15(1) 25-32, Spring 2023

Journal of Animal Environment

(AEJ)

Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

A survey of nutritive value, fermentability and digestibility of different genotypes of quinoa straw

Maryam Etaati [1], Alireza Aghashahi [*2], Pirouz Shakeri [2], Amirreza Safaei [2], Mahmoud Bagheri [3]

[1]Department of Fodder Plants, Vice Chancellor of Crop Production Improvement, Ministry of Jihad Agricultural, Tehran, Iran
[2] Animal Nutrition and Physiology Research Department, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
[3] Vegetable and Irrigated Pulse Crop Research Department, Seed and Plant Improvement Institute Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

Key Words

Nutritional value
Fermentability
Gas production
Digestibility
Quinoa straw

Abstract

Introduction: Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) is an annual plant considered as pseudocereals and belongs to the chenopodiaceae family. Quinoa has excellent properties as low water demand, resistant to drought, salinity and nutritional quality, which are the reason for the great interest in IRAN.

Materials and Methods: The objective of this study was to determine nutritive value, fermentabiliy and digestibility of 10 genotypes of quinoa crop residues (Titicaca, Red Carina, Gizal, Q_{12}, Q_{18}, Q_{21}, Q_{22}, Q_{26}, Q_{29} and Q_{31}) in a completely randomized design. In the hardening stage of quinoa seeds, complete quinoa plants were harvested, were dried and then the seeds were separated. The quinoa straw samples were used for determine of chemical composition and fermentabiliy parameters via gas test production method.

Results: The concentration of chemical composition were different between different genotypes of quinoa straw. The range of variations were for dry matter between 92.44 to 94.29%, crude protein 3.53 to 11.0%, organic matter 84.25 to 89.65%, ether extract 1.20 to 2.30%, crude ash 9.90 to 15.59%, neutral detergent fiber 57.60 to 72.40%, acid detergent fiber 35.60 to 43.20% and nitrogen-free extract 9.41 to 18.09% and these difference between genotypes were significant ($P<0.01$), except of DM. The 24h gas production, potential of gas production (b), rate of gas production (c) were different between straw quinoa genotypes ($P<0.01$). The gas production in Red Carina, Q_{18}, Q_{26} and Q_{29} genotypes were higher than other genotypes and (b) parameter in Gizal, Q_{18}, Q_{26} and Q_{31} genotypes were higher than other genotypes ($P<0.01$). Furthermore, the digestibility of organic matter and metabolisable energy in different genotypes had range between 33.30 to 39.39% and 4.88 to 5.97 J/g, respectively ($P<0.01$).

Conclusion: In general, the results have shown that the concentration of CP in Red Carina, Q_{12}, Q_{18}, Q_{21}, Q_{22}, Q_{26} and Q_{29} quinoa straw is higher than cereal straw and other agricultural residues and can be used as a new protein feedstuff for provide nutritive requirement of ruminants, especially ewes.

* Corresponding Author's email: aghashahimobin@gmail.com
Received: 1 December 2021; Reviewed: 1 January 2022; Revised: 4 March 2022; Accepted: 4 April 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.319276.2702

مقاله پژوهشی

بررسی ارزش تغذیه‌ای تخمیرپذیری و گوارش‌پذیری ارقام مختلف کاه کینوآ

مریم اطاعتی[۱]، علی‌رضا آقاشاهی*[۲]، پیروز شاکری[۲]، امیررضا صفایی[۲]، محمود باقری[۳]

[۱] گروه نباتات علوفه‌ای، معاونت بهبود تولیدات زراعی، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران

[۲] بخش تحقیقات تغذیه و فیزیولوژی دام و طیور، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[۳] بخش تحقیقات سبزی و صیفی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

کلمات کلیدی

ارزش تغذیه‌ای
تخمیرپذیری
تولید گاز
قابلیت هضم
کاه کینوآ

چکیده

مقدمه: شبه غله کینوآ (*Chenopodium quinoa* willd.) گیاهی یک‌ساله از خانواده کنوپودیاسه است. کاشت کینوآ در کشور به‌دلیل نیاز آبی پائین، مقاومت به خشکی و شوری و ارزش تغذیه‌ای بالای دانه در حال گسترش است.

مواد و روش: این آزمایش با هدف تعیین ارزش تغذیه‌ای، تخمیرپذیری و گوارش‌پذیری کاه ۱۰ رقم کینوآ شامل Titicaca، Gizal، Red Carina، Q_{12}، Q_{18}، Q_{21}، Q_{22}، Q_{26}، Q_{29} و Q_{31} درقالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی انجام شد. در مرحله سخت‌شدن دانه‌های کینوآ، بوته کامل گیاه برداشت و خشک گردید و پس از جدا کردن دانه‌ها و خرد کردن بقایا، از کاه حاصل برای انجام آزمایش‌ها نمونه‌برداری انجام شد. در نمونه کاه ارقام مختلف، ترکیب شیمیایی و فراسنجه‌های تخمیرپذیری به روش تولید گاز تعیین شد.

نتایج: غلظت ترکیب شیمیایی در کاه ارقام مورد بررسی متفاوت بود و دامنه تغییرات برای ماده خشک بین ۹۲/۴۴ تا ۹۴/۲۹ درصد، پروتئین خام بین ۳/۵۳ تا ۱۱/۰۵ درصد، ماده آلی بین ۸۴/۲۵ تا ۸۹/۶۵ درصد، عصاره‌اتری بین ۱/۲۰ تا ۲/۳۰ درصد، خاکسترخام بین ۹/۹۰ تا ۱۵/۵۹ درصد، الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی بین ۵۷/۶۰ تا ۷۲/۴۰ درصد، الیاف‌نامحلول درشوینده اسیدی بین ۳۵/۶۰ تا ۴۳/۲۰ درصد وعصاره‌فاقد نیتروژن بین۹/۴۱ تا ۱۸/۰۹ درصد تعیین‌شد، که به‌جز ماده‌خشک، غلظت سایرترکیبات‌بین ارقام مختلف دارای تفاوت معنی‌داری بودند ($P<0/01$). تولید گاز پس از ۲۴ ساعت، پتانسیل تولید گاز (b) و نرخ تولید گاز (c) بین کاه ارقام مختلف کینوآ اختلاف داشتند ($P<0/01$) و ارقام Red Carina، Q_{18}، Q_{26} و Q_{29} پس از ۲۴ ساعت تخمیر میزان تولید گاز بالاتری داشتند، درحالی‌که پتانسیل تولید گاز در ارقام Gizal، Q_{18}، Q_{26} و Q_{31} در سطح بالاتری نسبت به سایر ارقام قرار داشتند ($P<0/01$). هم‌چنین قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم نیز به‌ترتیب در ارقام مختلف دامنه‌ای بین ۳۳/۳۰ تا ۳۹/۳۹ درصد و ۴/۸۸ تا ۵/۹۷ ژول در گرم داشتند ($P<0/01$).

بحث و نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت پروتئین خام در کاه کینوآی ارقام Red Carina، Q_{12}، Q_{18}، Q_{21}، Q_{22}، Q_{26} و Q_{29} غلظت بالاتری از پروتئین خام در مقایسه با کاه غلات و یا سایر بقایای کشاورزی داشتند و می‌توانند به‌عنوان یک منبع پروتئینی مناسب برای نشخوارکنندگان خصوصاً میش‌های داشتی مورد توجه قرار گیرند.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: aghashahimobin@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۰ آذر ۱۴۰۰؛ تاریخ داوری: ۱۱ دی ۱۴۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۱۳ اسفند ۱۴۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۵ فروردین ۱۴۰۱
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.319276.2702

مقدمه

کینوآ (*Chenopodium quinoa* willd.) یک گیاه زراعی دانه‌آور است که از فلات‌آند در نزدیکی‌دریاچه تیتیکاکا در مرز پرو و بولیوی سرچشمه می‌گیرد. خاستگاه اصلی این گیاه آمریکای جنوبی است و درکشورهای‌اکوادور، شیلی، پرو و بولیوی‌به‌عنوان گیاه بومی شناخته می‌شود (۱). این گیاه معمولاً برای تولید دانه‌های آن کشت می‌شود اما ممکن است به‌منظور استفاده از علوفه سبز نیز مورد استفاده قرار گیرد. گزارش شده است که عملکرد ماده خشک بسته به نوع رقم ممکن است به بیش از ۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز برسد. مقدار ماده خشک در برگ این گیاه ۲۸-۲۶ درصد است، درحالی‌که مقدار پروتئین خام آن در حدود ۲۳-۱۳ درصد متغیر است و قابلیت هضم ماده خشک آن در مرحله برداشت ۶۸-۶۳ درصد گزارش شده است (۲). کینوآ به‌عنوان علوفه‌ای پرمحصول و با پروتئین بالا، گیاهی امیدبخش است، درحالی‌که دانه آن حاوی ساپونین است که به‌دلیل تلخی خوشخوراکی آن‌را کاهش می‌دهد. با این وجود تلاش‌هایی در زمینه اصلاح نژاد و معرفی انواع جدیدی از ارقام کینوآی شیرین در جریان است (۳). این گیاه در برابر انواع تنش‌ها و شرایط محیطی نامطلوب‌مانند شوری، خشکسالی و سرمازدگی مقاوم است و می‌توان آن را در خاک‌های حاشیه‌ای شور و خشک کشت کرد، علاوه بر این‌که سازگاری بالایی با بسیاری از بیماری‌ها و آفات گیاهی دارد (۴). مطالعات محدودی با نتایج متفاوت درخصوص ارزش تغذیه ای کاه کینوآ و استفاده از آن در تغذیه دام انجام شده است. با این وجود نتایج در اکثر مطالعات نشان‌دهنده ارزش تغذیه‌ای بالاتر کاه کینوآ در مقایسه با کاه غلات و امکان استفاده از آن در تغذیه نشخوارکنندگان می‌باشد. برای‌نمونه دریک مطالعه در کشور بولیوی میزان‌پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، خاکسترخام، کلسیم و فسفر در کاه کینوآ به ترتیب ۱۰/۴، ۴۸/۷، ۲۷/۵، ۱۲/۸، ۰/۶۶ و ۰/۱۴ درصد گزارش شده است (۵). در مطالعه‌ای در سرزمین‌های اشغالی، غلظت ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و هم‌چنین قابلیت هضم ماده خشک در شرایط آزمایشگاهی در دو رقم کینوآ به‌ترتیب ۹۵/۲ و ۹۵/۷؛ ۸۷/۴ و ۹۱/۵؛ ۷/۹۹ و ۵/۱۰؛ ۰/۸۴ و ۱/۱۷؛ ۶۶/۵ و ۷۱/۳ درصد و ۵۲/۲ و ۴۸/۲ درصد در سال ۲۰۱۷ و در همان ارقام و در سال ۲۰۱۸ به‌ترتیب ۹۷/۳ و ۹۷/۸؛ ۸۲/۱ و ۸۱/۷؛ ۱۰/۱ و ۱۰/۶؛ ۱/۳۸ و ۱/۴۷؛ ۴۶/۵ و ۴۴/۴ درصد و ۵۵/۵ و ۵۴/۲ درصدگزارش شده است (۱). در مطالعه مشابهی بقایای زراعی گیاه کامل کینوآ از دو رقم سجاما و سجاما ایرانشهر نشان داد که ارزش تغذیه‌ای‌بالاتری نسبت به کاه‌غلات و یا سایر بقایای کشاورزی دارند. غلظت پروتئین خام در این بقایا حدود ۱۳ درصد و میزان ناپدیدشدن ماده خشک آن در دستگاه گوارش ۵۵ تا ۶۰ درصد تعیین شد و از این‌رو گزارش کردند که این محصول از پتانسیل مناسبی برای استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان برخوردار است (۶) در تحقیق دیگری بر روی بقایای زراعی کینوآی برداشت شده از مزارع بیرجند، غلظت‌پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، چربی‌خام، ترکیبات فنلی و کل تانن به‌ترتیب ۱۲/۲۹، ۴۳/۷۹، ۱۷/۷۵، ۲/۴۰، ۴/۴۴ و ۲/۲۱ درصد تعیین شده است. هم‌چنین در تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده‌خشک، بخش a (ماده خشک با تجزیه‌پذیری سریع) ۰/۱۶۰ گرم به‌ازای هرگرم ماده‌خشک، بخش b (ماده‌خشک با تجزیه‌پذیری کند) ۰/۴۰۱ گرم به‌ازای هرگرم ماده خشک ، c (ثابت نرخ تجزیه) ۰/۰۵۷ در ساعت گزارش گردید و گوارش‌پذیری ماده خشک در شکمبه، پس از شکمبه و در کل دستگاه گوارش به‌ترتیب ۰/۴۱۰، ۰/۱۰۷ و ۰/۴۶۹ گرم به ازای هرگرم ماده خشک، محاسبه و انرژی قابل متابولیسم در هر کیلوگرم از این بقایا ۱/۶۶ مگاکالری برآورد گردید (۷). در مغایرت با نتایج مطالعات مذکور، در کشور ترکیه با مطالعه بر روی کاه کینوآ گزارش شده است که ساقه‌های کینوآ از پتانسیل مناسبی به‌عنوان یک علوفه برخوردار نیستند و نمی‌توان از آن‌ها برای خوراک دام استفاده کرد و پیشنهاد شده است که این ماده با دارا بودن ارزش انرژی حدود ۱۸/۲۷ مگاژول در کیلوگرم می‌تواند در کارخانجات به‌عنوان‌یک منبع‌سوخت برای تولید انرژی مورد استفاده قرارگیرند(۴). درهرحال کشت این گیاه در کشور به‌دلیل جاذبه‌های تغذیه‌ای و تجاری در حال گسترش است و با توسعه کاشت آن، علاوه بر دانه مقادیر قابل توجهی کاه نیز تولید می‌شود، که با توجه به کمبود منابع علوفه‌ای در کشور می‌توان از آن در تغذیه نشخوار کنندگان استفاده کرد. این آزمایش با هدف بررسی ارزش تغذیه‌ای، تخمیرپذیری و گوارش‌پذیری کاه ۱۰ رقم کینوآ که در تحقیقات زراعی بر روی ارقام مختلف کینوآ تولید شده است، انجام شد.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی خصوصیات زراعی و سازگاری گیاه کینوآ، تعداد ۱۰ رقم کینوآ شامل Titicaca، Gizal، Red Carina، Q_{12}، Q_{18}، Q_{21}، Q_{22}، Q_{26}، Q_{29} و Q_{31} در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، و ارتفاع ۱۳۸۰ متر از سطح دریا، کشت شد. قبل از کاشت نسبت به تهیه زمین (شخم، دیسک و لولر) اقدام و بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) و نیاز کودی کینوا، مقدار کود مورد نیاز به زمین اضافه گردید. قبل از کاشت کود فسفات آمونیوم

به‌میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و در زمان کاشت کود اوره به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار به خاک اضافه شد. برداشت بقایا در هر کرت براساس تیمارهای آزمایشی موردنظر انجام‌شد. بدین‌ترتیب‌ازدوردیف وسط هر کرت با حذف ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای کلیه ردیف‌ها، نمونه‌برداری از سطحی معادل ۳/۶ مترمربع انجام‌شد. آبیاری به‌صورت نشتی و با دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار انجام شد.

جدول ۱: خصوصیات خاک محل کشت کینوآ در ایستگاه تحقیقاتی کرج

pH	مواد آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۷/۲۱	۰/۵۷	۰/۰۷	۱۲/۲	۲۵۴

پس از جدا کردن دانه، از بقایای زراعی به‌تفکیک ارقام نمونه‌برداری انجام شد و از نمونه‌ها برای تعیین ارزش تغذیه‌ای، تخمیرپذیری و گوارش‌پذیری استفاده شد. برای این منظور نمونه‌ها با آسیاب مجهز به غربال ۱ میلی‌متر آسیاب شدند و هر نمونه با سه تکرار در آزمایشگاه تغذیه دام موسسه تحقیقات علوم دامی کشور مورد تجزیه قرار گرفتند. برای تعیین الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) از دستگاه تجزیه فیبر (Fibertec 2010, Foss Analytical, Denmark) استفاده شد. پروتئین خام با دستگاه میکروکلدال (Kjeldal Vap50 Gerhardt, Germany) (و عصاره اتری با دستگاه سوکسله تعیین گردید. خاکستر خام با سوزاندن نمونه‌ها در ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۸ ساعت در کوره الکتریکی تعیین شد (۸). تخمیرپذیری نمونه‌های کاه در شرایط تولید گاز (۹) تعیین شد. برای این منظور از مایع شکمبه سه راس گاو نر تالشی مجهز به فیستولای شکمبه‌ای، با جیره مخلوط شامل ۱/۵ کیلوگرم کاه گندم، ۴/۵ کیلوگرم یونجه خشک و سه کیلوگرم مواد متراکم شامل ۸۰ درصد جو، ۱۰ درصد دانه ذرت، پنج درصد سبوس گندم، چهار درصد کنجاله پنبه‌دانه و یک درصد مکمل ویتامینی و مواد معدنی با دو وعده خوراک‌دهی در ساعات ۸/۰۰ و ۱۶/۰۰ استفاده شد. مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه از هر یک از نمونه‌های کاه ارقام کینوآی مورد بررسی به‌همراه ۳۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه بافری‌شده (۱۰) در سرنگ‌های مدرج تولید گاز (با سه تکرار) انکوباسیون گردید. میزان تولید گاز حاصل از تخمیر نمونه‌ها در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت انکوباسیون تعیین شد و حجم گاز تولیدی براساس نمونه‌های بلانک و وزن نمونه‌ها در هر زمان تصحیح گردید. برای تخمین فراسنجه‌های کنیتیک تولید گاز از معادله ($P=b\ (1-e^{-ct})$ استفاده شد (۱۱)، در این معادله: 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) بود، که با استفاده از نرم‌افزار Fitcurve محاسبه شد. هم‌چنین از روابط زیر برای تخمین انرژی قابل سوخت‌وساز، قابلیت هضم ماده آلی و اسیدهای چرب زنجیر کوتاه استفاده شد (۹).

انرژی قابل سوخت‌وساز(علوفه‌ها) (MJ/kg DM) =

$$۲/۲۰ + ۰/۱۳۶ \times GP + ۰/۰۵۷ \times CP + ۰/۰۰۲۹ \times CP^2$$

قابلیت هضم ماده آلی (g/100 g DM) =

$$۱۴/۸۸ + ۰/۸۸۹ \times GP + ۰/۴۵ \times CP + ۰/۰۶۵۱ \times XA$$

اسیدهای چرب شاخه‌دار زنجیر کوتاه (mmol/200 mg DM) =

$$۰/۰۲۲۲ \times GP - ۰/۰۰۴۲۵$$

در این روابط GP گاز تولیدشده از ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون، CP درصد پروتئین خام، EE درصد چربی خام و XA درصد خاکستر در نمونه ماده خوراکی می‌باشد.

داده‌های حاصل از آزمایش در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱)(۱۲) رویه GLM و براساس مدل ۱ تجزیه آماری شدند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح آماری ۹۵ درصد انجام شد:

$$Y_{ij} = \mu + T_{ij} + e_{ij} \quad \text{(مدل ۱)}$$

در مدل ۱، Y_{ij}= مقدار هر مشاهده، μ= میانگین صفت مورد آزمایش، T_{ij} = اثر تیمار iام و e_{ij} = اثر خطای آزمایش است.

نتایج

ترکیب شیمیایی: نتایج ترکیب شیمیایی کاه ۱۰ رقم مختلف کینوآ مورد بررسی در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین ماده خشک در کاه ارقام مختلف کینوآ مشابه بود، اما غلظت سایر ترکیب شیمیایی شامل پروتئین خام، ماده آلی، عصاره اتری و خاکستر خام بین ارقام مختلف کینوآ اختلاف معنی‌داری نشان دادند (P<۰/۰۱). بیش‌ترین تنوع در غلظت پروتئین خام ارقام مورد بررسی مشاهده شد و غلظت آن از ۳/۵۳ درصد در رقم Titicaca تا ۱۱/۰۵ درصد در رقم Q_{22} متغیر بود. دامنه تغییرات برای ماده خشک بین ۹۲/۴۴ تا ۹۴/۲۹ پروتئین خام بین ۳/۵۳ تا ۱۱/۰۵ درصد، ماده آلی بین ۸۴/۲۵ تا ۸۹/۶۵ درصد، عصاره اتری بین ۱/۲۰ تا ۲/۳۰ درصد و خاکستر خام بین ۹/۹۰ تا ۱۵/۵۹ درصد بود. هم‌چنین غلظت کربوهیدرات‌های مختلف در کاه ارقام مختلف کینوآ (جدول ۳) دارای اختلاف معنی‌داری بودند (P<۰/۰۱). الیاف نامحلول در شوینده خنثی بین ۵۷/۶۰ تا ۷۲/۴۰ درصد، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین ۳۵/۶۰ تا ۴۳/۲۰ درصد و عصاره فاقد نیتروژن بین ۹/۴۱ تا ۱۸/۰۹ درصد تعیین شد.

جدول ۲: غلظت ترکیبات شیمیایی در کاه برخی از ارقام کینوآ

ارقام کینوآ	ترکیبات شیمیایی (درصد در ماده‌خشک)				
	ماده خشک	پروتئین خام	ماده آلی	عصاره‌اتری	خاکسترخام
Titicaca	۹۳/۷۱	۳/۵۳^{f}	۸۹/۲۴^{bc}	۲/۰۰^{c}	۱۰/۷۶^{de}
Gizal	۹۳/۸۲	۶/۹۱^{de}	۸۹/۳۷^{ab}	۲/۰۰^{c}	۱۰/۶۳^{ef}
Red Carina	۹۳/۸۰	۸/۱۴^{bcd}	۸۸/۵۰^{cd}	۲/۰۰^{c}	۱۱/۵۰^{cd}
Q_{12}	۹۳/۱۲	۹/۳۱^{b}	۸۴/۴۰^{f}	۲/۳۰^{a}	۱۵/۶۰^{a}
Q_{18}	۹۳/۷۶	۱۰/۷۹^{a}	۸۴/۲۵^{f}	۲/۲۰^{b}	۱۵/۷۵^{a}
Q_{21}	۹۴/۰۳	۷/۷۶^{cd}	۸۹/۶۵^{ab}	۲/۰۰^{c}	۱۰/۳۵^{ef}
Q_{22}	۹۲/۴۴	۱۱/۰۵^{a}	۸۴/۰۵^{f}	۱/۵۰^{d}	۱۵/۵۹^{a}
Q_{26}	۹۴/۲۹	۸/۳۳^{bc}	۸۶/۷۶^{f}	۲/۲۰^{b}	۱۳/۲۴^{b}
Q_{29}	۹۴/۰۴	۷/۶۴^{cde}	۸۷/۸۵^{d}	۱/۲۰^{f}	۱۲/۱۵^{c}
Q_{31}	۹۴/۰۸	۶/۵۱^{e}	۹۰/۱۰^{a}	۱/۳۰^{e}	۹/۹۰^{f}
SEM	۰/۶۳۵	۰/۳۸۶	۰/۲۵۸	۰/۰۰۶	۰/۲۵۸
P-value	۰/۶۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P <۰/۰۵). SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

جدول ۳: غلظت کربوهیدرات‌های مختلف در کاه برخی از ارقام کینوآ

ارقام کینوآ	نوع کربوهیدارت (درصد در ماده‌خشک)					
	الیاف نامحلول در شوینده خنثی	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	عصاره فاقد نیتروژن	سلولز	همی‌سلولز	لیگنین
Titicaca	۶۸/۶۰^{b}	۴۲/۲۰^{a}	۱۵/۱۱^{ab}	۳۵/۳۲^{bc}	۲۶/۰۴^{b}	۵/۸۰^{a}
Gizal	۷۰/۸۰^{a}	۴۳/۲۰^{a}	۹/۶۶^{cd}	۳۶/۹۴^{ab}	۲۷/۶۰^{a}	۵/۲۰^{c}
Red Carina	۶۲/۴۰^{e}	۳۷/۸۰^{bc}	۱۵/۹۶^{ab}	۳۲/۴۵^{d}	۲۴/۶۰^{d}	۴/۲۰^{ef}
Q_{12}	۵۹/۶۰^{f}	۳۵/۶۰^{d}	۱۳/۱۹^{bc}	۲۹/۶۴^{e}	۲۴/۰۰^{f}	۴/۴۰^{e}
Q_{18}	۵۷/۶۰^{g}	۳۹/۶۰^{b}	۱۳/۶۶^{b}	۳۳/۸۳^{cd}	۱۸/۰۰^{i}	۴/۲۰^{ef}
Q_{21}	۶۴/۶۰^{cd}	۴۲/۲۰^{a}	۱۵/۲۹^{ab}	۳۶/۹۷^{ab}	۲۲/۴۰^{g}	۴/۲۰^{ef}
Q_{22}	۵۸/۴۰^{fg}	۳۶/۰۰^{cd}	۱۳/۱۰^{bc}	۲۹/۶۱^{e}	۲۲/۴۰^{g}	۴/۸۰^{d}
Q_{26}	۶۶/۲۰^{c}	۴۲/۰۰^{a}	۱۰/۰۳^{cd}	۳۵/۰۸^{c}	۲۴/۲۰^{e}	۵/۶۰^{b}
Q_{29}	۶۹/۶۰^{ab}	۴۳/۸۰^{a}	۹/۴۱^{d}	۳۸/۵۹^{a}	۲۵/۸۰^{c}	۴/۰۰^{f}
Q_{31}	۶۴/۲۰^{de}	۴۲/۸۰^{a}	۱۸/۰۹^{a}	۳۷/۰۱^{ab}	۲۱/۴۰^{h}	۴/۸۰^{d}
SEM	۰/۶۳۵	۰/۶۳۵	۱/۱۱۵	۰/۵۶۴	۰/۰۷۱	۰/۰۶۴
P-value	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P <۰/۰۵). SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

تولید گاز و فراسنجه‌های تخمیرپذیری: میزان تولید گاز حاصل از تخمیر کاه‌های ارقام کینوآی مورد بررسی تا ۹۶ ساعت به تفکیک ساعات مختلف انکوباسیون در جدول ۴ نشان داده شده است. انکوباسیون نمونه‌ها در ساعات مختلف نشان داد که میزان تولید گاز بین ارقام مختلف کینوآ تفاوت داشتند (P<۰/۰۱). بیش‌ترین و کم‌ترین تولید گاز پس‌از ۹۶ ساعت انکوباسیون به‌ترتیب در نمونه‌های ارقام Q_{18} و Q_{21} (۳۵/۹۵ در برابر ۲۸/۹۵ میلی‌لیتر به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم) مشاهده گردید. فراسنجه‌های تخمیرپذیری شامل پتانسیل تولید گاز پس از ۹۶ ساعت انکوباسیون (b)، نرخ تولید گاز در هر ساعت (c) و غلظت اسیدهای چرب زنجیر کوتاه در کاه ارقام مختلف کینوآ (جدول ۵) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ارقام وجود دارد (P<۰/۰۱). قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم به‌ترتیب در ارقام مختلف در دامنه‌ای بین ۳۳/۳۰ تا ۳۹/۳۹ درصد و ۴/۸۸ تا ۵/۹۷ ژول در گرم برآورد گردیدند (P<۰/۰۱)، که در رقم Titicaca کم‌ترین و در رقم Q_{18} بیش‌ترین مقادیر مشاهده شد (P<۰/۰۱).

جدول ۴: میزان تولیدگاز (میلی‌لیتر/۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه) از تخمیر شکمبه‌ای کاه برخی از ارقام کینوآ

ارقام کینوآ	زمان انکوباسیون (ساعت)								
	۲	۴	۶	۸	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲	۹۶
Titicaca	۱/۵۶^{bcd}	۲/۸۱^{bcd}	۴/۰۵^{de}	۶/۵۵^{de}	۸/۴۳^{d}	۱۷/۹۴^{cde}	۲۶/۳۷^{cde}	۳۰/۷۴^{bc}	۳۱/۸۳^{cd}
Gizal	۱/۱۰^{d}	۲/۵۱^{cd}	۴/۰۸^{de}	۶/۶۰^{de}	۸/۷۹^{cd}	۱۸/۳۷^{bcd}	۲۷/۴۷^{bcd}	۳۱/۷۱^{bc}	۳۳/۹۰^{b}
Red Carina	۲/۶۵^{a}	۴/۲۱^{a}	۶/۰۹^{a}	۸/۵۸^{a}	۱۱/۲۳^{a}	۲۰/۱۳^{ab}	۲۸/۵۵^{b}	۳۱/۰۵^{bc}	۳۱/۳۶^{ed}
Q_{12}	۲/۳۴^{ab}	۳/۷۴^{ab}	۴/۹۹^{bc}	۷/۳۳^{bcd}	۸/۷۴^{cd}	۱۶/۲۲^{e}	۲۴/۳۳^{f}	۲۸/۳۹^{d}	۲۹/۸۰^{ef}
Q_{18}	۲/۲۰^{abc}	۴/۰۹^{a}	۵/۸۱^{ab}	۸/۱۶^{ab}	۹/۷۳^{bc}	۲۰/۷۲^{a}	۳۰/۷۷^{a}	۳۴/۲۳^{a}	۳۵/۹۵^{a}
Q_{21}	۲/۰۴^{abc}	۳/۷۶^{ab}	۵/۰۱^{bc}	۷/۰۴^{bcd}	۹/۰۷^{bcd}	۱۶/۹۰^{de}	۲۴/۷۲^{ef}	۲۸/۱۷^{d}	۲۸/۹۵^{f}
Q_{22}	۰/۹۵^{d}	۲/۰۶^{d}	۳/۶۴^{cd}	۵/۸۵^{e}	۷/۲۷^{e}	۱۶/۲۸^{e}	۲۵/۷۵^{def}	۳۰/۱۸^{c}	۳۰/۹۷^{de}
Q_{26}	۱/۴۱^{cd}	۳/۲۸^{abc}	۴/۸۴^{cd}	۶/۸۸^{cde}	۹/۵۳^{bcd}	۱۹/۲۲^{abc}	۲۸/۲۸^{b}	۳۲/۶۶^{ab}	۳۳/۷۵^{b}
Q_{29}	۲/۲۰^{abc}	۳/۶۱^{ab}	۵/۵۰^{abc}	۸/۰۱^{abc}	۱۰/۲۰^{ab}	۲۰/۱۰^{ab}	۲۸/۴۲^{b}	۳۱/۵۶^{bc}	۳۳/۲۸^{bc}
Q_{31}	۱/۴۱^{cd}	۳/۲۹^{abc}	۴/۸۶^{cd}	۷/۳۷^{bcd}	۹/۵۶^{bcd}	۱۸/۸۱^{c}	۲۸/۰۶^{bc}	۳۲/۴۵^{ab}	۳۳/۸۶^{b}
SEM	۰/۰۲۶	۰/۳۲۸	۰/۲۷۰	۰/۳۶۵	۰/۳۵۱	۰/۵۸۰	۰/۵۵۸	۰/۵۹۹	۰/۶۱۳
P-value	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار، می‌باشند (P <۰/۰۵). SEM = خطای استاندارد میانگین‌ها

جدول ۵: فراسنجه‌های تخمیرپذیری، قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم کاه برخی از ارقام کینوآ

ارقام کینوآ	فراسنجه‌های تخمیرپذیری[1]						
	تولید گاز		b	c	DOM	SCFA	ME
	۲۴ ساعت	۹۶ ساعت					
Titicaca	۱۷/۹۴^{cde}	۳۱/۸۳^{cd}	۳۵/۵۷^{c}	۰/۰۳۱^{cde}	۳۳/۳۰^{f}	۰/۳۹۴^{cde}	۴/۸۸^{e}
Gizal	۱۸/۳۷^{bcd}	۳۳/۹۰^{b}	۳۷/۷۸^{ab}	۰/۰۳۰^{cde}	۳۵/۲۰^{de}	۰/۴۰۴^{bcd}	۵/۲۳^{cd}
Red Carina	۲۰/۱۳^{ab}	۳۱/۳۶^{ed}	۳۳/۳۶^{d}	۰/۰۴۰^{a}	۳۷/۸۹^{b}	۰/۴۴۳^{ab}	۵/۵۹^{b}
Q_{12}	۱۶/۲۲^{e}	۲۹/۸۰^{ef}	۳۱/۹۰^{de}	۰/۰۲۹^{e}	۳۴/۶۷^{ef}	۰/۳۵۶^{e}	۵/۱۹^{d}
Q_{18}	۲۰/۷۲^{a}	۳۵/۹۵^{a}	۳۹/۰۹^{a}	۰/۰۳۲^{bcd}	۳۹/۳۹^{a}	۰/۴۵۶^{a}	۵/۹۷^{a}
Q_{21}	۱۶/۹۰^{de}	۲۸/۹۵^{f}	۳۱/۰۰^{e}	۰/۰۳۳^{bc}	۳۴/۲۴^{cf}	۰/۳۷۱^{de}	۵/۱۲^{de}
Q_{22}	۱۶/۲۸^{e}	۳۰/۹۷^{de}	۳۵/۸۵^{bc}	۰/۰۲۹^{de}	۳۵/۵۲^{cde}	۰/۳۵۷^{e}	۵/۴۰^{bcd}
Q_{26}	۱۹/۲۲^{abc}	۳۳/۷۵^{b}	۳۷/۴۳^{abc}	۰/۰۳۲^{bcd}	۳۶/۷۷^{bcd}	۰/۴۲۳^{abc}	۵/۴۹^{bc}
Q_{29}	۲۰/۱۰^{ab}	۳۳/۲۸^{bc}	۳۵/۵۱^{c}	۰/۰۳۵^{b}	۳۷/۱۸^{bc}	۰/۴۴۲^{ab}	۵/۵۴^{b}
Q_{31}	۱۸/۸۱^{c}	۳۳/۸۶^{b}	۳۷/۲۹^{abc}	۰/۰۳۱^{cde}	۳۵/۳۶^{de}	۰/۴۱۳^{bc}	۵/۲۵^{cd}
SEM	۰/۵۸۰	۰/۶۱۳	۰/۶۵۰	۰/۰۰۱۰	۰/۵۳۶	۰/۰۱۲۹	۰/۰۸۹
P-value	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱

[1] تولید گاز، پس از ۲۴ و ۹۶ ساعت: میلی‌لیتر گاز تولیدشده به‌ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه، b: پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه) پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون و c: نرخ تولید گاز در هر ساعت، DOM: قابلیت هضم ماده آلی (درصد)؛ SCFA: اسیدهای چرب زنجیر کوتاه (میلی‌مول در هر ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه) و ME: انرژی قابل سوخت‌وساز (ژول در هر گرم ماده خشک). میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P <۰/۰۵). SEM= خطای استاندارد میانگین‌ها.

بحث

ترکیب شیمیایی: بررسی ترکیب شیمیایی در کاه ارقام مختلف کینوآ نشان داد که به‌جز ماده خشک، غلظت سایر ترکیبات بین ارقام مختلف دارای تفاوت معنی‌داری بودند (P<۰/۰۱). در مطالعه بر روی گیاهان خانواده کنوپودیاسه تنوع گسترده‌ای در ترکیبات شیمیایی به‌ویژه پروتئین خام در برخی از گونه‌ها در مراحل مختلف رشد گزارش شده است (۱۳، ۱۴). هم‌چنین در مطالعات مختلف نشان داده شده است که عملکرد زراعی کینوآ، ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم علوفه کینوآ تحت تأثیر شرایط و عوامل اقلیمی، فصل کاشت و برداشت، کیفیت آب و خاک، تیمارهای زراعی، زمان برداشت و هم‌چنین تفاوت عملکرد در ارقام مختلف کینوآ در مربوط باشد (۱۵، ۱). با توجه به شرایط اقلیمی، فصل کاشت و برداشت، کیفیت آب و خاک، تیمارهای زراعی و زمان برداشت یکسان برای همه ارقام

مورد بررسی اختلاف بین ترکیب شیمیایی ارقام مختلف در این آزمایش می‌تواند مربوط به تفاوت‌های ژنتیکی در ارقام مختلف کینوآ موردبررسی باشد. نتایج بررسی ترکیب شیمیایی کاه کینوآ در بولیوی، مقادیر پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خاکسترخام را به‌ترتیب ۱۰/۴، ۴۸/۷، ۲۷/۵ و ۱۲/۸ درصد گزارش نموده است (۵). در مطالعه دیگری در شرایط کرمان میانگین غلظت ترکیبات شیمیایی بقایای زراعی دو رقم کینوآ شامل سجاما و سجاما ایرانشهر شامل پروتئین خام، عصاره اتری، کربوهیدرات‌های غیرفیبری، خاکسترخام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی را به‌ترتیب ۱۳/۱۱، ۱/۶۸، ۲۲/۷۴، ۱۳/۶۸، ۴۸/۸۰ و ۳۲/۶۹ درصد گزارش شده است (۶). هم‌چنین در بیرجند نتایج تعیین ترکیب شیمیایی کاه یک رقم کینوآ نشان داد که غلظت ماده آلی ۹۸/۵۲ درصد، پروتئین خام ۱۲/۲۹ درصد، عصاره اتری ۲/۴۰ درصد، الیاف نامحلول در شوینده خنثی ۴۳/۷۹ درصد و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ۱۷/۷۵ درصد بوده است. بیش‌ترین اختلاف در غلظت پروتئین خام بین کاه ارقام مختلف کینوآ مشاهده گردید، اما غلظت ماده آلی، عصاره اتری و خاکسترخام دامنه گسترده‌ای از تغییرات را نشان ندادند. دامنه این تغییرات برای ماده آلی، عصاره اتری و خاکستر خام در کاه ارقام مورد بررسی به‌ترتیب بین ۸۴/۰۵ تا ۹۰/۱۰ درصد، ۱/۲۰ تا ۲/۳۰ درصد و ۹/۹۰ تا ۱۵/۷۵ درصد تعیین شد، که با نتایج نمونه‌های کاه کینوآ در بولیوی (۵) و در کرمان (۶) و در بیرجند (۷) مطابقت دارند. گیاهان خانواده کنوپودیاسه از نظر پروتئین خام جزء مواد خوراکی باکیفیت محسوب می‌شوند (۱۶). غلظت پروتئین خام در کاه برخی از ارقام کینوآی مورد مطالعه در این آزمایش (Red Carina، Q_{12}، Q_{18}، Q_{21}، Q_{22}، Q_{26} و Q_{29}) بیش از ۷ درصد بود که به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیش از غلظت پروتئین خام در کاه غلات و سایر بقایای کشاورزی می‌باشد. گزارش شده است که وقتی غلظت پروتئین خام در یک علوفه از ۷-۶ درصد بیش‌تر باشد غلظت نیتروژن آمونیاکی لازم برای فعالیت مناسب باکتری‌های دستگاه گوارش فراهم می‌شود و در این زمان تخمیر میکروبی، سنتز پروتئین میکروبی و هضم ماده خوراکی در حد قابل قبولی می‌باشد (۱۷). بر همین اساس حد بحرانی پروتئین خام یک علوفه برای نیاز نگه‌داری روزانه یک واحد دامی چراکننده در مراتع و پس‌چرها ۷ درصد پروتئین خام تعیین شده است (۱۸). از این‌رو کاه ارقام کینوآ مذکور با بیش از ۷ درصد پروتئین خام، می‌توانند حداقل نیاز پروتئینی مورد نیاز میش‌های داشتی در مناطق مختلف کشور را تأمین نمایند. غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و اجزای تشکیل‌دهنده آن‌ها شامل سلولز، همی‌سلولز و لیگنین در کاه کینوآ ارقام مورد بررسی متفاوت بودند ($P<0/01$). غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در یک نمونه کاه کینوآ به‌ترتیب ۴۳/۷۹ و ۱۷/۷۵ (۶)، در آزمایش دیگری به‌ترتیب ۴۳/۷۹ و ۱۷/۷۵ درصد (۷) گزارش شده است، که به‌طور قابل‌توجهی از مقادیر متناظر در آزمایش اخیر کم‌تر می‌باشند. گزارش شده است که در علوفه‌ها غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با افزایش سن گیاه افزایش می‌یابند (۱۹) و مطالعه بر روی تغییرات ترکیبات شیمیایی گیاه کینوآ در مراحل مختلف فنولوژیکی نشان داده است که الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌ترتیب از ۴۴/۶۳ و ۲۱/۸۵ درصد ماده خشک در مرحله رشد رویشی به ۵۳/۳۷ و ۳۶/۹۸ درصد ماده خشک در مرحله کامل شدن دانه افزایش یافته است (۲۰). از بین مواد مغذی کم‌ترین تغییرات با دامنه بین ۲/۳۰-۱/۳۰ درصد در محتوای چربی خام نمونه‌های کاه کینوآ مشاهده شد. در تأیید نتایج این آزمایش، غلظت چربی خام در دو ژنوتیپ سجاما و سجاما ایرانشهر به‌ترتیب ۱/۸۲ و ۱/۵۳ درصد (۶) و در کاه دو ژنوتیپ کینوآ در سرزمین‌های اشغالی ۱/۳۸ و ۱/۴۷ درصد گزارش شده است (۱). غلظت بالای خاکستر خام از خصوصیات بارز گیاهان شور زیست می‌باشد (۲۱) و نتایج به دست آمده در مورد غلظت بالای خاکستر خام در نمونه‌های کاه کینوآ در این آزمایش با گیاهان شور زیست مطابقت دارد. علاوه بر این در تأیید نتایج آزمایش اخیر، غلظت خاکستر خام در کاه کینوآ دو رقم سجاما و سجاما ایرانشهر به‌ترتیب ۱۴/۰۵ و ۱۳/۳۰ درصد تعیین شده است (۶)، هم‌چنین نتایج سایر مطالعات نشان داده است که غلظت خاکستر خام در علوفه کینوآ ۱۸/۲ درصد (۱۵) و ۱۴/۲ درصد (۲۲) بوده است، که با نتایج آزمایش اخیر مطابقت دارند. غلظت بالای خاکستر خام در کاه ارقام مختلف کینوآی مورد بررسی می‌تواند ناشی از جذب کاتیون‌ها و تجمع آن‌ها در گیاه باشد، زیرا با افزایش شوری محیط به‌علت جذب و تجمع عناصر معدنی در گیاهان شورزیست مقدار خاکستر خام افزایش می‌یابد (۲۳).

تولید گاز و فراسنجه‌های تخمیرپذیری: مقدار تولید گاز و سایر فراسنجه‌های تخمیری در ارقام مختلف کاه کینوآ تفاوت‌هایی را نشان دادند، اما علی‌رغم تفاوت‌های عمده در غلظت پروتئین خام کاه‌های ارقام مورد بررسی اما تولید گاز و فراسنجه‌های مربوط به آن تفاوت‌های زیادی نداشتند. به‌طور مشابه در یک مطالعه نشان داده شده است که گونه‌های خوراکی متفاوت با پروتئین خام در محدوده ۳/۲ تا ۴۸/۷ درصد ماده خشک، تولید گاز مشابه داشتند (۲۴) و در همین ارتباط گزارش شده است که غلظت پروتئین خام گیاه تأثیر زیادی برمیزان تولید گاز ندارد، اما قبل از این ارتباط منفی بین گاز تولیدی با میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی گیاه

تأیید شده است (۲۵). علاوه براین گزارش شده است که ساختار لیگنوسلولزی ساقه کینوآ از عوامل مهم و تأثیرگذار در کاهش تخمیرپذیری بقایای زراعی کینوآ می‌باشد (۴). پتانسیل تولید گاز در نمونه‌های کاه ارقام مختلف کینوآ ۳۱/۰۰ تا ۳۷/۷۸ میلی‌گرم به ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه برآورد گردید، که با نتایج حاصل از آزمایش مشابهی که پتانسیل تولید گاز را در بقایای زراعی کینوآ رقم سجاما و سجاما ایرانشهر به‌ترتیب ۳۶/۱۹ و ۳۷/۸۶ میلی‌گرم به‌ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه گزارش کرده‌اند (۶) مطابقت دارد. هم‌چنین پتانسیل تولید گاز در نمونه‌هایی از گیاهان کوشیا و آتریپلکس به‌ترتیب ۳۱/۷۵ و ۳۰/۲۰ میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه‌ها گزارش شده است که با نتایج آزمایش اخیر مطابقت دارند (۲۶). قابلیت هضم ماده آلی در نمونه‌های کاه کینوآ این آزمایش دامنه تغییراتی بین ۳۳/۳۰ تا ۳۹/۳۹ درصد داشت که در مقایسه با مقادیر گزارش شده برای بقایای زراعی کینوآ رقم سجاما و سجاما ایرانشهر به‌ترتیب با ۴۹/۷۶ و ۵۰/۶۱ درصد (۶) به‌مراتب کم‌تر می‌باشند. هم‌چنین در مطالعه دیگری گزارش شده است که وقتی ۲۰ درصد کاه کینوآ جایگزین علوفه قصیل جو در جیره شتر لاما شد، قابلیت هضم ماده خشک تحت تأثیر قرار نگرفت (۵). از این‌رو پایین بودن قابلیت هضم ماده آلی در کاه ارقام کینوآ در این آزمایش را می‌توان به بیش‌تر بودن مقدار الیاف نامحلول در شوینده اسیدی این کاه‌ها (دامنه بین ۳۵/۶۰ تا ۴۳/۸۰ درصد ماده خشک) در مقایسه با الیاف نامحلول در شوینده اسیدی رقم سجاما و سجاما ایرانشهر به‌ترتیب با ۳۴/۸۲ و ۳۰/۵۵ درصد (۶) و یا کاه کینوآ با الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌میزان ۲۷/۵ درصد (۵)، نسبت داد. شواهد زیادی از کاهش قابلیت هضم علوفه‌ها در شکمبه با افزایش غلظت بخش‌های دیواره سلولی و لیگنینی شدن آن‌ها با افزایش سن گیاه وجود دارد (۱۳، ۲۷). در این راستا Ghavipanje و همکاران گزارش کردند که افزایش لیگنین در علوفه کینوآ عامل اصلی در کاهش تولید گاز می‌باشد (۷)، چرا که لیگنین با ایجاد پیوند کئوالانسی با کربوهیدرات‌های دیواره سلولی هضم آن‌ها را محدود و با کاهش انرژی قابل دستری برای ارگانیسم های شکمبه سبب کاهش تولید گاز می‌گردد (۲۷). هم‌چنین افزایش لیگنین در علوفه‌ها سبب افزایش مقاومت علوفه در برابر تجزیه میکروبی شده و به‌طور مؤثری گوارش پذیری ماده آلی را کاهش می‌دهد (۲۵). از بین کاه ارقام مورد بررسی در این مطالعه کاه ارقام Red Carina، Q_{12}، Q_{18}، Q_{21}، Q_{22}، Q_{26} و Q_{29} غلظت بالاتری از پروتئین خام در مقایسه با کاه غلات و یا سایر بقایای کشاورزی داشتند. این کاه‌ها می‌توانند جایگزین مناسبی برای بخشی از علوفه موردنیاز در جیره‌نشخوارکنندگان باشند. اگرچه لازم است با تحقیقات بیش‌تر از طریق آزمایشات درون‌تنی امکان استفاده و سطح بهینه مصرف‌آن‌ها در جیره نشخوارکنندگان و هم‌چنین تأثیر سطوح مختلف مصرف آن بر فراسنجه‌های فیزیولوژیک دام تعیین گردد.

تشکر و قدردانی

از همکاران محترم موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و موسسه تحقیقات علوم دامی کشور که در انجام این تحقیق همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. **Asher, A., Galili, S., Whitney, T. and Rubinovich, L., 2020.** The potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dualpurpose crop for grain production and livestock feed. Scientia Horticulturae. 272: 109534.
2. **Van Schooten, H.A. and Pinxterhuis, J.B., 2003.** Quinoa as an alternative forage crop in organic dairy farming. Optimal Forage Systems for Animal Production and the Environment Grassland Science in Europe. 8: 445-448.
3. **Zom, R.L.G., Avan Schooten, H.A. and Pinxterhuis, I., 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.
4. **Filik, G., 2020.** Biodegradability of quinoa stalks: The potential of quinoa stalks as a forage source or as biomass for energy production. Fuel. 266: 117064.
5. **Robinson, T.F., Roeder, B.L. and Johnston, N.P., 2013.** Nitrogen Balance and Blood Metabolites of Llama (*Lama glama*) Fed Barley Hay Supplemented with Alfalfa and Quinoa Straw in Bolivia. Journal of Animal Science Advances. 3(8): 386-391.
6. **Shakeri, P., Dayani, O., Asadi Korom, M., Najafi Neghad, 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)
7. **Ghavipanjeh, N., Fathi Nasri, M.H., Bashtani, M. and Farhangfar, S.H., 2021.** Determination of chemical composition and estimating nutritional value of quinoa crop residues using nylon bag and gas production techniques. Animal Production. 23(1): 35-45. (In Persian)
8. **AOAC. 2000.** Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
9. **Menke, K.H. and Steingass, H., 1988.** Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal Research and Development. 28: 7-55.
10. **Mc Dougall, E.I., 1948.** Studies on ruminant saliva: part 1. The composition and output of sheeps saliva. The Biochemical Journal. 42: 99-109.
11. **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.

12. **SAS. 2003.** SAS User's Guide Statistics. Version 9.1 Edition. SAS Inst., Inc., Cary NC.

13. **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.

14. **Riasi, A., Danesh Mesgaran, M., Stern, M.D. and Ruiz Moreno, M.J., 2008.** Chemical composition, in situ ruminal degradability and post-ruminal disappearance of dry matter and crude protein from the halophytic plants Kochia scoparia, Atriplex dimorphostegia, Suaeda arcuata and Gamanthus gamacarpus. Animal Feed Science and Technology. 141: 209-219.

15. **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.

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

17. **Paterson, J., Funston, R. and Cash, D., 2001.** Forage Quality Influences Beef Cow Performance and Reproduction. Presented at the 2001 Intermountain Nutrition Conference. 11 p. Available at: http://www.animalrangeextension.montana.edu/Articles/Beef/Forage/Intermountain%20Article.pdf.

18. **Arzani, H., Motamedi, J. and Zare Chahoki, M.A., 2010.** Report of the National Fodder Quality Plan of the country's pasture plants. Organization of forests, pastures and watershed of the country. (In Persian)

19. **Hassan Khan, S., Ghafar, A., Khan, A., Sarwar, M. and Azim, A., 2007.** Effect of maturity on production Efficiency, nutritive value and in situ nutrients digestibility of three cereal fodders. International Journal of Agriculture. 2: 900-909.

20. **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.

21. **Heydari, H., 2014.** Determination of nutritional value of *Chenopodium album* treated with lime at different times using nylon bag method. Master's thesis. Birjand University. (In Persian)

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

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

24. **Getachew, G., Blummel, M., Makkar, H.P.S. and Becker, K., 1998.** *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: A review. Animal Feed Science and Technolgy. 72: 261-281.

25. **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. The South African Journal of Animal Science. 34(4): 524-532.

26. **Mahmoudi-Abyaneh, M., 2018.** Comparison of the nutritional value of some halophyte plants with wheat straw and dry alfalfa. Master's thesis. Mashhad Ferdowsi University. (In Persian)

27. **Van Soest, P.J., 1994.** Nutritional Ecology of the Ruminant. 2th Ed. Cornell University Press. Ithaca, NY. 476 p.