تولیدات دامی
دوره ۲۳ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۰
صفحه‌های ۴۵-۳۵
DOI: 10.22059/jap.2020.293316.623473

مقاله پژوهشی

تعیین ترکیب شیمیایی و برآورد ارزش غذایی بقایای زراعی کینوا با استفاده از روش‌های کیسه‌های نایلونی و تولیدگاز

نوید قوی پنجه[1*]، محمد حسن فتحی نسری[2]، مسلم باشتنی[2]، سیّد همایون فرهنگ‌فر[2]
۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲. استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۲۰

چکیده

در پژوهش حاضر، ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی بقایای زراعی کینوا با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی درون‌کیسه‌ای و تولید گاز اندازه‌گیری و با یونجه خشک مقایسه شد. گیاه کامل کینوا پس از برداشت از مزرعه در دمای محیط خشک و دانه‌ها جدا شدند و بقایای زراعی جهت انجام آزمایش مورداستفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد میزان انرژی خام، ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و لیگنین علوفه کینوا بالاتر از یونجه بود (P<۰/۰۵). غلظت پروتئین خام کینوا (۱۲/۲۹ درصد) کمتر از یونجه (۱۴/۳۲ درصد) بود. بخش عمده تانن موجود در کینوا از نوع قابل هیدرولیز بود. گرچه ثابت نرخ تجزیه و گوارش‌پذیری پس از شکمبه‌ای کینوا و یونجه یکسان بود، امّا گوارش‌پذیری شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارش کینوا از یونجه کمتر بود (P<۰/۰۵). ثابت نرخ تولید گاز (c) بقایای زراعی کینوا و یونجه با هم برابر بودند، با این‌حال پتانسیل تولید گاز (b) آن از یونجه کمتر بود (P<۰/۰۵). گوارش‌پذیری ماده آلی، انرژی قابل سوخت‌وساز و انرژی خالص شیردهی نیز در کینوا کمتر از یونجه بود (P<۰/۰۵). براساس نتایج این پژوهش، بقایای زراعی کینوا ظرفیت تغذیه‌ای مناسبی برای جایگزینی بخشی از علوفه به‌منظور تأمین قسمتی از نیازهای غذایی دام دارد. انجام آزمایش‌های درون‌تنی برای تعیین سطح مناسب آن در جیره کمک توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: بقایای زراعی، تجزیه‌پذیری، تولیدگاز برون‌تنی، دیزی*II*، کینوا، گوارش‌پذیری.

Determination of chemical composition and estimating nutritional value of quinoa crop residues using nylon bag and gas production techniques

Navid Ghavipanjeh[1*] and Mohammad Hassan Fathi Nasri[2], Moslem Bashtani[2] and Seyed Homayoun Farhangfar[2]
1. Ph.D. Student, Department of Animal Science, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.
2. Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.
Received: December 11, 2019 Accepted: August 10, 2020

Abstract

In the present study, the chemical composition and nutritional value of quinoa crop residues were determined using *insitu* and *invitro* gas production techniques in comparison with alfalfa hay. After harvesting, whole quinoa plants were dried at environmental temperature, the seeds were separated, and the crop residues were used for the experiment. The results showed that the content of gross energy, dry matter, organic matter, neutral detergent fiber and lignin of quinoa was higher than alfalfa hay (P<0.05). Crude protein concentration of quinoa (12.29%) was lower than alfalfa hay (14.32%). The main part of the tannin in quinoa was hydrolysable. Although the degradation rate and post-ruminal digestibility of quinoa and alfalfa hay were similar, ruminal, and total tract digestibility of quinoa were lower than alfalfa hay (P<0.05). No significant differences were found in gas production rate (c) between quinoa and alfalfa hay, however, it's gas production potential (b) was lower than alfalfa hay (P<0.05). Organic matter digestibility, metabolizable energy and net energy of lactation in quinoa crop residues were also lower than alfalfa hay (P<0.05). Based on the results of this study, quinoa crop residues have suitable nutritional potential for replacing part of the forage to meet part of the nutritional requirements of ruminant feeds. However, *invivo* studies are recommended to determine it's appropriate level in the diet.

Keywords: Crop residues, Degradability, Digestibility, Daisy *II*, *Invitro* gas production, Quinoa.

* نویسنده مسئول Email: navid.ghavipanje@birjand.ac.ir

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، رشد جمعیت و تقاضا برای محصولات غذایی افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود جمعیّت جهان تا سال ۲۰۵۰ به بیش از ۹ میلیارد نفر برسد [۳۳]. هنگامی‌که مشکلات ناشی از تغییر اقلیم، کمبود آب و کاهش تنوع زیستی، در کنار معضل تقاضای فزاینده خوراک قرار گیرد، حفظ امنیت غذایی به مسأله‌ای حیاتی تبدیل می‌شود [۱۸]. قرارداشتن ایران در محیط خشک و نیمه‌خشک، موجب کمبود مواد خوراکی برای تغذیه دام‌ها و افزایش هزینه‌های تولید شده است. یکی از راه‌های برطرف‌نمودن این مشکل استفاده از علوفه‌های غیرمتعارف و بقایای کشاورزی در تغذیه نشخوارکنندگان می‌باشد.

گیاه کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* متعلّق به جنس چنوپودیوم (*Chenopodium*)، جزو خانواده تاج‌خروسیان (*Amaranthaceae*) و زیرخانواده اسفناجیان (*Chenopodiacea*) است. این گیاه، بومی کوه‌های آند در بولیوی، شیلی و پرو بوده و سازگاری مناسبی با دامنه گسترده‌ای از شرایط اقلیمی دارد. گیاه کینوا عموماً ۰/۵ تا ۱/۵ متر ارتفاع داشته، امّا ممکن است در برخی مناطق تا ارتفاع ۲/۵ متر نیز رشد کند. کینوا گیاهی بسیار مناسب برای جایگزینی در مناطق با حاصل‌خیزی کم است و سازگاری با شرایط اقلیمی و تحمل سرما، شوری و کم آبی، سبب شده امروزه به سرعت تمایل برای کشت آن گسترش یابد. افزایش تقاضا برای کینوا، سبب ازدیاد کشت آن در سراسر دنیا شده است. براساس آخرین آمارهای سازمان خواروبار و کشاورزی، ۱٤٦/۷۳۵ تن دانه‌ی کینوا از ۱۷۳/۲٤۲ هکتار سطح زیر کشت با میانگین تولید ۸٤۷ کیلوگرم در هکتار تولید شده است [۱۷].

کینوا به‌عنوان محصولی مستعد برای سامانه حمایتی بوم‌شناختی ناسا موردتوجه قرار گرفته، که هدف این برنامه تولید گیاهانی است که دی‌اکسیدکربن اتمسفر را زدوده و غذا، اکسیژن و آب مورد نیاز نسل‌های آینده را فراهم کند. در سال‌های اخیر کینوا به‌عنوان محصولی ارزشمند در ایران نیز موردتوجه قرار گرفته و کشت آزمایشی آن با موفقیّت انجام شده و با توجه به محدودیّت‌های منابع آب در کشور می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای غلات مطرح شود [۱٤].

مقدار پروتئین خام، چربی و فیبر خام دانه کینوا به‌ترتیب ۱۵/۷، ۷/٦ و ۱٤/۱ درصد ماده خشک گزارش شده است. دانه کینوا توازن اسیدآمینه‌ای مناسبی داشته و سرشار از مواد معدنی و ویتامین‌ها است. هم‌چنین حاوی ترکیبات فلاونوئیدی، فیتواسترول و فنلی می‌باشد، که اثرات سودمند آن‌ها در تغذیه به اثبات رسیده است. از کینوا به‌عنوان منبع علوفه در تغذیه دام نیز استفاده می‌شود [٤]. میزان پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بقایای زراعی کینوا به‌ترتیب ۱۰/٤، ٤۸/۷ و ۲۷/۵ درصد گزارش شده است. این گیاه منبع غنی از مواد معدنی بوده و غلظت پتاسیم، سدیم، کلسیم و آهن در علوفه آن به‌ترتیب ٦/۳۳، ۸/۳۵، ۱/۱۵ و ۸۳/۹۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک می‌باشد [۲٤]. هم‌چنین در بررسی عملکرد تولیدی و کیفیت بقایای چهار رقم از کینوا مشخص شد میزان تولید بقایای زراعی دامنه‌ای بین ٤۰/۱ تا ۱٦۰/۲ تُن در هکتار دارد [۵]. در پژوهشی [۳۱] مقدار پروتئین علوفه کینوا در زمان‌های مختلف برداشت (۷۰، ۸٤، ۹۸ و ۱۱۲ روز) از ۱۲۰ تا ۲۲۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک متغیر بوده است. در پژوهش مذکور گوارش‌پذیری ماده آلی در علوفه کینوا با پیشرفت زمان برداشت، افزایش نشان داد.

ترکیبات ثانویه گیاهی در علوفه کینوا به درستی مشخص نیست. در پژوهشی [۲۰] با مطالعه شش رقم از کینوا، دامنه کل ترکیبات فنلی بقایای زراعی آن بین ۹٤ تا ۱٤۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک بیان شد. برگ کینوا

حاوی ترکیبات فنلی است و عصاره اتانولی آن اثر ممانعت‌کنندگی بر فعّالیت لیپوکسیژنار دارد [۸]. اگرچه ارزش غذایی دانه کینوا به‌طور کامل بررسی شده است [٤]، اما هنوز اطلاعات جامعی در رابطه با ترکیب شیمیایی، ارزش غذایی، سطح قابل‌استفاده در جیره و راه‌کارهای مناسب احتمالی در استفاده بهینه از این گیاه در تغذیه دام‌های نشخوارکننده در دست نیست. پژوهش حاضر، به‌منظور تعیین ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری، گوارش‌پذیری و تولید گاز برون‌تنی علوفه کینوا، در مقایسه با یونجه، انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه کینوا استفاده‌شده در آزمایش حاضر، از مزرعه تحقیقاتی سازمان جهاد کشاورزی خراسان جنوبی، بیرجند در پایان کشت پاییزه سال ۱۳۹۷ (در مرحله رسیدگی کامل) تهیه شد. برداشت گیاه در اواخر آذرماه به‌صورت دستی با داس از پنج سانتی‌متری بالای یقه گیاه در قالب نمونه‌برداری تصادفی انجام و مقدار تقریبی یک کیلوگرم بقایای زراعی گیاهان برداشت‌شده در درجه حرارت محیط (٢٤ درجه سانتی‌گراد) و بدون تابش مستقیم نور خورشید خشک شد. پس از خشک‌شدن کامل، دانه‌ها با تکانیدن بوته جداشده و بقایای زراعی کینوا پس از خردشدن به آزمایشگاه منتقل شد. یونجه مورداستفاده در آزمایش نیز از همان مزرعه تحقیقاتی در چین دوم و مرحله آغاز گلدهی گیاه تهیه و مشابه نمونه‌های کینوا خشک شد.

بقایای زراعی کینوا و یونجه پس از خشک‌شدن در آون به‌مدت ٤٨ ساعت در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد، با استفاده از آسیاب دارای الک یک میلی‌متری خرد و سپس مقدار ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر آن طبق روش‌های توصیه‌شده اندازه‌گیری شد [۲]. الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین نامحلول در اسید با استفاده از روش متداول [۳۲] اندازه‌گیری شد. میزان کل ترکیبات فنلی و کل ترکیبات فنلی غیرتانینی با استفاده از معرف فولین- شیکالتو اندازه‌گیری شد و از کسر آن‌ها میزان کل تانن به‌دست آمد. تانن متراکم با استفاده از روش بوتانول- اسیدکلریدریک اندازه‌گیری و نتایج به‌صورت معادل لکوسیانیدین‌ها ارائه شد. میزان تانن‌های قابل هیدرولیز نیز از تفاوت میزان کل تانن و تانن متراکم محاسبه شد.

گوارش‌پذیری شکمبه‌ای با انکوباسیون حدود پنج گرم از نمونه خشک‌شده با اندازه ذرات دو میلی‌متر در کیسه‌های نایلونی از جنس پلی‌استر به ابعاد ۷×۱۵ سانتی‌متر و قطر منافذ ٤٠ میکرومتر در شکمبه دو رأس گاو هلشتاین دارای فیستولای دائمی شکمبه‌ای و در ساعت‌های متوالی صفر، دو، چهار، هشت، ۱۲، ١٦، ٢٤، ٤٨، ٧٢ و ٩٦ تا برابرشدن تولید گاز دو زمان آخر، تعیین شد. پس از سپری‌شدن زمان‌های تعیین‌شده، کیسه‌ها از شکمبه خارج و با آب سرد کاملاً شسته شد، به‌نحوی‌که آب زلال از آن‌ها خارج شد. کیسه‌های شسته‌شده حاوی نمونه به‌مدت ٤٨ ساعت در آون در دمای ٦٥ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک و سپس توزین شد. برای تعیین اتلاف ماده خشک در اثر شسته‌شدن از کیسه (زمان صفر)، کیسه‌ها بدون شکمبه‌گذاری به همان ترتیب با آب شسته و سپس به آون منتقل شد. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با استفاده از رابطه (۱) برآورد شد [۲۱].

$$P= a+b\,(1-e^{-ct}) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه، P، تجزیه‌پذیری در زمان t؛ a، بخش سریع تجزیه؛ b، بخش کند تجزیه و c، ثابت نرخ تجزیه در واحد زمان بود. برازش داده‌ها با استفاده از رویه NLIN نرم‌افزار آماری SAS (ویرایش ٩/٤) انجام شد. تجزیه‌پذیری مؤثّر نمونه‌ها با استفاده از رابطه (۲) و با در نظرگرفتن ثابت نرخ عبور برابر با ۰/۰٤، ۰/۰٦ و ۰/۰۸ در ساعت محاسبه شد [۲۱].

رابطه (۲) $ED = a + \{(b \times c)/(c + k)\}$

که در این معادله، ED، تجزیه‌پذیری مؤثّر؛ a، بخش سریع‌تجزیه؛ b، بخش کندتجزیه؛ c، ثابت نرخ تجزیه و k، ثابت نرخ عبور می‌باشد.

برای تعیین گوارش‌پذیری پس از شکمبه‌ای، ابتدا کیسه‌های حاوی نمونه به‌مدت ۱۶ ساعت در شکمبه انکوباسیون شد. سپس یک گرم از باقیمانده ماده خوراک هضم نشده در شکمبه در کیسه‌های کوچک با قطر منافذ ۵۰ میکرومتر و اندازه ۶×۳ سانتی‌متر ریخته و کیسه‌ها در داخل دستگاه شبیه‌ساز هضم (دیزی*II*) قرار گرفت. داخل هر بطری دستگاه شبیه‌ساز هضم حدود یک لیتر محلول پپسین- اسید کلریدریک ریخته شد و به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا دمای محلول و دستگاه یکسان شود. بعد از اتمام کار، کیسه‌ها با آب شسته شد تا آب زلال از آن خارج شد. با محلول پانکراتین نیز به‌مدت ۲۴ ساعت هضم انجام شده و پس از شست‌وشو، کیسه‌ها در آون (به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد) خشک شد و گوارش‌پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک با استفاده از رابطه‌های (۳) تا (۵) محاسبه شد [۱].

رابطه (۳) گوارش‌پذیری شکمبه‌ای =

(وزن نمونه بعد از انکوباسیون شکمبه‌ای− وزن نمونه قبل از انکوباسیون شکمبه‌ای) / (وزن نمونه قبل از انکوباسیون شکمبه‌ای)

رابطه (۴) گوارش‌پذیری پس از شکمبه‌ای =

(وزن نمونه بعد از انکوباسیون در دستگاه شبیه‌ساز هضم− وزن نمونه قبل از انکوباسیون شکمبه‌ای) / (وزن نمونه بعد از انکوباسیون شکمبه‌ای)

رابطه (۵) گوارش‌پذیری در کل دستگاه گوارش =

گوارش‌پذیری شکمبه‌ای + [گوارش‌پذیری پس از شکمبه‌ای × (گوارش‌پذیری شکمبه‌ای − ۱)]

اندازه‌گیری مقدار تولید گاز با استفاده از سرنگ‌های شیشه‌ای حاوی بزاق مصنوعی و مایع شکمبه صاف‌شده به نسبت ۲:۱ (حدود ۳۰ میلی‌لیتر) و ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک از نمونه‌های آسیاب‌شده (سه تکرار) انجام شد. مایع شکمبه از دو رأس گاو هلشتاین دارای فیستولای شکمبه‌ای و قبل از خوراک وعده صبح به‌دست آمد. هم‌چنین سه تکرار به‌عنوان بلنک در نظر گرفته شد. سرنگ‌ها در انکوباتور (۱±۳۹ درجه سانتی‌گراد) قرار داده و مقدار گاز تولیدی در زمان‌های دو، چهار، هشت، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت ثبت شد. فراسنجه‌های تولید گاز با استفاده از رابطه (۶) محاشبه شد [۲۱].

رابطه (۶) $P= b (1-e^{-ct})$

که در این رابطه، P، تولید گاز در زمان t؛ b، پتانسیل تولید گاز؛ c، نرخ تولید گاز و t، زمان تخمیر است.

هم‌چنین از رابطه‌های (۷) تا (۹) برای برآورد انرژی قابل سوخت‌وساز، انرژی خالص شیردهی و گوارش‌پذیری ماده آلی استفاده شد.

رابطه (۷)
$$ME\ (MJ/kg\ DM) = 2.20 + (0.136 \times GP) + (0.0057 \times CP)$$

رابطه (۸)
$$NE_L\ (MJ/kg\ DM) = (0.115 \times GP) + (0.0054 \times CP) + (0.014 \times EE) - (0.0054 \times CA) - 0.36$$

رابطه (۹)
$$OMD\ (\%DM) = 14.88 + (0.889 \times GP) + (0.0448 \times CP) + (0.0651 \times CA)$$

که در این رابطه‌ها، GP میلی‌لیتر گاز تولیدشده حاصل از انکوباسیون ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون، CP گرم پروتئین خام در ۱۰۰ گرم ماده خشک نمونه، EE گرم عصاره اتری در ۱۰۰ گرم ماده خشک نمونه و CA گرم خاکستر موجود در ۱۰۰ گرم ماده خشک نمونه می‌باشد.

داده‌های حاصل با سه تکرار و استفاده از رویه GLM

نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) برای مدل (۱۰) انجام شد. تجزیه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی کرامر در سطح پنج درصد خطا مقایسه شد.

رابطه (۱۰) $Y_{ijk} = \mu + T_i + e_{ijk}$

که در این رابطه μ، میانگین کل؛ T_i، اثر تیمار و e_{ijk}، اثر خطای آزمایشی می‌باشد.

۳. نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی و فنلی بقایای زراعی کینوا و یونجه در جدول (۱) نشان داده شده است. میزان پروتئین‌خام، چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی یونجه و کینوا اختلاف معنی‌داری نداشت، درحالی‌که میزان انرژی‌خام، ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و لیگنین کینوا بالاتر از یونجه بود (P<۰/۰۵).

حداقل پروتئین خام ماده‌ی خوراکی برای فعالیت هضمی مناسب میکروارگانیسم‌های شکمبه، هشت درصد گزارش شده است، هنگامی‌که غلظت پروتئین خام در یک علوفه کمتر از این مقدار باشد، غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه به کمتر از پنج میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر رسیده و نیتروژن لازم برای فعالیت مناسب باکتری‌های دستگاه گوارش فراهم نمی‌شود و سطوح بالاتر پروتئین خام برای میکروارگانیسم‌ها مزیتی محسوب می‌شود [۲۲]. مقدار پروتئین خام کینوا بیش‌تر از حد مذکور بود و نشان‌دهنده ارزش مناسب این فرآورده فرعی برای مصرف در جیره نشخوارکنندگان است. در پژوهشی غلظت پروتئین خام علوفه کینوا ۱۰/۹ درصد ماده خشک برآورد شد [۳۱]، که اختلاف اندکی با مطالعه حاضر دارد. هم‌چنین، پژوهش‌گران دیگر غلظت پروتئین خام علوفه کینوا را در زمان‌های مختلف برداشت بین ۱۲/۲ و ۱۹ درصد ماده خشک گزارش کردند [۳۱]. در مقابل، غلظت پروتئین و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی پژوهش حاضر از مقادیر گزارش‌شده در پژوهش دیگری [۱٦] کمتر است. عوامل متعددی مانند مرحله رشد، رقم، روش خشک‌کردن، محیط رشد و نوع خاک می‌تواند بر ترکیب شیمیایی گیاه اثرگذار باشد [۲۳]. این عوامل می‌تواند تاحدودی وجود اختلاف در ترکیب شیمیایی پژوهش‌های مختلف را توضیح دهد. غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی و لیگنین بقایای زراعی کینوا از یونجه بالاتر بود، درحالی‌که الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کینوا و یونجه تقریباً برابر بود. یافته‌های پژوهشی [۲٦] مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی دو رقم از کینوا را ٤٦/۱۷ و ٥۱/٤۳ درصد ذکر کرد، هم‌چنین مطالعه دیگری مقدار لیگنین خوشه و برگ کینوا به‌ترتیب ٤/٦ و ٥/۹ درصد گزارش نمود [۲۸]. یافته‌های این پژوهش‌ها با نتایج حاضر در خصوص مقدار کربوهیدرات‌های ساختمانی و لیگنین بقایای زراعی کینوا مطابقت دارد.

میزان کل ترکیبات فنلی، تانن کل و تانن قابل هیدرولیز در علوفه کینوا بیش‌تر از یونجه بود. عمده تانن موجود در علوفه کینوا از نوع قابل‌هیدرولیز بود، به‌طوری‌که غلظت تانن متراکم آن از یونجه کمتر بود (P<۰/۰۵). تانن‌ها با مهار آنزیم‌های هضمی و یا جلوگیری از اتصال ریزسازواره‌های شکمبه به ذرات خوراک، علاوه بر کاهش تجزیه پروتئین‌ها در شکمبه می‌توانند فعالیت برخی از باکتری‌ها را مهار کرده و نرخ گوارش شکمبه‌ای و همین‌طور نرخ و مقدار تولید اسیدهای چرب فرّار را کاهش دهند [۲۵]. اگر میزان تانن متراکم موجود در علوفه‌ها در محدوده شش تا ۱۰ درصد ماده‌خشک باشد مصرف خوراک و عملکرد رشد حیوان را کاهش می‌دهد. این در حالی است که سطوح پایین تانن (سه الی چهار درصد ماده خشک) اثرات سودمندی از جمله ممانعت از تجزیه بیش از حد پروتئین‌های با کیفیت در شکمبه و افزایش جریان اسیدهای آمینه ضروری به روده دارند [۱۵].

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی و فنلی (برحسب ماده خشک) یونجه خشک و بقایای زراعی کینوا

ترکیب شیمیایی	تیمارهای آزمایشی		اشتباه معیار میانگین‌ها	P-value
	یونجه	کینوا		
ماده خشک (درصد)	b۹۲/۲۷	a۹۵/۸۳	۰/۷۳۲	۰/۰۲۶
ماده آلی (درصد)	b۹۱/۵۷	a۹۸/۵۲	۰/۲۸۲	۰/۰۰۰۱
پروتئین خام (درصد)	۱۴/۳۲	۱۲/۲۹	۰/۵۷۳	۰/۰۶۶
انرژی خام (کیلوکالری در کیلوگرم)	b۳/۵۹	a۵/۸۸	۰/۳۰۲	۰/۰۰۵
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	b۲۵/۲۹	a۴۳/۷۹	۰/۹۸۰	۰/۰۰۰۲
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	۱۷/۰۵	۱۷/۷۵	۰/۴۸۰	۰/۳۵۷
لیگنین نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	b۴/۷۳	a۶/۰۷	۰/۳۳	۰/۰۴۷
چربی خام (درصد)	۱/۶۷	۲/۴۰	۰/۲۴۵	۰/۱۰۵
خاکستر (درصد)	a۸/۴۳	b۱/۴۸	۰/۲۸۲	۰/۰۰۰۱
کلسیم (درصد)	a۸/۹۱	b۰/۰۵	۰/۰۴۹	۰/۰۰۰۱
فسفر (درصد)	b۰/۱۲۳	a۰/۱۷۶	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵
ترکیبات فنلی				
کل ترکیبات فنلی (درصد)	b۲/۱۷	a۴/۴۴	۰/۰۹۶	۰/۰۰۰۱
تانن کل (درصد)	b۰/۶۷	a۲/۲۱	۰/۰۳۰	۰/۰۰۰۱
تانن متراکم (درصد)	a۰/۴۳	b۰/۰۳	۰/۰۳۷	۰/۰۰۱
تانن قابل هیدرولیز (درصد)	b۰/۲۰۳	a۲/۱۸	۰/۰۴۱	۰/۰۰۰۱

a-b: تفاوت ارقام در هر ردیف با حرف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

بر این اساس سطح تانن بقایای زراعی کینوا در محدوده مناسب قرار داشته و انتظار می‌رود استفاده از آن تغذیه دام نه تنها اثر سوء بر گوارش‌پذیری نداشته، بلکه در کنار تغذیه منابع پروتئینی باکیفیت بتواند جریان پروتئین عبوری به پس از شکمبه را بهبود بخشد.

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک کینوا و یونجه در جدول (۲) ارائه شده است. بخش سریع - تجزیه، کند تجزیه، ثابت نرخ تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک کینوا به‌طور معنی‌داری کمتر از یونجه بود (P<۰/۰۵). در پژوهشی، بخش سریع‌تجزیه، کند تجزیه و ثابت تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک بقایای زراعی کینوا به‌ترتیب ۱۶/۸ درصد، ۳/۳۸ درصد و ۰/۰۲ در ساعت و مقادیر متناظر برای گیاه کامل کینوا به‌ترتیب ۴۵/۲ درصد، ۳۶/۶ درصد و ۰/۰۹ در ساعت گزارش شد [۳]. هم‌چنین، تجزیه‌پذیری مؤثر بقایای زراعی کینوا در نرخ‌های عبور ۰/۰۴، ۰/۰۶ و ۰/۰۸ در ساعت به‌ترتیب ۵۰/۳۹، ۴۶/۷۲ و ۴۴/۰۴ ذکر شد.

ازآنجاکه فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری اغلب تحت تأثیر ویژگی‌هایی نظیر ترکیب شیمیایی، حلالیت، ساختمان فیزیکی و ساختار دیواره سلولی مواد خوراکی قرار می‌گیرد [۱۰]، بالاتربودن فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای یونجه در مقایسه با بقایای زراعی کینوا، می‌تواند با سطح بالاتر الیاف نامحلول در شویند خنثی و لیگنین کینوا در ارتباط باشد. در تأیید نتایج اخیر، فیلیک

[٦] گزارش نمود ساختار لیگنوسلولزی کینوا یکی از عوامل مهم کاهش گوارش‌پذیری بقایای زراعی کینوا می‌باشد، هم‌چنین گزارش شده است میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک با کربوهیدرات‌های دیواره سلولی همبستگی منفی و با غلظت پروتئین خام همبستگی مثبت دارد [٨]. در پژوهش حاضر نیز بالاتربودن مقدار لیگنین نامحلول در اسید و الیاف نامحلول در شوینده خنثی کینوا در مقایسه با یونجه خشک از مهم‌ترین عوامل کاهش گوارش‌پذیری شکمبه‌ای آن می‌باشد. نتایج پژوهشی به‌منظور برآورد تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای گیاه اروشیا (گیاهی علوفه‌ای متعلق به خانواده چنوپودیاسه) نشان داد بخش سریع تجزیه، کند تجزیه و ثابت نرخ تجزیه مرتبط با ناپدید شدن ماده خشک در این علوفه به‌ترتیب ٠/٢٣٢، ٠/٣٠٥ و ٠/٠٨ بود [٣٠]، که تاحدودی با یافته‌های مطالعه حاضر در زمینه تجزیه‌پذیری کینوا هم‌خوانی دارد. گوارش‌پذیری مؤثر علوفه کینوا و یونجه در نرخ‌های عبور بالا پایین‌تر بود که با توجه به‌مدت ابقای کمتر ماده خشک در نرخ-های عبور بالا درشکمبه، این نتیجه دور از انتظار نیست. زیادبودن نسبت تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک، سبب فراهم‌نمودن انرژی مورد نیاز به شکل اسیدهای چرب فرار برای دام و ریزسازواره‌های شکمبه می‌شود [١١]. محدوده تجزیه‌پذیری مؤثر کینوا (٠/٣٢٦ تا ٠/٣٩٤) در مقایسه با برخی بقایا و فرآورده‌های فرعی کشاورزی [١٢] سطح مطلوبی را نشان می‌دهد که امکان استفاده از آن را در تغذیه عملی نشخوارکنندگان تأیید می‌کند.

گوارش‌پذیری شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارش بقایای زراعی کینوا کمتر از یونجه بود (P<٠/٠٥)، درحالی‌که گوارش‌پذیری پس‌از شکمبه‌ای هر دو یکسان بود (جدول ٣). یافته‌های پژوهشی [٣١] نشان داد گوارش‌پذیری ماده‌ی آلی علوفه کینوا با افزایش زمان برداشت، افزایش یافته و بالاترین میزان آن در ١١٢ روز بعد از کشت (٦٣/٥ درصد) می‌باشد. از طرفی گوارش‌پذیری علوفه، به نسبت محتویات داخل سلول و اجزای دیواره سلولی آن بستگی دارد [١٣ و ١٨]. گوارش‌پذیری ماده خشک تمام بخش‌های گیاهان نابالغ بالا بوده و با هم مشابه است. امّا با بلوغ گیاه، گوارش‌پذیری ماده خشک بخش‌های خشبی کمتر از برگ می‌باشد [١١ و ١٣]. لذا گوارش‌پذیری کمتر کینوا در مقایسه با یونجه، با مقدار بالاتر کربوهیدرات‌های دیواره سلولی آن در ارتباط است. با این‌حال، بقایای زراعی کینوا به‌عنوان یک محصول فرعی کشاورزی مقدار پروتئین (١٢/٢٩) و گوارش‌پذیری کل دستگاه گوارش (٤٦/٩٧ درصد ماده خشک) متوسطی دارد. بنابراین به‌نظر می‌رسد استفاده از آن برای تأمین نیاز دام‌های کم تولید کافی بوده، اما در صورت مصرف در جیره دام در حال رشد یا پرتولید، لازم است مکمل‌های انرژی‌زا و پروتئینی را افزایش داد.

جدول ٢. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک یونجه و بقایای زراعی کینوا

عنوان	فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری[1]			تجزیه پذیری مؤثّر		
	a	b	c (در ساعت)	٠/٠٤	٠/٠٦	٠/٠٨
یونجه	^{a}٠/٢٢٤	^{a}٠/٤٦٦	^{a}٠/٠٧٨	^{a}٠/٥٣٢	^{a}٠/٤٨٧	^{a}٠/٤٥٤
کینوا	^{b}٠/١٦٠	^{b}٠/٤٠١	^{b}٠/٠٥٧	^{b}٠/٣٩٤	^{b}٠/٣٥٤	^{b}٠/٣٢٦
اشتباه معیار میانگین‌ها	٠/٠٠٩	٠/٠٠٣	٠/٠٠٥	٠/٠٠٥	٠/٠٠٥٣	٠/٠٠٥٨
P-value	٠/٠٠٨	٠/٠٠٠٢	٠/٠٤٣	٠/٠٠٠١	٠/٠٠٠١	٠/٠٠٠١

١. a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه و c: ثابت نرخ تجزیه.

a-b: تفاوت ارقام در هر ستون با حرف نامشابه معنی‌دار است (P<٠/٠٥).

جدول ۳. گوارش‌پذیری شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارشی ماده خشک یونجه و بقایای زراعی کینوا

گوارش‌پذیری ماده خشک	تیمارهای آزمایشی		اشتباه معیار میانگین‌ها	P-value
	یونجه	کینوا		
گوارش‌پذیری شکمبه‌ای[1]	a۰/۵٤۸	b۰/٤۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵
گوارش‌پذیری پس از شکمبه‌ای	۰/۱۱۸	۰/۱۰۷	۰/۰۰۵	۰/۲۱٦
گوارش‌پذیری در کل دستگاه گوارش	a۰/٦۰۲	b۰/٤٦۹	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰۷

۱. برای تعیین گوارش‌پذیری شکمبه‌ای، نمونه‌ها به‌مدت ۱٦ ساعت در شکمبه انکوباسیون شدند.

a-b: تفاوت ارقام در ردیف هر با حرف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

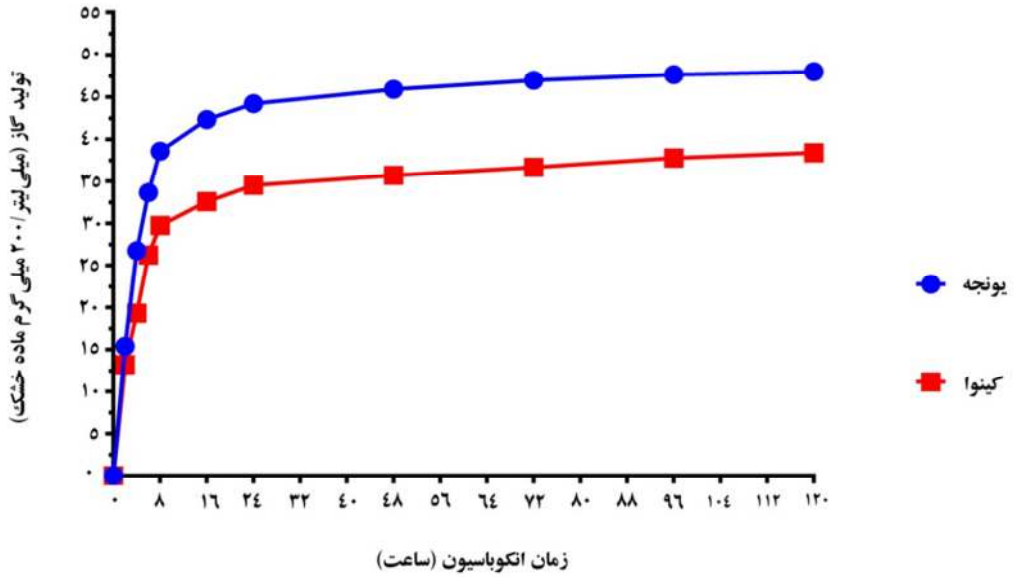
فراسنجه‌های تولید گاز و منحنی تولید گاز کینوا و یونجه در شرایط برون تنی به‌ترتیب در جدول (٤) و شکل (۱) مقایسه شده است. پتانسیل تولید گاز (b) کینوا کمتر از یونجه بود (P<۰/۰۵)، امّا ثابت نرخ تولید گاز (c) هر دو گیاه یکسان بود. هم‌چنین، انرژِی قابل سوخت‌وساز، انرژی خالص شیردهی و گوارش‌پذیری ماده آلی بقایای زراعی کینوا کمتر از یونجه برآورد گردید. پژوهش‌گران گزارش کردند که افزایش لیگنین علوفه موجب کاهش تولید گاز برون‌تنی می‌شود، چراکه لیگنین با ایجاد پیوندهای کووالانسی، تجزیه کربوهیدرات‌های دیواره سلولی را محدود ساخته و با کاهش انرژی سهل‌الوصول برای میکروارگانیسم‌های شکمبه، کاهش تولید گاز را در پی دارد [۷ و ۱۵]. هم‌چنین کائچ و همکاران [۷] گزارش کردند افزایش لیگنین، علوفه را نسبت به تجزیه میکروبی مقاوم کرده و به‌طور مؤثّری گوارش‌پذیری ماده آلی در شرایط برون‌تنی را کاهش می‌دهد. لذا در پژوهش حاضر مقدار بالاتر لیگنین کینوا در مقایسه با یونجه یکی از عوامل اصلی کاهش تولید گاز و گوارش‌پذیری ماده آلی آن می‌باشد. در پژوهشی، پتانسیل تولید گاز و ثابت نرخ تولید گاز علوفه کینوا به‌ترتیب ۳۰۹/۹ میلی‌لیتر به‌ازای گرم ماده خشک و ۰/۰۳ در ساعت گزارش شده است [۳]، مقادیر بالاتر تولید گاز پژوهش مذکور در مقایسه با نتایج حاضر می‌تواند به‌دلیل تفاوت در شرایط اقلیمی، گونه گیاهی و تغییرات فیزیولوژیکی و یا تفاوت در روش‌های اندازه‌گیری باشد [۹]. همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، در مطالعه‌ای [۲۷] پتانسیل تولید گاز بقایای زراعی دو رقم مختلف کینوا دامنه‌ای بین ۳٦/۱۹ تا ۳۷/۸٦ میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک داشت. از سویی، کاهش میزان گاز تولیدی و گوارش‌پذیری ماده آلی در بقایای زراعی کینوا در مقایسه با یونجه، علاوه بر مقدار لیگنین، احتمالاً به افزایش مقدار تانن نیز مرتبط است، مطالعات قبلی نیز مؤید اثر منفی افزایش مقدار تانن بر تخمیر ماده خشک و حجم گاز تولیدی است [۲۹]. مقایسه پتانسیل تولید گاز کینوا و یونجه نشان داد این فراسنجه تغییراتی تقریباً هم‌سو با مقادیر گوارش‌پذیری و تولید گاز ۲٤ ساعته داشت. یافته‌های این بخش مشخص کرد امکان استفاده از کینوا در تغذیه دام وجود دارد، امّا در صورت تغذیه کینوا در حیوانات پرتولید، افزایش نسبت کنسانتره برای تأمین احتیاجات ضروری است.

ترکیب شیمیایی بقایای زراعی کینوا به گیاهان علوفه‌ای متعارف (یونجه) نزدیک است. مقدار پروتئین خام کینوا ۱۲/۲۹ و یونجه خشک ۱٤/۳۲ درصد ماده خشک بود. غلظت انرژی قابل سوخت‌وساز بقایای کینوا کمتر از یونجه، اما ماده آلی و الیاف نامحلول در شویند خنثی آن بالاتر از یونجه بود.

جدول ٤. فراسنجه‌های تولید گاز بقایای زراعی کینوا و یونجه در زمان‌های مختلف انکوباسیون

فراسنجه	تیمارهای آزمایشی		اشتباه معیار میانگین‌ها	P-value
	یونجه	کینوا		
پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر در ۲۰۰میلی‌گرم ماده خشک)	a٤٦/٦٦	b٣٦/٣٣	٠/٨٤٥	٠/٠٠١
ثابت نرخ تولید گاز (درصد در ساعت)	٠/٢٠٦	٠/٢٠١	٠/٠٠٥	٠/٥٥
انرژی قابل سوخت‌وساز (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)	a٨/٤٨	b٦/٩٢	٠/١٧٢	٠/٠٠٣
انرژی خالص شیردهی (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)	a٤/٧٨	b٣/٥٩	٠/١٤٤	٠/٠٠٤
گوارش‌پذیری ماده آلی (درصد ماده خشک)	a٥٥/٥	b٤٦/٤١	١/١١	٠/٠٠٤

a-b: تفاوت ارقام در هر ردیف با حرف نامشابه معنی‌دار است (P<٠/٠٥).



نمودار ١. مقایسه پتانسیل تولید گاز بقایای زراعی کینوا با یونجه در شرایط برون‌تنی

ضرایب گوارش‌پذیری و فراسنجه‌های تولید گاز بقایای زراعی کینوا مناسب بود و در کنار نیاز آبی پایین گیاه، سازگاری با اقلیم‌های نامساعد و گسترش کشت آن در کشور، ظرفیت استفاده از این گیاه را به‌عنوان بخشی از علوفه در تغذیه نشخوارکنندگان، تأیید می‌کند. در عین حال، انجام آزمایش‌های درون‌تنی می‌تواند به تعیین سطح مناسب بقایای زراعی کینوا درجیره و شناخت بهتر کیفیت آن کمک نماید.

٤. تشکر و قدردانی

از مسئولین بخش ایستگاه تحقیقاتی گروه علوم دامی دانشگاه بیرجند که در این پژوهش ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

٥. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

٦. منابع مورداستفاده

1. Adesogan AT (2005) Effect of bag type on the apparent digestibility of feeds in Ankom DaisyII incubators. Animal Feed Scince and Technology, 119: 333-344.
2. AOAC (2015) Official methods of analysis, 17th ed. Official methods of analysis of AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
3. Barros-Rodríguez M, Oña-Rodríguez J, Mera-Andrade J, Artieda-Rojas J, Curay-Quispe J, Avilés-Esquivel S, Solorio-Sánchez J, Guishca-Cunuhay C (2017) Rumen degradation of diets based on post-harvest biomass of amaranthus Cruentus: effect on rumen protozoa and in vitro gas production. Rev Inv Vet Perú, 28(4): 812-821
4. Bazile D, Jacobsen SE and Verniau A (2016) The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits. Frontiers in Plant Science, 7: 622-629.
5. Bhargava A, Shukla S and Ohri D (2007) Evaluation of foliage yield and leaf quality traits in Chenopodium spp. in multiyear trials. Euphytica, 153(1): 199-213.
6. Filik G (2020) Biodegradability of quinoa stalks: The potential of quinoa stalks as a forage source or as biomass for energy production. Fuel, 266: 117-164.
7. Getachew G, Ibáñez AM, Pittroff W, Dandekar AM, McCaslin M, Goyal S and Putnam DH (2011) A comparative study between lignin down regulated alfalfa lines and their respective unmodified controls on the nutritional characteristics of hay. Animal Feed Science and Technology, 170(4): 192-200.
8. Gawlik-Dziki U, Świeca M, Sułkowski M, Dziki D, Baraniak B, and Czyż J (2013) Antioxidant and anticancer activity of Chenopodium quinoa leaves extracts-In vitro study. Food and Chemical Toxicology, 57: 154-160.
9. Getachew G, Makkar HPS and Becker K (2002) Tropical browses: contents of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and in vitro gas production. Journal of Agricultural Science, 139: 341-352.
10. Givens DI, owen E, Auford RFE and Omend HM (2000) Forage evaluation in ruminant nutrition, CABI publishing.
11. Gurbuz Y (2006) Determination of nutritive value of leaves of several Vitis vinifera varieties as a source of alternative feedstuff for sheep using in vitro and in situ measurements. Small Ruminant Research, 71: 59-66.
12. Hor SA, ZamaniDehkordi F and Frouzande Shahraki AD (2015) International conference on sustainable development, strategies and challenges with a focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, 42-42 Feb 4025, Tabriz, Iran. (in persian)
13. Hui M, Chunwang Y, Zhang W, Dengpan B and Jia J (2012) Ruminal disappearance, intestinal digestibility, and plasma tryptophan response of rumen-protected tryptophan in Cashmere goats. Small Ruminant Research, 107: 22-27.
14. James L E A (2009) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. Advances in food and nutrition research, 58(1): 1-31.
15. Jayanegara A, Goel G, Makkar HPS and Becker K (2015) Divergence between purified hydrolysable and condensed tannin effects on methane emission, rumen fermentation and microbial population in vitro. Animal Feed Science and Technology, 209: 60-68.
16. Kakabouki I, Bilalis D, Karkanis A, Zervas G, 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. Emirates Journal of Food and Agriculture, 26(1): 18-24.
17. Lotfalian Dehkordi, A., & Forootan, M. (2020). Estimation of energy flow and environmental impacts of quinoa cultivation through life cycle assessment methodology. Environmental Science and Pollution Research, 26: 836-846.
18. Makkar HPS and Beever D (Editors) (2013) Optimization of Feed Use Efficiency in Ruminant Production Systems. FAO Symposium, Bangkok (Thailand). FAO Animal Production and Health Proceedings, No. 16, Rome, pp.112
19. Muela CR, Cano EA, Salvador F, Ortega JA, Villalobos C and Arzola C (2005) Effect of the urea concentration in protein supplement added to dry grass on the in vitro production of gas, volatile fatty acids and ammonia. Proc. Western Section, American Society of Animal Science, 56: 365-368.
20. Nsimba RY, Kikuzaki H and Konishi Y (2008) Antioxidant activity of various extracts and fractions of Chenopodium quinoa and *Amaranthus* spp. seeds. Food Chemistry, 106(2): 760-766.
21. Orskov ER and McDonald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agriculture Science, 92: 499-503.

22. Paterson J, Funston R and Cash D (2001) Forage quality influences beef cow performance and reproduction. In Intermountain Nutrition Conference Proceedings, Utah State University Publication. 169: 101-111.
23. Promkot C and Wanapat M (2004) Ruminal degradation and intestinal digestion of crude protein of tropical resources using nylon bag and three-step in vitro procedure in dairy Cattle. Proceedings of the Agricultural Seminar, Animal Science/Animal Husbandry. Held at Sofitel Raja Orchid Hotel 27-28 January.
24. Robinson TF, Roeder BL and Johnston NP (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.
25. Saminathan M, Sieo CC, Gan HM, Abdullah N, Wong, CMVL and Ho YW (2016) Effects of condensed tannin fractions of different molecular weights on population and diversity of bovine rumen methanogenic archaea in vitro, as determined by high-throughput sequencing. Animal feed science and technology, 216:146-160.
26. Schellenberg MP (2005) Comparison of production and nutritional value of two seed sources of winterfat. Ph.D. Thesis, University of Saskatchewan, Canada.
27. Shakeri P, Dayani O, Asadi Korom M, Najafi Neghad H and Aghashahi AR (2019) Determination of nutritive value, fermentability and degradability in two genotypes of Quinoa crop residues. Journal of Ruminant Research, 7(2): 83-95. (in Persian)
28. Temel S and Keskin, B (2018) The effect of morphological components on the herbage yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) grown in different dates. Turkish Journal of Field Crops, 23(2): 180-186.
29. Tiemann TT, Lascano CE, Wettstein HR, Mayer AC, Kreuzer M and Hess HD (2008) Effect of the tropical tannin-rich shrub legumes *Calliandra calothyrsus* and Flemingia macrophylla on methane emission and nitrogen and energy balance in growing lambs. Animal, 2: 790-799.
30. Valizadeh R, Ghadami kouhsari M and Melli F (2011) Determination of chemical composition and nutritional value of Erushia plant (*Eurotia ceratoides*) using Nylon bags and gas production. Iranian Journal of Animal Science Research, 3(2): 159-165. (in Persian)
31. Van Schooten HA and Pinxterhuis JB (2003) Quinoa as an alternative forage crop in organic dairy farming. In Optimal forage systems for animal production and the environment. Proceedings of the 12th Symposium of the European Grassland Federation, Pleven, Bulgaria, 26-28 May 2003 (pp. 445-448). Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP).
32. Van Soest PV, Robertson JB and Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of dairy science, 74(10), 3583-3597.
33. Willer H and Lernoud J (2019) The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2019 (pp. 1-336). Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM Organics International.