروژن آمونیاکی در علوفهٔ تازه کینوآ ۰/۴۴ درصد گزارش شده است که با سیلوکردن ۳ ماهه آن به ۱/۲۷ درصد افزایش یافته است (Salama و همکاران، ۲۰۲۱)، و در آزمایش دیگری غلظت نیتروژن آمونیاکی در سیلاژ ۶ هفته‌ای علوفهٔ کینوآ بدون افزودنی

۷/۰۲، با افزودنی باکتریایی ۶/۹۱ و با افزودنی شیمیایی ۶/۷۵ گرم در هر ۱۰۰ گرم گزارش شده است (Podkówka و همکاران، ۲۰۱۸)، که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت ندارد.

محصولات تخمیری در سیلاژ کینوآ

غلظت اسیدهای چرب فرار در سیلاژ ژنوتیپ‌های علوفهٔ کینوآ در جدول ۴ آورده شده است. غلظت کل اسیدهای چرب فرار در ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۱۲۷/۴۴، ۳۵/۴۰ و ۴۳/۴۶ میلی‌مول تعیین شد ($P<۰/۰۱$).

بوتیرات و آمونیاک بالا در سیلاژ نشان دهنده تخمیر کلستریدیومی می‌باشد و نیتروژن آمونیاکی نیز از فعالیت آنزیم‌های گیاهی و انتروباکترها و احیای نیتریت و نیترات ایجاد می‌گردد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱). در بررسی ویژگی‌های سیلویی علوفهٔ کینوآ با ۳۰/۵۶ درصد ماده خشک که به مدت ۳ ماه سیلو شده بود، غلظت کل اسیدهای چرب فرار ۳/۹۵ میلی‌اکی‌والان در گرم و غلظت اسید لاکتیک، اسید استیک و اسید بوتیریک به‌ترتیب ۰/۰۲، ۳/۰۶ و ۰/۹۶ درصد ماده خشک گزارش شده است (Salama و همکاران، ۲۰۲۱).

غلظت کل اسیدهای چرب فرار در سیلاژ ژنوتیپ سجاما ۳ تا ۴ برابر غلظت کل اسیدهای فرار در سیلاژ ژنوتیپ‌های تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ می‌باشد. اگر چه تعیین غلظت اسیدلاکتیک در سیلاژها و نسبت آن با اسیدهای چرب فرار میسر نشد، اما با توجه به pH بالاتر سیلاژ ژنوتیپ سجاما در مقایسه با سیلاژ دو ژنوتیپ دیگر، می‌توان موضوع را به غالب بودن تخمیر ناهمگن در سیلاژ ژنوتیپ سجاما نسبت داد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱).

جدول ٤- غلظت اسیدهای چرب فرار در سیلاژ علوفهٔ برخی از ژنوتیپ‌های کینوآ

ژنوتیپ‌های کینوآ	کل اسیدهای چرب فرار (میلی‌مول)	اسید استیک (مول/۱۰۰مول)	اسید پروپیونیک (مول/۱۰۰مول)	اسید بوتیریک (مول/۱۰۰مول)	اسید ایزوبوتیریک (مول/۱۰۰مول)	اسید والریک (مول/۱۰۰مول)	اسید ایزووالریک (مول/۱۰۰مول)
سجاما	۱۲۷/۴۴^{a}	۹۸/۰۰^{a}	۰/۵۶^{b}	۰/۰۲	۰/۰۹^{a}	۱/۲۸	۰/۰۵
تیتیکاکا	۳۵/۴۰^{c}	۹۴/۶۶^{b}	۱/۹۱^{a}	۰/۱۳	۰/۴۰^{a}	۱/۵۶	۱/۳۴
$Q_{۱۲}$	۴۳/۴۶^{b}	۹۷/۱۱^{ab}	۱/۶۵^{a}	–	۰/۲۰^{ab}	۱/۰۴	–
انحراف استاندارد میانگین‌ها	۲/۲۱۱	۰/۷۸۱	۰/۳۳۵	۰/۰۵۰	۰/۰۸۴	۰/۵۹۸	۰/۴۱۶
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۸۳	۰/۰۸

- میانگین‌ها با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$).

همچنین گزارش شده است، زمانی که مقدار هگزوزها در علوفهٔ محدود باشند، بعضی از گونه‌های باکتری‌های تولیدکننده اسیدلاکتیک 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 انتروباکترها می‌باشد (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱)، از این‌رو احتمالاً رشد محدود کپک‌ها در سیلاژ ژنوتیپ سجاما می‌تواند ناشی از این اتفاق باشد. علاوه بر این میزان باقیمانده کربوهیدرات‌های محلول در آب در سیلاژ ژنوتیپ سجاما ۱/۴۳ درصد ماده خشک و بالاتر از سایر سیلاژها بود و گزارش شده‌است که مقدار کمتر کربوهیدرات‌های محلول در آب در سیلاژ یک مزّیت محسوب می‌شود و ممکن است در هنگام بازکردن سیلو و تخمیر ثانویه در سیلاژ سبب کاهش رشد مخمرها و کپک‌ها شود (Miron و همکاران، ۲۰۰۵).

تولید گاز و فراسنجه‌های تخمیری

نتایج حاصل از تخمیرپذیری و مؤلفه‌های کنتیکی تولید گاز در سیلاژ علوفهٔ سه ژنوتیپ کینوآ (جدول ۵) نشان داد که میزان تولید گاز پس از ۲۴ و ۷۲ ساعت انکوباسیون، ظرفیت تولید گاز، قابلیت هضم ماده آلی، اسیدهای چرب زنجیر کوتاه و انرژی قابل سوخت و ساز حاصل از تخمیر سیلاژ نمونه‌های ژنوتیپ $Q_{۱۲}$ بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود ($P<۰/۰۵$). رابطه مثبت بین میزان پروتئین خام و تولید گاز در اثر تخمیر مواد خوراکی تأیید شده است (Larbi و همکاران، ۱۹۹۸). از این رو می‌توان تولید گاز و مؤلفه‌های کنتیکی تولید گاز بیشتر در اثر تخمیر سیلاژ کینوآی ژنوتیپ $Q_{۱۲}$ را به بالاتر بودن غلظت پروتئین خام این سیلاژ در مقایسه با دو ژنوتیپ دیگر نسبت داد. هرچند تولید گاز ناشی از تخمیر پروتئین‌ها در مقایسه با کربوهیدرات‌ها اندک است، با این وجود تجزیه پروتئین خام مواد خوراکی سبب آزادسازی نیتروژن آمونیاکی می‌شود و با تأمین نیتروژن مورد نیاز برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های تخمیرکننده دیواره سلولی و سایر مواد مغذی، زمینه مناسبی برای تخمیر و تولید بیشتر گاز را فراهم می‌آورد (Norton، ۲۰۰۳).

جدول ۵- تولید گاز و فراسنجه‌های تخمیرپذیری سیلاژ علوفهٔ ژنوتیپ‌های کینوآ مورد آزمایش

ژنوتیپ‌های کینوآ	تولید گاز		پتانسیل تولید	نرخ تولید	قابلیت هضم	انرژی قابل	اسیدهای چرب
	ساعت ۲۴	ساعت ۷۲	گاز (b)	گاز (c)	ماده آلی	سوخت و ساز	زنجیر کوتاه
سجاما	۲۹/۱۳^{c}	۳۶/۸۹^{c}	۴۱/۳۱^{b}	۰/۰۵۵^{b}	۴۸/۲۲^{c}	۱/۶۷^{c}	۰/۶۴۲^{c}
تیتیکاکا	۳۶/۰۲^{a}	۴۳/۳۰^{a}	۴۶/۹۸^{a}	۰/۶۹^{a}	۵۴/۴۳^{a}	۱/۹۰^{a}	۰/۷۹۵^{a}
$Q_{۱۲}$	۳۳/۲۴^{b}	۴۰/۱۱^{b}	۴۴/۹۲^{ab}	۰/۰۷۳^{a}	۵۲/۱۰^{b}	۱/۸۱^{b}	۰/۷۳۴^{b}
انحراف استاندارد میانگین‌ها	۰/۵۵۲	۰/۸۸۴	۱/۵۷۴	۰/۰۰۲	۰/۴۹۰	۰/۰۱۸	۰/۰۱۲
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۵	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱

*تولید گاز، پس از ۲۴ و ۷۲ ساعت: میلی‌لیتر گاز تولید شده به‌ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه، پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر به ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه) پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون و نرخ تولید گاز در ساعت، قابلیت هضم ماده آلی (درصد)؛ اسیدهای چرب زنجیر کوتاه (میلی‌مول در هر ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه) و انرژی قابل سوخت و ساز (مگاکالری در هر کیلوگرم ماده خشک).

- میانگین‌ها با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$).

Kamalak و همکاران (۲۰۰۴) دریافتند که یک ارتباط منفی بین گاز تولیدی با میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شویند اسیدی در گیاه برقرار می‌باشد. از این‌رو می‌توان با مقایسه غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سیلاژ کینوآی ژنوتیپ سجاما (۳۵/۳۳ درصد) نسبت به ژنوتیپ‌های تیتیکاکا (۲۹/۹۳ درصد) و $Q_{۱۲}$ (۲۹/۵۴ درصد)، تولید گاز کمتر در سیلاژ علوفهٔ سجاما پس از ۲۴ و ۷۲ ساعت انکوباسیون را در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیگر توجیه نمود.

تخمین قابلیت هضم ماده آلی در سیلاژ علوفهٔ کینوآی ژنوتیپ‌های سجاما، تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ به‌ترتیب ۴۸/۲۲، ۵۴/۴۳ و ۵۲/۱۰ درصد تعیین شد ($P<۰/۰۱$). در مطابقت با نتایج آزمایش حاضر، Peiretti و همکاران (۲۰۱۳) قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در علوفهٔ کینوآ در مرحله کامل شدن دانه‌ها را به‌ترتیب ۵۳/۰ و ۴۳/۰ درصد گزارش کردند. در حالی که قابلیت هضم ماده خشک در علوفهٔ شش رقم علوفهٔ کینوآ در ترکیه ۶۵/۱۴ تا ۶۷/۱۷ درصد تعیین شده است (Kaya و Kizil Aydemir، ۲۰۲۰)،

که از مقادیر آزمایش اخیر بالاتر می‌باشد. همچنین Baskota و Islam (۲۰۱۷) مقادیر بالاتری از قابلیت هضم آزمایشگاهی را در علوفهٔ کینوآ گزارش کردند. این محققین میانگین قابلیت هضم ماده خشک در علوفهٔ ۸ رقم کینوآ در سال ۲۰۱۵ را ۸۱ درصد و میانگین قابلیت هضم ماده خشک را در همان ارقام ۶۸ درصد در سال ۲۰۱۶گزارش کردند. کردونی و همکاران (۱۳۹۹) نیز مقادیر بالاتری از قابلیت هضم ماده آلی را در علوفهٔ کینوآ در مرحله خمیری‌شدن دانه‌ها نسبت به نتایج آزمایش اخیر گزارش کردند، به‌طوری که مقادیر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی به‌ترتیب در رقم گیزا ۱ ۷۳/۴۸ و ۶۹/۹۱ درصد، در رقم روزادا ۷۶/۳۳ و ۷۱/۹۴ درصد و در رقم $Q_{۱۰۲}$ ۷۳/۳۳ و ۶۶/۸۲ درصد گزارش شده است.

همچنین در برآورد مقدار انرژی قابل سوخت‌وساز اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده گردید ($P<۰/۰۱$)، به‌طوری‌که بیشترین مقدار انرژی قابل سوخت‌وساز (۱/۹۰ مگاکالری در کیلوگرم) در سیلاژ ژنوتیپ تیتیکاکا و کمترین مقدار انرژی قابل سوخت‌وساز (۱/۶۷ مگاکالری در کیلوگرم) در سیلاژ ژنوتیپ سجاما مشاهده گردید. در آزمایش مشابهی انرژی قابل سوخت‌وساز در علوفهٔ کینوآ در مرحله خمیری‌شدن دانه‌ها در ارقام گیزا ۱، روزادا و $Q_{۱۰۲}$ به‌ترتیب ۲/۲۸، ۲/۲۹ و ۲/۰۲ مگاکالری در کیلوگرم گزارش شده است (کردونی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین میانگین انرژی قابل سوخت‌وساز در علوفهٔ شش رقم کینوآ ۲/۱۷۶ مگاکالری در کیلوگرم با دامنه تغییرات بین ۲/۱۳۵ تا ۲/۲۰۹ مگاکالری در کیلوگرم تعیین شد است (Kaya و Kizil Aydemir، ۲۰۲۰)، که نتایج این دو آزمایش مقادیر بالاتری از انرژی قابل سوخت‌وساز را برای علوفهٔ کینوآ نسبت به آزمایش اخیر برآورد نموده‌اند.

مقادیر متفاوتی از غلظت اسیدهای چرب زنجیر کوتاه در نتیجه تخمیر سیلاژ علوفهٔ ژنوتیپ‌های کینوآ برآورد گردید ($P<۰/۰۱$). اطلاعات مشابهی در این خصوص برای علوفهٔ کینوآ یافت نشد، اما غلظت اسیدهای چرب زنجیر کوتاه حاصل از تخمیر گیاهان شورزیست کوشیا و آتریپلکس و کاه گندم به‌ترتیب ۰/۸۸۵، ۰/۸۸۵ و ۰/۵۹۵ میلی‌مول گزارش شده است (محمودی ابیانه، ۱۳۹۰)، و نظر به مشابهت کینوآ با کوشیا و آتریپلکس، با نتایج آزمایش اخیر مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

جاذبه‌های تغذیه‌ای و تجاری بالای کینوآ سبب شده تا حد زیادی مورد توجه قرار گیرد. طول دوره رشد این گیاه کوتاه است و در شرایط اقلیمی کرمان، زمان کشت تا خمیری‌شدن دانه‌ها ۶۰ روز به‌طول انجامید. علوفهٔ کینوآ از ارزش غذایی مناسبی به‌خصوص از نظر پروتئین خام برخوردار است اگرچه از نظر ترکیب شیمیایی و ویژگی‌هایی سیلویی بین ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت‌های زیادی وجود دارد. ظرفیت بافری در علوفه کینوآ بالا است و این یک خصوصیت منفی برای تهیه سیلاژ از این علوفهٔ محسوب می‌شود. نتایج ارزیابی سیلاژها نشان داد که ژنوتیپ‌های تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ از وضعیت قابل قبولی برخوردار بودند اما سیلاژ ژنوتیپ سجاما کیفیت مناسبی نداشت. با توجه به نتایج این آزمایش به‌نظر می‌رسد علوفهٔ کینوآی ژنوتیپ‌های تیتیکاکا و $Q_{۱۲}$ می‌تواند جایگزین مناسبی برای علوفه‌های رایج با نیاز آبی بالا باشند و از قابلیت لازم برای سیلوشدن نیز برخوردار می‌باشند، هرچند تحقیقات بیشتر برای ارزیابی ژنوتیپ‌های با عملکرد علوفه‌ای بالاتر و ارزش غذایی مناسب‌تر ضرورت دارد و لازم است تأثیر استفاده از آن‌ها بر عملکرد و فراسنجه‌های فیزیولوژیک دام‌های مصرف کننده مورد بررسی قرار گیرد.

پاورقی‌ها

۱- Fibertec 2010, auto fiber analysis system (Foss Analytical, Denmark)
۲- Kjeldal Vap50 Gerhardt, Germany ۳- Shimfan F-47, Iran
۴- *Phleum pretense*
۵ - *Ductylis glomerata*
۶ - *Trifolium pratense*

منابع

خورسندی س.، ا. ریاسی و م. خوروش. ۱۳۹۷. بررسی ترکیب شیمیایی، الگوی اسیدهای چرب، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و تولید گاز بقایای انار به روش برون‌تنی. *پژوهش‌های تولیدات دامی*. (۲۲) ۹:۱۰۰-۹۲.

تیموری یانسری، ا. ۱۳۹۵. ویژگی‌های فیزیکی ومؤثر بودن فیزیکی تفاله چغندر برای نشخوارکنندگان. *مجله علمی کاربردی دامی ایران*. (۲) ۶: ۳۲۶- ۳۱۷.

محمودی‌ابیانه، م. ۱۳۹۰. مقایسه ارزش غذایی برخی از گیاهان هالوفیت با کاه گندم و یونجه خشک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

شاکری، پ.، م. رضایی و س. ا. میرهادی. ۱۳۹۴. تأثیر سیلوکردن بر ارزش غذایی و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محصول فرعی پسته. *مجله تولیدات دامی*. (۱) ۱۷: ۷۰-۵۹.

کردونی، ع.، م. طاوسی، ج. مهدوی مجد، ب.طاهری دزفولی و ز. عنافجه. تعیین ارزش غذایی سه رقم کینوآ (گیزا ۱، روزادا و کیو ۱۰۲ در سه مرحله برداشت. *فصلنامه تحقیقات کاربردی در علوم دامی*. ۳۶: ۱۲-۳.

Adesogan, A. T., N. Krueger, M. B. Salawu, D. B. Dean and C. R. Staples. 2004. The Influence of treatment with dual purpose bacterial inoculants or soluble carbohydrates on the fermentation and aerobic stability of Bermuda grass. *J. Dairy Sci.* 87: 3407-3416.

Adesogan, A.T. 2005. Effect of bag type on the apparent digestibility of feeds in Ankom Daisy^{II} incubators. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119: 333-344.

AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA. USA.

Ashera, A., G. Shmuel, W. Travis and R. Lior. 2020. The potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dual-purpose crop for grain production and livestock feed. *Sci. Hortic.* 272: 109534.

Baskota, S., and A. Islam. 2017. Evaluation of Forage Nutritive Value of Quinoa Cultivars. LREC Long Reports. Field Days Bulletin. Available: http://www.wyagresearch.org/research/fdb /2017-lrec-quinoa-forage-nutritive-value.pdf.

Bazile, D., C. Pulvento, A. Verniau, M. S. Al-Nusairi, D. Ba, J. Breidy, L. Hassan, M. I. Mohammed, O. Mambetov, M. Otambekova, N. A. Sepahvand, A. Shams, D. Souici, K. Miri, S. Padulosi. 2016. Worldwide evaluations of quinoa: preliminary results from post international year of quinoa FAO projects in nine countries. *Front. Plant Sci.* 7. https://doi.org/10.3389/fpls. 2016.00850.

Broderick, G. A. and J. H. Kang. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *J. Dairy Sci.* 63: 64–75.

Buxton, R., R. E. Muck and F. Harrison. 2003. Silage science and technology. American society of agronomy, Madison, Wiscosin, USA.

Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebes and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356.

Erdoğan, H., and Y. O. Koca. 2020. Effect of Quinoa-Corn intercropping production system on yield and quality of mixture silage. *Turkish J. Range Forage Sci*. 1(2): 57 – 65.

Fedorak, P. M. and D. E. Hurdy. 1983. A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. *Environ. Technol*. 4: 425-432.

Giger-Reverdin, S. 2000. Characterisation of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86: 53-59.

Hameleers, A., K. A. Leach, N. W. Offer and D. J. Roberts. 1999. The effect of incorporating sugar beet pulp with forage maize at ensiling on silage fermentation and effluent output using drum silos. *Grass Forage Sci.* 54: 322- 335.

Hassan Khan, S., A. Ghafar, A. Khan, M. Sarwar and A. Azim. 2007. Effect of maturity on production efficiency, nutritive value and *in situ* nutrients digestibility of three ceveal fodders. *Int. J. Agric. Sci.* 2: 900-909.

Jones, D. I. H. 1988. The effect of ceral incorporation on fermentation of spring and autumn-cut ryegrass silage in laboratory silos. *Grass Forage Sci*. 43: 167-172.

Kakabouki, I., D. Bilalis, A. Karkanis, G. Zervas, E. Tsiplakou and D. Hela. 2014. Effects of fertilization and tillage system on growth and crude protein content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An alternative forage crop. *Emir. J. Food Agric*. 26 (1): 18-24.

Kamalak, A., O. Canbolat and Y. Gurbuz. 2004. Comparison between *in situ* dry matter degradation and *in vitro* gas production of tannin containing leaves from four tree species. S. Afr. J. *Anim. Sci.* 34(4): 524-532.

Kaya, E., S. Kizil Aydemir. 2020. Determining the forage yield, quality and nutritional element contents of quinoa cultivars and correlation analysis on these parameters. *Pak. J. Agri. Sci.* 57(2): 311-317.

Khorvash M, D. Colombatto, K. A. Beauchemin, G. R. Ghorbani and A. H. Samei. 2005. Use of absorbent and inoculants to enhance the quality of corn silage. *Can. J. Anim. Sci*. 86: 97-107.

Kilic, A. 1986. Silo feed (instruction, education and application proposals). Bilgehan Pres. 327.

Larbi, A., Smith, J.W., Kurdi, I.O., Adeknle, I.O., Rajj, A.M. and Ladipo. D.O. 1998. Chemical composition, rumen degradation and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in the humid tropics. Anim. Feed Sci. Technol. 72:81- 96.

Leibensperger, R. Y., and R. E. Pitt. 1988. Modeling the effects of formic acid and molasses on ensilage. *J. Dairy Sci.* 71: 1220-1231.

Masters, D. G., S. E. Bennes, and H. C. Norman. 2007. Biosaline agriculture for forage and livestock production. Agriculture. *Ecosyst. Environ.* 119: 234-248.

McDonald, P., A. R. Henderson and S. J. E. Heron. 1991. The Biochemistry of Silage, 2nd ed. Holcombe Publications, UK.

Menke, K. H., and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Develop.* 28: 7-55.

Miron, J., E. Zuckerman, D. Sadeh, G. Adin, M. Nikbachat, E. Yosef, and R. Solomon. 2005. Yield, composition and in vitro digestibility of new forage sorghum varieties and their ensilage characteristics. *Anim. Feed Sci. Technol.* 120 (1-2): 17-32.

Norton, B.W. 2003. The nutritive value of tree legumes. Pages 1-10 in Forage tree legumes in tropical agriculture. R. C. Gutteridge, and H. M. Shelton, Ed. Available in website: http://www.fao.org/ag/agP/agpc/doc/Publicat/Gut t-shel/x5556e0j.htm.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th ed. Nat. Acad. Sci. Washington. DC.

Ørskov E.R. and P. McDonald. 1979. The estimation of protein digestibility in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.* 92: 499-503.

Ørskov, E.R., F.D. Deb hovel and F. Mould. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feed stuffs. *Trop. Anim. Health Prod*. 5: 195-213.

Papastylianou, P., I. Kakabouki, E. Tsiplakou, I. Travlos, D. Bilalis, D. Hela, D. Chachalis, G. Anogiatis and G. Zervas. 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., F. Gai and S. Tassone. 2013. Fatty acid profile and nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds and plants at different growth stages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 183: 56-61.

Playne, M. J. 1985. Determination of ethanol, volatile fatty acids, lactic and succinic acids in fermentation liquids by gas chromatography. *J. Sci. Food Agric.* 36: 638-644.

Playne, M. J. and P. McDonald. 1966. The

buffering constituents of herbage of silage. *J. Sci. Food Agric.* 17: 164-209.

Podkówka, Z., K. Gęsiński, and L. Podkówka. 2018. The influence of additives facilitating ensiling on the quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) silage. *J. Cent. Eur. Agric*. 19(3): 607-614.

Salama, R.; M. H. Yacout; M. I. T. Elgzar, and A. A. Awad. 2021. Nutritional evaluation of quinoa **(***Chenopodium quinoa* willd**)** crop as unconventional forage resource in feeding ruminants. *Egypt. J. Nut. Feeds.* 24(1): 77-84.

SAS. 2003. SAS User's Guide Statistics. Version 9.1 Ed. SAS Inst., Inc., Cary NC.

Shalka, F., G. Bilquees, L. Wei-qiang, L. Xiao-jing, and M. Khan. 2006. Effect of calcium and lighte on the dermination of urochondra setulosa under different salt. *J. Zhejiang Univ. Sci*. B 8 (1): 6-20.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and nonstarch polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

Zom, R. L. G., H. A. Avan Schooten, and I. Pinxterhuis. 2002. Quinoa-geheleplantensilage in het rantsoen van melkkoeien. [The effects of replacing grass silage by quinoa whole crop silage in the ration of dairy cows]. Prakt. Veehouderij, Lelystad. Netherlands. Prakt. Rapp. Rundvee.