



Semnan University



Research Article

Determination of nutritive value of Quinoa Seed (Chenopodium quinoa) using in vitro (Gas production and Tilly & Terry techniques) and nylon bag methods

Ali Mahdavi^{1*} , Fatemeh Malekalaie¹, Ata Mahdavi², Babak Darabighane³, Sina Mahbubrabani⁴.

Abstract

Due to its resistance to drought and salinity, as well as its high nutritional content and superior protein quality, quinoa (*Chenopodium quinoa*) is considered a suitable alternative feed resource for livestock, particularly in arid and semi-arid regions. This study was conducted to evaluate the chemical composition, digestibility, and nutritional value of quinoa seeds. Sampling was performed on 20 plant genotypes from a rangeland, and following identification, analyses including proximate composition, mineral content, fiber fractions, in vitro digestibility tests (Tilley and Terry, gas production), and degradability using nylon bag technique were carried out. The results indicated that the dry matter content was 92.87%, crude protein 16.66%, crude fiber 4.2%, ether extract 4.9%, neutral detergent fiber 5.0%, acid detergent fiber 1.2%, ash 4.6%, calcium 0.2775%, phosphorus 0.025%, magnesium 0.149%, and potassium 1.1385% in dry matter. The gross energy content was reported as 4419.06 kcal/kg. The in situ dry matter degradability of quinoa seed at 24, 48, 72, and 96 hours was 60.1%, 65.5%, 68.9%, and 72.6%, respectively, while crude protein degradability at the mentioned times was 45.5%, 76.96%, 91.3%, and 93.73%, respectively. These findings suggest that quinoa seeds, owing to their higher crude protein, fiber, fat, ash, and gross energy contents compared to wheat, possess considerable potential as a feed ingredient for ruminants.

Keywords: *Chenopodium quinoa*, Nylon bags, Gas production, Tilly & Terry, Approximate analysis.

1. Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

2. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Tehran, Iran.

3. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

4. Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.

*Corresponding author: mahdavi@semnan.ac.ir

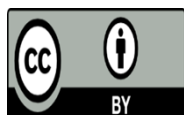
DOI: [10.22075/jvlr.2025.37462.1163](https://doi.org/10.22075/jvlr.2025.37462.1163)

Received: 20.04.2025

Accepted: 03.06.2025

How to Cite this Article:

Mahdavi, A., & Malekalaie, F., & Mahdavi, A., & Darabighane, B., & Mahbubrabani, S. (2025). Determination of nutritive value of Quinoa Seed (*Chenopodium quinoa*) using in vitro (Gas production and Tilly & Terry techniques) and nylon bag methods. 17(1), 83-96. doi:10.22075/jvlr.2025.37462.1163





تعیین ارزش غذایی بذر کینوا (*Chenopodium quinoa*) به روش‌های آزمایشگاهی (آزمون تولید گاز و روش آزمایشگاهی تیلی و تری) و روش کیسه‌های نایلونی

علی مهدوی^{۱*}، فاطمه ملک علائی^۱، عطا مهدوی^۲، بابک دارابی قانع^۳، سینا محبوب ربانی^۴.

خلاصه

گیاه کینوا به دلیل مقاومت به خشکی و شوری و دارا بودن ترکیبات مغذی و پروتئین با کیفیت بالا، به‌عنوان گزینه‌ای مناسب در تغذیه دام، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح است. این پژوهش با هدف بررسی ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم و ارزش تغذیه‌ای بذر کینوا انجام شد. نمونه‌برداری از ۲۰ پایه گیاه از مرتع صورت گرفت و پس از شناسایی، آزمایش‌های تجزیه تقریبی، اندازه‌گیری مواد معدنی، الیاف، آزمون‌های هضم آزمایشگاهی (تیلی و تری، تولید گاز) و تجزیه‌پذیری با کیسه‌های نایلونی انجام شد. نتایج نشان داد که میزان ماده خشک ۹۲/۸۷، پروتئین خام ۱۶/۶۶، الیاف خام ۴/۲، چربی خام ۴/۹، الیاف نامحلول در شوینده خنثی ۵/۰، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ۱/۲، خاکستر خام ۴/۶، کلسیم ۰/۲۷۷۵، فسفر ۰/۰۲۵، منیزیم ۰/۱۴۹ و پتاسیم ۱/۱۳۸۵ درصد در ماده خشک بودند. همچنین میزان انرژی خام ۴۴۱۹/۰۶ کالری بر گرم گزارش شد. نتایج تجزیه‌پذیری ماده خشک بذر کینوا به ترتیب در زمان ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت به ترتیب ۶۰/۱، ۶۵/۵، ۶۸/۹ و ۷۲/۶ و تجزیه‌پذیری پروتئین خام در زمان‌های بیان شده به ترتیب ۴۵/۵، ۷۶/۹۶، ۹۱/۳ و ۹۳/۷۳ بوده است. این نتایج نشان داد که بذر کینوا با دارا بودن مقادیر بالاتر پروتئین خام، الیاف، چربی، خاکستر و انرژی خام نسبت به گندم، پتانسیل مناسبی برای استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان دارد.

واژه‌های کلیدی: کینوا، کیسه‌های نایلونی، گاز تست، تیلی و تری، تجزیه تقریبی.

۱. گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۴. گروه علوم دامی، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

*نویسنده مسئول: mahdavi@semnan.ac.ir

DOI: [10.22075/jvlr.2025.37462.1163](https://doi.org/10.22075/jvlr.2025.37462.1163)

دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۳۱

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۳

پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۵۰ جمعیت کره زمین به حدود ۱۰ میلیارد نفر برسد (Aloo et al., 2020). افزایش نگرانی‌ها نسبت به دسترسی به منابع غذایی ایمن و پایدار، پیامدی مستقیم از رشد سریع جمعیت جهانی است (Siddiqui et al., 2023). صنعت دامپروری در تأمین منابع پروتئینی با منشأ حیوانی، در نیازهای غذایی انسان نقش مهمی ایفا می‌کند. یکی از مهم‌ترین عوامل در تولید دام، تغذیه است (Alipour et al., 2018). با توجه به اینکه بخش قابل‌توجهی از اراضی ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، شناسایی و بهره‌برداری از گیاهانی که توانایی رشد در این شرایط اقلیمی را داشته باشند و بتوانند بخشی از نیاز تغذیه‌ای دام را تأمین کنند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Mahdavi & Nashli, 2020).

گیاه کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* از خانواده تاج‌خروسیان (Amaranthaceae) می‌باشد. این گیاه با قدمتی بیش از ۵۰۰۰ سال، بومی منطقه آند در بولیوی، شیلی و پرو و شبه غلات است (Farokhi et al., 2021; Ghavipanjeh et al., 2018). کینوا یکی از نمونه‌های گیاهان شورپسند است. این گیاه علفی و یک‌ساله بوده و ارتفاع آن بین ۰/۲ تا ۳ متر متغیر است. کینوا نسبت به شوری، خشکی و سرما مقاومت بالایی دارد و قابلیت رشد در خاک‌های حاشیه‌ای را نیز داراست. با توجه به ارزش تغذیه‌ای بالا، کینوا نه تنها به‌عنوان منبع غذایی انسان بلکه در جیره غذایی دام کاربرد دارد، چرا که دانه‌های آن سرشار از پروتئین با تمام اسیدهای آمینه ضروری، فاقد گلوتن و حاوی مقادیر قابل‌توجهی از عناصر معدنی و ترکیبات زیست‌فعال نظیر فلاونوئیدها هستند (Ebeid et al., 2022). علاوه بر این، فرایند جوانه‌زنی موجب افزایش میزان کاروتنوئیدها، ترکیبات فنولی، منیزیم، فلاونوئیدها و ویتامین‌های A، B، C و E در دانه کینوا می‌شود (Le et al., 2021).

تحقیقات درباره‌ی کینوا مخصوصاً در زمینه تغذیه دام بر روی آن بسیار کم و محدود است. کینوا، به‌عنوان غذای گیاهی حدود ۱۸/۶ درصد پروتئین خام و اسیدهای چرب مؤثری نظیر اولئیک، آراشیک، لینولئیک و پالمیک دارد (Ebeid et al., 2022). این گیاه منبع علوفه‌ای غیرمعتارفی برای نشوآرکنندگان محسوب می‌شود (Yacout et al., 2022).

(Ebeid et al., 2022) و ژنوتیپ‌های برتر آن پتانسیل بالایی در رفع کمبود علوفه در کشورهایی مانند چین دارند (Shah et al., 2020). دانه‌های کینوا نسبت به سایر غلات از محتوای بالاتر پروتئین و توزیع مطلوب‌تری از اسیدهای آمینه ضروری برخوردارند (Angeli et al., 2020). ساقه‌ی کینوا به‌عنوان منبع تولید انرژی با انرژی معادل ۱۸/۲۷ مگاژول بر کیلوگرم قابل استفاده است (Filik, 2020). بقایای زراعی این گیاه نیز توانایی جایگزینی بخشی از منابع علوفه‌ای دام را دارند (Ghavipanjeh et al., 2021). کینوا به‌صورت طبیعی فاقد گلوتن است (پیروتی و همکاران، ۱۳۹۹)، که گزینه‌ای مناسب برای رژیم غذایی بیماران مبتلا به سلیاک است (Baskaya-Sezer, 2025). کینوا در مقایسه با سایر غلات و شبه‌غلات دارای محتوای بالاتری از ترکیبات فنولی است که فراوان‌ترین آن‌ها اسید فرولیک و کورستین می‌باشند (Poursalehi et al., 2021). همچنین، استفاده از دانه کینوا فراوری‌شده و مکمل‌شده با آنزیم، به بهبود عملکرد تولید، کیفیت تخم‌مرغ، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و وضعیت روده در بلدرچین‌های تخم‌گذار منجر شده است (Kamgar et al., 2024) و عصاره آن نیز در بهبود شاخص‌های بیماری کبد چرب در همستر مؤثر بوده است (Ebad Sichani et al., 2022). کینوا دارای ترکیبات ضد دیابت است و مصرف آن در رژیم غذایی موش‌های تغذیه‌شده با فروکتوز بالا، به‌طور معناداری موجب کاهش قند خون، کلسترول تام، لیپوپروتئین با چگالی کم، تری‌گلیسیرید و پروتئین تام پلاسما شد. (Ren et al., 2023).

کینوا می‌تواند به دلیل مقاومت بالا به تنش‌های خشکی، تولید دانه در دامنه‌ای از شوری که گندم و جو یا سایر گندمیان قادر به تولید نیستند، تطابق‌پذیری به اقلیم‌های مختلف و ارزش غذایی بالا، گیاه مناسبی برای استفاده از منابع آب و خاک بسیار شور باشد. هدف اصلی این پژوهش تعیین ارزش غذایی دانه کینوا به روش‌های آزمایشگاهی (آزمون تولید گاز و روش آزمایشگاهی تیلی و تری) و روش کبسه‌های نایلونی به جهت شناسایی ویژگی‌های شیمیایی، قابلیت هضم، ترکیبات مغذی ارزیابی پتانسیل بهره‌گیری از آن در تغذیه دام بود تا بر اساس اطلاعات آن بتوان برای جیره نویسی دقیق و علمی جهت حصول به حداکثر رساندن راندمان تولیدی در دام‌ها استفاده کرد.

مواد و روش کار

کشت گیاه کینوا از یک مرتع در روستای محمدآباد واقع در شهرستان گرمسار که طول و عرض جغرافیایی آن به ترتیب ۳۵.۲۱۴۸۸۴۳ و ۵۲.۴۲۲۵۰۹۱ بود، انجام شد. تمامی نمونه‌ها متعلق به یک ژنوتیپ بودند. ۵ ماه پس از کشت نمونه‌برداری به صورت پرتاب تصادفی کارد انجام شد و در طول این مدت زمین ذکر شده دوبار دیسک و و یک بار شخم عمیق خورد. قبل از کشت از کود شیمیایی استفاده نشد و طی این مدت زمین در چهار نوبت آب‌دهی شد.

پس از شناسایی جنس و گونه گیاهان توسط گیاه‌شناس، کلیه نمونه‌ها در معرض نور خورشید خشک شده و با ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردیدند. در ادامه، درصد نسبی هر گونه در ترکیب کل نمونه‌ها محاسبه شد. سپس نمونه‌ها در آون (مدل Memmert UF55 ساخت کشور آلمان) خشک، آسیاب و پس از همگن‌سازی، سه نمونه نماینده استخراج گردید. بر روی این نمونه‌ها آزمون‌هایی نظیر تجزیه تقریبی (AOAC, 2000)، سنجش عنصر معدنی فسفر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی^۱ مدل Genway 630 ساخت کشور انگلستان و عناصر معدنی کلسیم، منیزیم، پتاسیم، آهن، منگنز، مس، روی و سدیم از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی مدل GBC 932 AB plus ساخت کشور استرالیا، تعیین اجزای الیافی با استفاده از محلول‌های شوینده (Van Soest et al., 1991)، ارزیابی قابلیت هضم به روش برون‌تنی (Tilley and Terry, 1963) و تعیین تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام از طریق روش کیسه نایلونی با استفاده از پنج رأس گاو تالشی نر بالغ اخته ۴ ساله که در سطح نگهداری تغذیه می‌شدند و دارای فیستولای شکمبه‌ای بودند، انجام گرفت (AFRC, 1992). به‌منظور انجام آزمون کیسه‌های نایلونی، دانه‌های کینوا به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. نمونه‌های خشک‌شده با آسیاب مخصوص به‌گونه‌ای پودر شدند که قطر ذرات در محدوده ۱ تا ۲ میلی‌متر و به‌طور کامل یکنواخت و همگن باشد. در ادامه، نمونه‌ها توسط الک با منافذ ۴۰ میکرون الک شده تا ذرات ریزتر از این اندازه حذف گردند. مقدار ۴ گرم از هر نمونه درون کیسه‌های نایلونی قرار داده شده و درب آن‌ها به‌وسیله دستگاه دوخت

به‌طور کامل بسته شد. آزمایش در دو تکرار در زمان‌های ۰، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت انجام گرفت. پس از اتمام هر بازه زمانی، کیسه‌های حاوی خوراک تخمیرشده از شکمبه خارج شده و بلافاصله در آب سرد قرار گرفتند. به‌منظور تعیین میزان افت ناشی از شستشو، یا به‌عبارت دقیق‌تر محاسبه مقدار ترکیبات محلول در آب (مواد خوراکی با اندازه کمتر از ۵۰ میکرومتر)، کیسه‌ها پس از توزین به مدت ۵۰ تا ۶۰ دقیقه در آب ولرم و سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰ دور در دقیقه در ماشین لباس‌شویی و با آب سرد شسته شدند. در نهایت، کیسه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتوری با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از آن، به‌مدت ۴۸ ساعت در شرایط دمای محیط آزمایشگاه نگهداری شدند. آزمون تولید گاز با بهره‌گیری از دستگاه نیمه‌اتوماتیک مدل Binder-WT 87532 ساخت کشور آلمان و و دستگاه تمام‌اتوماتیک تخمیر و تولید گاز مدل GP-102 تولید شرکت گل‌پونه اصفهان، بر اساس روش پیشنهادی (Menke and Staingass, 1988) انجام گرفت. در این روش، مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از ماده خشک نمونه خوراکی به همراه شیرابه شکمبه و بزاق مصنوعی (بافر) در سرنگ‌های شیشه‌ای ۱۰۰ میلی‌لیتری قرار داده شد. تخمیر نمونه‌ها در دمای ثابت ۳۹ درجه سانتی‌گراد و با سرعت چرخش یک دور در دقیقه صورت گرفت. اندازه‌گیری حجم گاز تولیدشده در زمان‌های ۰، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت انجام شد. برای هر بازه زمانی، از چهار سرنگ تکرار استفاده گردید.

آنالیز آماری

تمامی داده‌ها ابتدا در صفحه گسترده اکسل وارد و برای آنالیزهای بعدی مورد استفاده قرار گرفت. جهت محاسبه همبستگی ساده بین داده‌های تولید گاز و تجزیه‌پذیری به روش کیسه‌های نایلونی از نرم افزار SAS ورژن ۹/۱ (۲۰۰۷) و Degra ورژن ۲/۱ در قالب یک طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. برای محاسبه فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری در آزمون‌های تولید گاز و روش کیسه‌های نایلونی از نرم افزار fitcurve استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون *t. student* صورت گرفت. از مدل آماری ارسکوف که در ذیل اشاره شده، در این پژوهش استفاده گردید.

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

^۱-Atomic Absorption Spectrophotometer

نتایج

نتایج مربوط به آنالیز تجزیه تقریبی، ترکیبات الیافی، محتوای انرژی و غلظت عناصر معدنی پرنیاز و کم نیاز دانه کینوا و مقایسه آن با دانه گندم در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس یافته‌ها، دانه کینوا از نظر میزان پروتئین خام، الیاف خام، خاکستر خام، چربی خام و انرژی خام، نسبت به دانه گندم از مقادیر بالاتری برخوردار بوده است. با این حال،

مقادیر دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF) و دیواره سلولی کامل (NDF) در بذر کینوا نسبت به گندم کمتر گزارش گردید. بر اساس داده‌ها بذر کینوا از نظر میزان عناصر معدنی کلسیم، پتاسیم و سدیم، نسبت به دانه گندم مقادیر بالاتری را نشان داده است. با این حال، در سایر شاخص‌های معدنی مورد بررسی، دانه گندم از ارجحیت بیشتری برخوردار بوده است.

جدول ۱- آنالیز تجزیه تقریبی، انرژی، الیاف و غلظت عناصر معدنی پرنیاز و کم نیاز دانه کینوا و مقایسه آن با دانه گندم (برحسب ماده خشک)

پارامتر	کینوا	گندم
نوع بذر		
ماده خشک (%)	۹۷/۸۷ ^a	۹۲/۹۶ ^b
پروتئین خام (%)	۱۶/۶۶ ^a	۱۳/۲۹ ^b
الیاف خام (%)	۴/۲ ^a	۳/۳۷ ^b
NDF (%) ^۱	۵/۰ ^b	۱۷/۰۵ ^a
ADF (%) ^۲	۱/۲ ^b	۵/۷۳ ^a
خاکستر خام (%)	۴/۶ ^a	۲/۰۸ ^b
چربی خام (%)	۴/۹ ^a	۱/۴۷ ^b
انرژی خام (Cal/gr)	۴۴۱۹/۰۶	۴۲۲۵
کلسیم (Ca) (%)	۰/۲۷ ^a	۰/۱۴ ^b
فسفر (P) (%)	۰/۰۲۵ ^b	۰/۳۵ ^a
منیزیم (Mg) (%)	۰/۱۴ ^a	۰/۲ ^b
پتاسیم (K) (%)	۱/۱۳ ^a	۰/۷۸ ^b
آهن (Fe) (mg/kg)	۱۱۶/۷ ^b	۱۸۲/۴ ^a
منگنز (Mn) (mg/kg)	۳۴/۳ ^b	۴۱/۵۱ ^a
مس (Cu) (mg/kg)	۶/۶ ^b	۸/۷ ^a
روی (Zn) (mg/kg)	۸/۵ ^b	۴۳/۱۸ ^a
سدیم (Na) (mg/kg)	۰/۳۳ ^a	۰/۰۱ ^b

۱. الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ۲. الیاف نامحلول در شوینده اسیدی

بررسی ترکیب شیمیایی بذر کینوا (جدول ۱) نشان داد که میزان ماده خشک آن کمتر از گندم و بیشتر از جو است (Mahdavi, 2002). پروتئین خام بذر کینوا نسبت به گندم (۱۳/۲۹٪) (NRC, 1989) و جو (۱۱/۳٪)

(Taghizadeh et al., 2001) بیشتر بوده و به‌تنهایی قادر به تأمین نیاز پروتئینی گوسفند سنگسری می‌باشد. همچنین، اجزای دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز در بذر کینوا کمتر از گندم و جو بوده و در مقابل،

انرژی و چربی خام آن بیشتر است. میزان الیاف خام کینوا در حد واسط گندم و جو قرار داشت. خاکستر خام بذر کینوا بسیار بالا گزارش شد که ناشی از نمک‌دوستی گیاه و تجمع نمک در بذر آن است (Wang et al., 2023). اگرچه غلات مرسوم (گندم و جو) مقادیر بیشتری از عناصر فسفر، منیزیم، آهن، مس و روی داشتند، اما کینوا از نظر کلسیم، پتاسیم و سدیم غنی‌تر بود. مقدار منگنز آن نیز بین گندم و جو قرار داشت. این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از نوع گونه، سن گیاه، مرحله رشد، شرایط اقلیمی و خاک باشد (McDonald et al., 1995). از میان ترکیبات، پروتئین

خام و ADF بهترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت دانه‌اند؛ به‌طوری‌که ADF پایین‌تر نشان‌دهنده کیفیت بالاتر است (Linn & Martin, 1999). با رشد گیاه، اجزای ساختمانی مانند سلولز و همی‌سلولز افزایش یافته و پروتئین کاهش می‌یابد، لذا رابطه‌ای معکوس بین میزان پروتئین و الیاف خام برقرار است (Raofi & Giti, 2021). داده‌های مربوط به تولید گاز حاصل از تخمیر گیاه کینوا در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون در جدول ۲ گزارش شده است.

جدول ۲- گاز تولیدی حاصل از تخمیر بذر کینوا و دانه گندم در ساعات مختلف انکوباسیون

زمان	۲	۴	۶	۸	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲	۹۶	a	c
نوع بذر											
کینوا	۴/۷۱ ^b	۱۰/۳۷ ^a	۱۷/۶۱ ^b	۳۷/۰۴ ^b	۴۲/۹۲ ^b	۶۰/۲۱ ^b	۶۹/۸۱ ^b	۷۳/۲۶ ^b	۷۴/۶۸ ^b	۷۵/۲۷ ^b	۰/۰۵۸۳
گندم	۶/۰۳ ^a	۱۲/۳۷ ^a	۲۰/۲۶ ^a	۳۶/۲۳ ^a	۶۲/۶۸ ^a	۸۱/۳۸ ^a	۹۰/۶۱ ^a	۹۰/۶۱ ^a	۹۰/۶۱ ^a	۹۳/۵۶ ^a	۰/۰۶۶۶
SEM	۰/۰۲۲	۰/۰۱۴	۰/۰۲۰	۰/۰۴۳	۱/۸	۱/۷۷	۱/۸۵	۰/۹۸۳	۱/۰۵	۱/۷	۰/۰۰۹

a: گاز تولید شده بخش مواد محلول و سریع تخمیر شونده (میلی‌لیتر)، c: ثابت نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت)

نتایج حاصل از آزمایش تولید گاز نشان داد که در ساعت ۹۶، بذر کینوا ۷۴/۶۸ میلی‌لیتر گاز تولید کرد که کمتر از غلات مرسوم بود. در ساعت ۲۴، سهم گاز تولیدی بذر کینوا حدود ۸۱٪ کل بود، در حالی‌که این میزان برای دانه گندم ۹۰٪ گزارش شد. این تفاوت ممکن است به علت اختلاف در مقدار فیبر نامحلول قابل تخمیر (NDF) باشد و با کاهش CF، بخش محلول a افزایش می‌یابد (Valizadeh et al., 2010). همچنین، کمبود پروتئین خام می‌تواند عامل کاهش فعالیت میکروبی شکمبه و در نتیجه کاهش تولید گاز باشد؛ ارتباط مثبت بین پروتئین خام

و تولید گاز قبلاً نیز گزارش شده است (Yousefollahi et al., 2012). به‌طور کلی، ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی خوراک مهم‌ترین عوامل موثر بر میزان گاز تولیدی هستند، اگرچه تغییرات فعالیت میکروبی شکمبه نیز می‌تواند نرخ تخمیر را تحت تأثیر قرار دهد (Menke & Steingass, 1988). عواملی چون زمان برداشت، ترکیب کربوهیدرات‌ها، منبع و زمان جمع‌آوری مایع شکمبه و جیره دام می‌توانند در نتایج مؤثر باشند (Taghizadeh et al., 2012). فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری دانه کینوا در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- فراسنجه‌های گاز تولیدی بذر کینوا محاسبه‌شده توسط مدل‌نمایی ارسکوف (با استفاده از نرم‌افزار fitcurve)، برآورد انرژی متابولیسمی، قابلیت هضم ماده‌آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر با استفاده از داده‌های آزمون تولید گاز

زمان	a	c	OMD	Gas 24	ME(MCal/kg DM)	ME(MJ/kg DM)	SCFA
نوع بذر							
کینوا	۷۵/۲۷ ^b	۰/۰۵۸ ^b	۸۷/۶۸ ^b	۶۰/۲۱ ^b	۲/۷۰ ^a	۱۱/۳۳ ^b	۱/۳۳ ^b
گندم	۹۳/۵۶ ^a	۰/۰۷۴ ^a	۹۳/۵۷ ^a	۸۱/۳۷ ^a	۳/۴۲ ^b	۱۴/۳۵ ^a	۱/۸۰ ^a
SEM	۱/۸	۰/۰۰۱	۰/۳۹	۱/۹	۰/۰۳۱	۰/۲۲	۰/۰۳۳

a: گاز تولید شده بخش مواد محلول و سریع تخمیر شونده (میلی‌لیتر)، c: ثابت نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت)، ME: انرژی قابل متابولیسم، SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، GP: گاز تولید شده حاصل از انکوباسیون، CP: پروتئین خام

انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر از روابط زیر محاسبه شدند:

$$ME(\text{mj/kg DM}) = 2.20 + 0.136 \times GP + 0.057 \times CP \quad (1998 \text{ استیونگس})$$

$$SCFA(\text{mmol}) = 0.0222(GP_{24}) - 0.00425 \quad ((\text{Getachew et al., 2002}) \text{ همکاران و گناچیو})$$

اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر بذر کینوا نیز کمتر از گندم بود. میزان ماده خشک قابل هضم، ماده آلی قابل هضم و ماده آلی قابل هضم در ماده خشک در جدول ۴ نشان داده شده است. مقادیر ماده خشک قابل هضم، ماده آلی قابل هضم و ماده آلی قابل هضم در ماده خشک بذر کینوا به ترتیب ۸۳/۶۵، ۸۷/۶۸ و ۸۷/۳۷ درصد برآورد شد.

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری کینوا نشان دادند که میزان گاز در بخش محلول (a) برابر ۷۵/۲۷ و نرخ تولید گاز (c) معادل ۰/۵۸۳ میلی‌لیتر بر ساعت است (Swenson et al., 1996). بذر کینوا دارای انرژی متابولیسمی و ماده آلی قابل هضم کمتری نسبت به گندم بود، اما از گیاهان شورپسند منطقه سیستان (سیاه شور ۳۷/۴۷، شوران ۳۴/۴۸) مقادیر بیشتری داشت (Yousefollahi et al., 2012).

جدول ۴- قابلیت هضم ماده خشک^۱ (DMD)، ماده آلی^۲ (OMD) و ماده خشک^۳ (DOMD) بذر کینوا به روش آزمایشگاهی (In Situ)

پارامتر	DMD(%)	OMD(%)	DOMD(%)
کینوا	۸۳/۶۵ ^b	۸۷/۶۸ ^b	۸۷/۳۷ ^b
گندم	۹۳/۴۷ ^a	۹۲/۵۷ ^a	۹۱/۵۲ ^a
SEM	۰/۸۲	۰/۳۱	۰/۴۱

1- Dry Matter Digestibility, 2- Organic Matter Digestibility, 3- Digestible Organic Matter in Dry Matter

میکروبی شکمه است. چرا که در سطوح بالای انرژی تراکم باکتری و پروتوزوا در هر میلی‌لیتر مایع شکمه بالا می‌باشد. تفاوت‌های مشاهده‌شده در قابلیت هضم خوراک‌ها می‌تواند به عواملی مانند گونه گیاهی، شرایط محیطی، واریته، نوع دام، سطح تغذیه، اندازه ذرات و ترکیب جیره وابسته باشد (Taghizadeh et al., 2001).

در نشخوارکنندگان، بخشی از پروتئین خوراک در شکمه توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و به تولید پروتئین میکروبی اختصاص می‌یابد؛ لذا ارزیابی تجزیه‌پذیری پروتئین از اهمیت بالایی برخوردار است (Roosbehan, 1998). میانگین ناپدیدشدن ماده خشک و پروتئین خام بذر کینوا (جدول ۵) نشان داد که با افزایش زمان انکوباسیون، میزان تجزیه‌پذیری افزایش می‌یابد. در ساعت ۹۶، ناپدیدشدن ماده خشک به ۹۳/۷۳٪ و در ساعت صفر (نشانگر بخش محلول یا a) به ۹/۷٪ رسید. تجزیه‌پذیری در ساعت ۲۴ (بخش سهل‌الهضم) ۴۵/۵٪ بود و در ساعت‌های

داده‌های گزارش‌شده میزان ماده خشک قابل هضم، ماده آلی قابل هضم و ماده آلی قابل هضم در ماده خشک برای دانه گندم در (NRC 1989) که به ترتیب ۹۳/۴۷، ۹۲/۵۷ و ۹۱/۵۲ درصد می‌باشند، که بیشتر از دانه کینوا بود. ترکیبات شیمیایی، به‌ویژه درصد ماده آلی و الیاف، نقش تعیین‌کننده‌ای در قابلیت هضم خوراک دارند. با وجود آنکه فیبرهای غیرقابل هضم دانه کینوا نسبت به گندم و جو کمتر است، ولی سطح پایین‌تر انرژی متابولیسمی ممکن است موجب کاهش قابلیت هضم آن شود. ارزیابی صحت روش‌های آزمایشگاهی مستلزم همبستگی بالا با داده‌های حاصل از حیوان زنده است. در این زمینه، ضریب همبستگی بین روش‌های آزمایشگاهی و زنده برای گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۶ گزارش شده است (Orskov, 1991). همچنین، تجزیه‌پذیری دانه غلات بیشتر از یونجه است که علت آن، پایین بودن فیبر خام و فراهمی بیشتر انرژی قابل دسترس برای جمعیت

۴۸ و ۹۶ به ترتیب به ۷۴/۹۶ و ۹۳/۷۳٪ رسید که این روند با مطالعات پیشین همخوانی دارد (Turgut et al., 2008; Valizadeh et al., 2010; Yousefollahi et al., 2012; Tahmazi et al., 2014; Najafi et al., 2014). اختلاف در ناپدیدشده ماده خشک دانه گندم و جو میتواند ناشی از اختلاف واریته‌ای، مرفولوژیکی مانند اندازه فولیکول نشاسته و ترکیبات شیمیایی محتویات داخل سلولی مانند پروتئین و کربوهیدرات‌های ساختمانی باشد. تجزیه‌پذیری رو به افزایش ماده خشک در ساعات مخلف انکوباسیون شکمبه‌ای میتواند به علت تغییر غلظت باکتری‌های شکمبه در طول مدت تغذیه باشد. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش مدت زمان انکوباسیون، میزان ناپدیدشدن پروتئین خام در شکمبه افزایش می‌یابد که با نتایج پژوهش‌های تقی زاده و همکاران (۲۰۱۲)، مهدوی (۲۰۰۲) و طهمری و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد.

تجزیه‌پذیری پروتئین خام، عامل کلیدی در تأمین نیتروژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌های شکمبه است. تفاوت در میزان ناپدید شدن ماده خشک گندم و جو، می‌تواند ناشی از تفاوت‌های واریته‌ای، ساختاری و ترکیب شیمیایی باشد. مطابق با پژوهش مکدونالد (۱۹۹۵) پروتئین دانه ذرت نسبت به دانه جو محلولیت بالایی دارد در صورتی که درصد تجزیه‌پذیری پتانسیلی دانه جو بالاتر از دانه ذرت قرار دارد، که علت آن درصد بالای الیاف خام و لیگنین می‌باشد. همچنین نسبت بالای چربی خام، تجزیه‌پذیری را افزایش می‌دهد. زیرا چربی خام با ایجاد پوشش روی باکتری‌های سلولایتیک، مانع دسترسی آنزیم‌های پروتئولیتیک به دیواره سلولی شده و باعث کاهش رشد میکروبی و تولید اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر می‌شود (Hawkins et al., 1985; Palmquist et al., 1980).

جدول ۵- تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام بذر کینوا در ساعات مختلف تجزیه شکمبه‌ای به روش کیسه‌های نایلونی

زمان	۰	۴	۸	۱۶	۲۴	۴۸	۷۲	۹۶
تجزیه پذیری ماده خشک	۹/۷ ^b	۱۳/۷ ^b	۱۵/۶ ^b	۲۴/۷ ^b	۴۵/۵ ^b	۷۶/۹۶ ^a	۹۱ ^a	۹۳/۷۳ ^a
تجزیه پذیری پروتئین	۲۷/۸ ^a	۳۵/۱ ^a	۴۰/۷ ^a	۵۵/۱ ^a	۶۰/۱ ^a	۶۵/۵ ^b	۶۸/۹ ^b	۷۲/۶ ^b
SEM	۱/۹	۲/۶	۲/۹	۳/۲	۱/۸	۰/۹۴	۲/۵	۲/۲

مقادیر تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام دانه کینوا در جدول ۶ ارائه شده است. پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه، به عنوان شاخص نیاز میکروارگانیسم‌ها به ازت، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\times \text{پروتئین خام} = P \text{ پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه} \\ [0/8a + bc \div (c + r)]$$

که در آن a، b و c به ترتیب بیانگر بخش سریع تجزیه شونده، بخش کند تجزیه شونده و نرخ تجزیه پذیری هستند و r نرخ عبور مواد از شکمبه و ۰/۸ بازدهی جذب ازت از بخش به سهولت قابل تجزیه می‌باشد.

جدول ۶- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام بذر کینوا (فیت شده توسط نرم افزار fitcurve)

پارامتر	a	b	c	P(0.02)	P(0.05)	P(0.08)
ماده خشک	۲۵/۴۶ ^b	۵۳/۱۴ ^a	۰/۳۵۲ ^a	۴۶/۲۳ ^b	۳۶/۵۷ ^b	۳۱/۹۸ ^b
پروتئین خام	۳۱/۷۳ ^a	۴۵/۲۲ ^b	۰/۳۱۷ ^b	۵۹/۲۳ ^a	۵۰/۱۴ ^a	۴۵/۱۱ ^a
SEM	۰/۵	۰/۴۲	۰/۰۰۳	۱/۱	۰/۹۸	۱/۰۵

a: بخش با تجزیه سریع (%), b: بخش با تجزیه کند (گرم در کیلوگرم)، c: نرخ تجزیه پذیری (درصد در ساعت)

بررسی ترکیب شیمیایی بذر کینوا (جدول ۱) نشان داد که میزان ماده خشک آن کمتر از گندم و بیشتر از جو است (Mahdavi, 2002). پروتئین خام بذر کینوا نسبت به گندم (۱۳/۲۹٪) (NRC, 1989) و جو (۱۱/۳٪) (Taghizadeh et al., 2001) بیشتر بوده و به‌تنهایی قادر به تأمین نیاز پروتئینی گوسفند سنگسری می‌باشد. همچنین، اجزای دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز در بذر کینوا کمتر از گندم و جو بوده و در مقابل، انرژی و چربی خام آن بیشتر است. میزان الیاف خام کینوا در حد واسط گندم و جو قرار داشت. خاکستر خام بذر کینوا بسیار بالا گزارش شد که ناشی از نمک‌دوستی گیاه و تجمع نمک در بذر آن است (Wang et al., 2023). اگرچه غلات مرسوم (گندم و جو) مقادیر بیشتری از عناصر فسفر، منیزیم، آهن، مس و روی داشتند، اما کینوا از نظر کلسیم، پتاسیم و سدیم غنی‌تر بود. مقدار منگنز آن نیز بین گندم و جو قرار داشت. این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از نوع گونه، سن گیاه، مرحله رشد، شرایط اقلیمی و خاک باشد (McDonald et al., 1995). از میان ترکیبات، پروتئین خام و ADF بهترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت دانه‌اند؛ به‌طوری‌که ADF پایین‌تر نشان‌دهنده کیفیت بالاتر است (Linn & Martin, 1999). با رشد گیاه، اجزای ساختمانی مانند سلولز و همی سلولز افزایش یافته و پروتئین کاهش می‌یابد، لذا رابطه‌ای معکوس بین میزان پروتئین و الیاف خام برقرار است (Raofi & Giti, 2021). گاز تولیدی بذر کینوا در ساعت ۲۴ و ۹۶ کمتر از گندم بود که این تفاوت ممکن است به علت اختلاف در مقدار فیبر نامحلول قابل تخمیر (NDF) باشد و با کاهش CF، بخش محلول a افزایش می‌یابد (Valizadeh et al., 2010). همچنین، کمبود پروتئین خام می‌تواند عامل کاهش فعالیت میکروبی شکمبه و در نتیجه کاهش تولید گاز باشد؛ ارتباط مثبت بین پروتئین خام و تولید گاز قبلاً نیز گزارش شده است (Yousefollahi et al., 2012). به‌طور کلی، ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی خوراک مهم‌ترین عوامل موثر بر میزان گاز تولیدی هستند، اگرچه تغییرات فعالیت میکروبی شکمبه نیز می‌تواند نرخ تخمیر را تحت

تأثیر قرار دهد (Menke & Steingass, 1988). عواملی چون زمان برداشت، ترکیب کربوهیدرات‌ها، منبع و زمان جمع‌آوری مایع شکمبه و جیره دام می‌توانند در نتایج مؤثر باشند (Taghizadeh et al., 2012).

بذر کینوا دارای انرژی متابولیسمی و ماده آلی قابل هضم کمتری نسبت به گندم بود، اما از گیاهان شورپسند منطقه سیستان (سیاه شور ۳۷/۴۷، شوران ۳۴/۴۸) مقادیر بیشتری داشت (Yousefollahi et al., 2012). اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر بذر کینوا نیز کمتر از گندم بود.

داده‌های گزارش‌شده میزان ماده خشک قابل هضم، ماده آلی قابل هضم و ماده آلی قابل هضم در ماده خشک برای دانه گندم در NRC (۱۹۸۹) که به ترتیب ۹۳/۴۷، ۹۲/۵۷ و ۹۱/۵۲ درصد می‌باشند، که بیشتر از دانه کینوا بود. ترکیبات شیمیایی، به‌ویژه درصد ماده آلی و الیاف، نقش تعیین‌کننده‌ای در قابلیت هضم خوراک دارند. با وجود آنکه فیبرهای غیرقابل هضم دانه کینوا نسبت به گندم و جو کمتر است، ولی سطح پایین‌تر انرژی متابولیسمی ممکن است موجب کاهش قابلیت هضم آن شود. ارزیابی صحت روش‌های آزمایشگاهی مستلزم همبستگی بالا با داده‌های حاصل از حیوان زنده است. در این زمینه، ضریب همبستگی بین روش‌های آزمایشگاهی و زنده برای گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۶ گزارش شده است (Orskov, 1991). همچنین، تجزیه‌پذیری دانه غلات بیشتر از یونجه است که علت آن، پایین بودن فیبر خام و فراهمی بیشتر انرژی قابل دسترس برای جمعیت میکروبی شکمبه است. چرا که در سطوح بالای انرژی تراکم باکتری و پروتوزوا در هر میلی‌لیتر مایع شکمبه بالا می‌باشد. تفاوت‌های مشاهده‌شده در قابلیت هضم خوراک‌ها می‌تواند به عواملی مانند گونه گیاهی، شرایط محیطی، واریته، نوع دام، سطح تغذیه، اندازه ذرات و ترکیب جیره وابسته باشد (Taghizadeh et al., 2001).

در نشخوارکنندگان، بخشی از پروتئین خوراک در شکمبه توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و به تولید پروتئین میکروبی اختصاص می‌یابد؛ لذا ارزیابی تجزیه‌پذیری پروتئین از اهمیت بالایی برخوردار است (Roosbehan, 1998). در ساعت ۹۶، ناپدیدشدن ماده خشک به ۹۳/۷۳٪

و در ساعت صفر (نشانگر بخش محلول یا a) به ۹/۷٪ رسید. تجزیه پذیری در ساعت ۲۴ (بخش سهل الهضم) ۴۵/۵٪ بود و در ساعت های ۴۸ و ۹۶ به ترتیب به ۷۴/۹۶ و ۹۳/۷۳٪ رسید که این روند با مطالعات پیشین همخوانی دارد (Turgut et al., 2008; Valizadeh et al., 2010; Yousefollahi et al., 2012; Tahmazi et al., 2014; Najafi et al., 2014). اختلاف ناپدید شده ماده خشک دانه گندم و جو می تواند ناشی از اختلاف واریته ای، مرفولوژیکی مانند اندازه فولیکول نشاسته و ترکیبات شیمیایی محتویات داخل سلولی مانند پروتئین و کربوهیدرات های ساختمانی باشد. تجزیه پذیری رو به افزایش ماده خشک در ساعات مخلف انکوباسیون شکمبه ای می تواند به علت تغییر غلظت باکتری های شکمبه در طول مدت تغذیه باشد. همانطور که مشاهده می شود با افزایش مدت زمان انکوباسیون، میزان ناپدید شدن پروتئین خام در شکمبه افزایش می یابد که با نتایج پژوهش های تقی زاده و همکاران (۲۰۱۲)، مهدوی (۲۰۰۲) و طهمری و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. تجزیه پذیری پروتئین خام، عامل کلیدی در تأمین نیتروژن مورد نیاز میکروارگانیسم های شکمبه است. تفاوت در میزان ناپدید شدن ماده خشک گندم و جو، می تواند ناشی از تفاوت های واریته ای، ساختاری و ترکیب شیمیایی باشد. مطابق با پژوهش مکدونالد (۱۹۹۵) پروتئین دانه ذرت نسبت به دانه جو محلولیت بالایی دارد در صورتی که درصد تجزیه پذیری پتانسیلی دانه جو بالاتر از دانه ذرت قرار دارد، که علت آن درصد بالای الیاف خام و لیگنین می باشد. همچنین نسبت بالای چربی خام، تجزیه پذیری را افزایش می دهد. زیرا چربی خام با ایجاد پوشش روی باکتری های سلولایتیک، مانع دسترسی آنزیم های پروتئولیتیک به دیواره سلولی شده و باعث کاهش رشد میکروبی و تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر می شود (Hawkins et al., 1985; Palmquist et al., 1980).

در $P = 0.05$ تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام دانه کینوا به ترتیب ۳۶/۵۷ و ۵۰/۱۴ درصد برآورد شد که بالاتر از مقادیر گزارش شده برای اروشیا (۰/۵۳ و ۰/۵۵) و آتریپلکس (۰/۶۳ و ۰/۶۴) می باشد (Riassi et al., 2003).

(2003). مطابق با پژوهش Orskov و همکاران (۱۹۷۹)، ضرایب تجزیه پذیری با میزان ماده خشک قابل هضم، مصرف خوراک و نرخ رشد حیوان ارتباط مستقیم دارد. در این مطالعه، مقادیر بخش سریع تجزیه (a) برای ماده خشک و پروتئین خام دانه کینوا به ترتیب ۲۵/۴۶ و ۳۱/۷۳ درصد، و مقادیر بخش کند تجزیه (b) به ترتیب ۵۳/۱۴ و ۴۲/۲۲ درصد گزارش شدند که بالاتر از مقادیر متناظر در گونه های کوشیا، اروشیا و آتریپلکس است (Valizadeh et al., 2010; Riassi et al., 2003). این تفاوت ها می توانند ناشی از ویژگی های فیزیکی گیاه مثل تنوع واریته ای، تنوع بخش های مختلف پروتئین به ویژه پروتئین غیر محلول در بافر، میزان دیواره سلولی، میزان دیواره سلولی بدون همی سلولز و میزان اجزای فیبری باشند؛ به گونه ای که افزایش اجزای فیبری موجب کاهش اجزای محلول و در نتیجه کاهش تجزیه پذیری می شود.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بذر کینوا با دارا بودن مقادیر بالاتر پروتئین خام، الیاف، چربی، خاکستر و انرژی خام نسبت به گندم، پتانسیل مناسبی برای استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان دارد. با وجود مقادیر پایین تر NDF و ADF، قابلیت هضم و تولید گاز آن نسبت به گندم پایین تر بود که ممکن است به انرژی متابولیسمی کمتر و نرخ تخمیر پایین تر مربوط باشد. تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام بذر کینوا نسبت به برخی گیاهان شورپسند و گونه های مرتعی بالاتر گزارش شد که بیانگر کیفیت پروتئینی مناسب آن در شکمبه است. همچنین مقادیر بالاتر عناصر معدنی مانند کلسیم، پتاسیم و سدیم می تواند مزیت تغذیه ای در شرایط کمبود این عناصر ایجاد کند. بنابراین، بذر کینوا می تواند به عنوان محصولی با ارزش در جیره دام به ویژه در شرایط اقلیمی خاص پیشنهاد گردد.

تشکر و قدر دانی

نویسندگان از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه سمنان و همچنین آزمایشگاه های دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان و موسسه تحقیقات علوم دامی کشور تشکر و قدر دانی می نمایند.

تعارض منافع

در این تحقیق هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

مشارکت های نویسندگان

پیشنهاد موضوع : علی مهدوی و بابک دارابی قانع

تهیه روش تحقیق : علی مهدوی، فاطمه ملک علائی، عطا

مهدوی

اجرا عملیات مزرعه ای: سینا محبوب ربانی و فاطمه ملک

علائی

آنالیزهای آزمایشگاهی : علی مهدوی، فاطمه ملک علائی،

عطا مهدوی

آنالیزهای آماری : سینا محبوب ربانی و بابک دارابی قانع

تهیه مقاله : علی مهدوی، فاطمه ملک علائی، عطا مهدوی،

بابک دارابی قانع، سینا محبوب ربانی

منابع مالی

معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه سمنان.

References

- Agricultural & Food Research Council. 1992. Technical Committee on Responses to Nutrients, Report no. 9, Nutritive requirements of ruminant animals: protein. Nutrition Abstracts and Reviews, Series B, Livest. Feeds and Feeding 62, 787
- Aloo, B. N., Tripathi, V., Makumba, B. A., & Mbega, E. R. (2022). Plant growth-promoting rhizobacterial biofertilizers for crop production: The past, present, and future. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1002448. doi: 10.3389/fpls.2022.1002448
- Alipour, F., Vakili, A., Danesh Mesgaran, M., & Ebrahimi, H. (2018). Determine of the nutritional value of Saffron petals using in vitro gas production technique. 8th Iranian Animal Science Congress. [Persian]
- Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Höninger, S., & Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the “golden grain” and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods*, 9(2), 216. doi: 10.3390/foods9020216
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists Washington DC.
- Baskaya-Sezer, D. (2025). Comparison of sprouting, airfryer-drying, and airfryer-baking effects on technical, physical, and chemical properties of quinoa flour and quinoa snack. *Journal of Food Science*, 90(1), e17656. doi: 10.1111/1750-3841.17656
- Ebad Sichani, M. R., Pourhadi, P., & Moghtadaiee Khorasgani, E. (2022). The Effect of Uinoa Extract on Non-Alcoholic Fatty Liver Indices In Hamsters. [Persian]
- Ebeid, H. M., Kholif, A. E., El-Bordeny, N., Chrenkova, M., Mlynekova, Z., & Hansen, H. H. (2022). Nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa*) as a feed for ruminants: in sacco degradability and in vitro gas production. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(23), 35241-35252. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18698-x>
- Farokhi, H. (2018). Antioxidative properties comparison of *Chenopodium quinoa* leaves and seeds â extract: in vitro study. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*, 25(3), 353-361. [Persian]
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117064>
- Ghavipanje, N., Fathi Nasari, M. H., Bashtani, M., & Farhangfar, H. (2021). Determination of chemical composition and estimate nutritional value of quinoa crop residues using nylon bag and gas production techniques. *Journal of Animal Production*, Print ISSN: 2008-6776., Online ISSN: 2382-994X, 23(1), 35-45. <https://doi.org/10.22059/jap.2020.293316.623473>. [Persian]
- Getachew, G., Crovetto, G.M., Fondevila, M., Krishnamoorthy, U., Singh, B., Spanghero, M., Steingass, H., Robinson, P.H. and Kailas, M.M. (2002). Laboratory variation of 24 h in vitro gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 102:169-180
- Hawkins. G.E., KA Cummins, M. Silverio, and J.J. Jelek. (1985). Physiological effects of whole ooton seed in the diet of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 68: 2608-2614.
- Kamgar, K., Ghazi, S., Sadeghi, A., & Abdolmohammadi, A. (2024). Effects of using raw and treated quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) on performance, egg quality traits, antioxidant status and intestinal morphology in laying quails. *Research Journal of Livestock Science*, 37(143), 31 - 44. [Persian]
- Le, L., Gong, X., An, Q., Xiang, D., Zou, L., Peng, L., Wu, X., Tan, M., Nie, Z., & Wu, Q. (2021). Quinoa sprouts as potential vegetable source: Nutrient composition and functional contents of different quinoa sprout varieties. *Food Chemistry*, 357, 129752. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129752>
- Linn, J.G., Martin, N.P. (1999). Forage Quality Tests and Interpretations.
- Mahdavi, A. (2002). Comparison between nylon bag (in situ) and gas production methods in the determination of feed nutritional value (Master's thesis, University of Tehran, Tehran, Iran). [Persian]
- Mahdavi, A., & Nourizadeh Nashli, B. (2020). Determination of nutritive value, invitro digestibility and degradationof north rangeland of Semnan province (Chashm) and comparison with local

- livestock requirements. *Journal of Veterinary Laboratory Research*, 12(1), 89-102. doi: 10.22075/jvlr.2020.17789.1022. [Persian]
- McDonald, P. R., Edwards, A. J., Greehalgh, F. D., Moryan, C. A. 1995. *Animal nutrition*, fifth ed. Longman, Singapore.
- Menke, KH., Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Resource Development*. 28, 7-55.
- Najafi, T., Dehghani, M., & Yousefollahi, M. (2014). D Determining of nutritive value of *Cressa cretica* plant in different phenological of growth stages with in vitro, in vivo and nylon bag methods in sisten. 2(45), 143-152.
- National Research Council. 1989. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6th Edition, National Academy of Sciences, Washington, DC.
- Orskov, E. R. (1991). Manipulation of fiber digestion in the rumen. *Proceeding of Nutrition Society*, 50, 187 - 196.
- Orskov, E. R., McDonald, P. (1979). The estimation of protein digestibility in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science Cambridge*. 92, 499-503.
- Pirouti, Sh., Faraji, A., & Naghipour, F. (2020). Evaluation of the synergistic effect of quinoa seed flour and whey protein as gluten substitutes in the production of Yazdi cake based on rice flour. *Innovation in Food Science and Technology*, 12(1), 47-62. doi: 10.30495/jfst.2020.665333. [Persian]
- Plamquist, D. L., Jenkins, T. C. (1980). Fat in lactation rations. Review. *Journal of Dairy Science*. 61: 890-900.
- Poursalehi, M., Zeynali, F., Alizadeh Khaledabad, M., & Almasi, H. (2021). Production of functional chicken sausage by quinoa flour and studying of physicochemical and textural properties. *Food Research Journal*, 31(3), 85-107. doi: 10.22034/FR.2021.40141.1742. [Persian]
- Raoofi, M., & Giti, S. (2021). Effect of Weed Interference on Yield, Nutritional Value and Some Morphological Characteristics of Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(3), 197-212. doi: 10.22034/saps.2021.43003.2582. [Persian]
- Ren, G., Teng, C., Fan, X., Guo, S., Zhao, G., Zhang, L., Liang, Z., & Qin, P. (2023). Nutrient composition, functional activity and industrial applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 410, 135290. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135290>
- Riassi, A., Danesh Mesgaran, M., Nasiri Moghadam, H., & Zamiri, M. (2003). Determination of chemical composition, degradability coefficients, rumen-intestinal disappearance ratio, and digestibility models of dry matter and crude protein of four halophyte species (*Kochia*, *Atriplex*, *Suaeda*, and *Tamarix*). *Journal of Agricultural Sciences and Industries*, 1(19), 100-111. [Persian]
- Roozbehan, Y. (1998). Determination of digestibility and degradability of some fibrous feedstuffs from Gilan province using in vitro and in sacco methods (Master's thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran). [Persian]
- Shah, S. S., Shi, L., Li, Z., Ren, G., Zhou, B., & Qin, P. (2020). Yield, agronomic and forage quality traits of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes in northeast China. *Agronomy*, 10(12), 1908. doi:10.3390/agronomy10121908
- Siddiqui, S. A., Erol, Z., Rugji, J., Taşçı, F., Kahraman, H. A., Toppi, V., Musa, L., Di Giacinto, G., Bahmid, N. A., & Mehdizadeh, M. (2023). An overview of fermentation in the food industry-looking back from a new perspective. *Bioresources and Bioprocessing*, 10(1), 85. <https://doi.org/10.1186/s40643-023-00702-y>
- Swenson, M. G., Reece, W. O. (1996). *Duckes physiology of domestic animals*. 11th ed. Cornell University Press. London.
- Taghizadeh, A., Shoja, J., Moghadam, G., Janmohammadi, H., & Yasan, P. (2001). Determination of dry matter and crude protein degradability of some fibrous and dense feedstuffs using in situ method in sheep. *Agricultural Science Journal*, 3(11), 93-100. [Persian]
- Taghizadeh, A., Janmohammadi, H., & Basharti, M. (2012). Determination of degradability and fermentation characteristics of some feedstuffs using nylon bag and laboratory methods. *Research in Animal Sciences*, 4(22), 1-16. [Persian]
- Tahmazi Y., Taghizadeh, A., Mehmannaavaz, Y., & Moghadam, M. (2014). Determining of Degradation and Digestion Coefficients of Canola meal Using of In situ and Gas production Techniques. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 4(6), 312-323. doi: 10.22067/ijasr.v6i4.23501. [Persian]
- Tilley, J. M. A., Terry, R. A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*. 18(2), 104-111.

- Turgut, L., Yanar, M., Tuzemen, N., Comakil, B. (2008). Effect of maturity on chemical composition in situ ruminal degradability kinetics of meadow hay in awassishee. *Journal of Animal & Veterinary Advances*, 7 (9), 1061- 1065.
- Valizadeh, R., Ghadami Koohestani, M., and Melati, F. (2010). Chemical Composition, In situ Degradability and In vitro Gas Production of Ephedra Plant (*Ephedra intermedia*). *Iranian Journal of Animal Science Research*, 2(3), 166-170. doi: 10.22067/ijasr.v3i2.11073. [Persian]
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*. 74, 3583 – 3597.
- Wang, N., Zhao, Z., Zhang, X., Liu, S., Zhang, K., & Hu, M. (2023). Plant growth, salt removal capacity, and forage nutritive value of the annual euhalophyte *Suaeda salsa* irrigated with saline water. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1040520. doi: 10.3389/fpls.2022.1040520
- Yacout, M., Salama, R., Elgzar, M., & Awad, A. (2021). In vivo and in vitro studies to evaluate nutritional value of *Chenopodium quinoa* as unconventional forage resource for feeding ruminants. *Archives of Agriculture Sciences Journal*, 4(2), 135-149. <https://dx.doi.org/10.21608/aasj.2021.212502>
- Yousefollahi, M., Peirovi, M., Mirzaei, H., & Chashnidel, Y. (2012). Evaluation of nutritional value of five halophytic plant species from Sistan region using in vitro gas production and in situ nylon bag techniques. *Research on Animal Production*, 9, 51–68. url: <http://rap.sanru.ac.ir/article-1-394-fa.html>. [Persian]