
Effect of chemical and biological processing methods on chemical composition, ruminal degradability, gas production parameters and external digestibility of quinoa straw

Ali Naghizadeh¹, Javad Bayat Kouhsar^{2*}, Farzad Ghanbari², Farid Moslempour²

¹ MSc. Student of Animal Science Department, Faculty of Agriculture Science and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Iran,

² Assistant Professor of Animal Science Department, Faculty of Agriculture Science and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Iran, Email: Javad_bayat@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 09/24/2023
Revised: 11/17/2023
Accepted: 11/18/2023

Keywords:
Chemical Composition
Chemical Processing
Hydrogen Peroxide
Quinoa Straw

Abstract

Introduction: The nutritional value of many lignocellulosic food materials can be improved by deligninating with physical, chemical and biological methods. Biological, chemical and physical methods are used to process agricultural by-products. In chemical processing, the use of acids, oxidative agents and alkalis are included, which alkalis are more accepted by animals in the animal husbandry industry. Biological processing is a new method that is done using enzymes and fungi. In the case of biological method, low-quality wood materials are processed by different species of fungi that have lignin-decomposing enzymes. Biological processing is an effort to use less chemicals and consume less energy compared to chemical and physical methods. Quinoa plant is a plant with good resistance to unfavorable environmental conditions, which has high tolerance against biotic and abiotic stresses. The cultivated area of the country is about 18.8 million hectares, and on the other hand, about a third of these lands are susceptible to cultivation due to poor quality soil and inappropriate water distribution, including salinity and drought. In areas with dry and salty conditions, using plants resistant to these conditions is a suitable way to deal with these conditions. So, a study was carried out to investigate the effect of different treatment methods (chemical and biological) on chemical composition, gas production parameters and digestibility of quinoa straw in a completely randomized design.

Materials and methods: The following treatments were: 1) untreated quinoa straw (control) (CON), 2) CON processed with hydrogen peroxide, 3) CON processed with sodium hydroxide, 4) CON inoculated and fermented with *Bacillus Subtilis* and 5) CON inoculated and fermented with *Aspergillus Niger*. Prior to hydrogen peroxide treatment (132 mL of 35% H₂O₂), samples were pretreated with sodium hydroxide (NaOH, 80 g/kg DM) to attain and maintain a pH of 11.5. For biological processing, activation of lyophilized vials and preparation of starter cultures of bacteria and fungi were done in MRS-broth at 37°C and PDA at 25°C, respectively. After that, one liter of the combination of distilled water and starter culture (containing at least 10⁵ colony forming units per milliliter of

bacteria or fungi) was added to each kilogram of quinoa straw. Treated samples were then placed into plastic bags, tied up and stored under anaerobic conditions. Prior to analysis, bags were opened and air dried. Chemical composition of the samples was determined using the standard methods of AOAC. Ruminal degradability trial was carried out using the nylon bag technique. Gas production test was used to estimate gas production parameters. *In vitro* digestibility of the samples was determined through the batch culture method.

Results: The results showed that there was a significant difference between treatments in terms of chemical composition (dry matter, ash, organic matter and crude protein) ($P < 0.05$). In this respect, the highest amount of dry matter was in the control treatment and the lowest in the hydrogen peroxide treatment. Among the chemical treatments, the treatments with sodium hydroxide had the highest and the treatments with hydrogen peroxide had the lowest values of Crude Ash. Different treatment methods had significant effect on gas production potential and rate ($P < 0.05$). Treatments with control and fungi had the highest and sodium hydroxide treatment had the lowest gas production potential. Treatment with sodium hydroxide and hydrogen peroxide significantly increased dry matter and organic matter digestibility ($P < 0.05$). In general, the bacteria had the lowest digestibility, partitioning factor, and microbial protein production.

Conclusions: Overall, the results of this study showed that treatment with sodium hydroxide and hydrogen peroxide had a greater effect on improving the nutritional value of *quinoa* straw.

Cite this article: Naghizadeh, A., Bayat Kouhsar, J., Ghanbari, F., Moslempour, F. (2023). Bioinformatics analysis of candidate genes for milk production and litter size in goat. *Journal of Ruminant Research*, 12(1), 119-142.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejrr.2023.21748.1916

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر روش‌های عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی کاه کینوا

علی نقی‌زاده^۱، جواد بیات کوهسار^{۲*}، فرزاد قنبری^۲، فرید مسلمی‌پور^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

^۲ استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران، رایانامه: javad_bayat@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	سابقه و هدف: ارزش غذایی بسیاری از مواد خوراکی لیگنوسلولزی می‌تواند با فرآوری به روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بهبود یابد. در عمل‌آوری شیمیایی استفاده از اسیدها، عوامل اکسیداتیو و قلیاها را شامل می‌شود که قلیاها در صنعت دام پروری بیشتر مورد پذیرش حیوانات قرار می‌گیرند. عمل‌آوری بیولوژیکی روش جدیدی است که با استفاده از آنزیم‌ها و قارچ‌ها انجام می‌شود. در روش بیولوژیکی، مواد الیافی با کیفیت پایین توسط گونه‌های مختلف قارچ که دارای آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیگنین هستند، عمل‌آوری می‌شوند. عمل‌آوری بیولوژیکی تلاشی برای استفاده کمتر از مواد شیمیایی و مصرف انرژی کمتر در مقایسه با روش‌های شیمیایی و فیزیکی است. گیاه کینوا گیاهی با مقاومت خوب در برابر شرایط نامساعد محیطی است که تحمل بالایی در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی دارد. سطح زیر کشت کشور حدود ۱۸/۸ میلیون هکتار است و از سوی دیگر حدود یک سوم این اراضی به دلیل خاک نامرغوب و توزیع نامناسب آب از جمله شوری و خشک سالی مستعد کشت هستند. لذا، مطالعه‌ای به منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری شیمیایی (پراکسید هیدروژن و هیدروکسید سدیم) و بیولوژیکی (باکتری باسیلوس سابتیلیس و قارچ آسپرژیلوس نایچر) بر ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم کاه کینوا در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۲	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۸/۲۶	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۷	
واژه‌های کلیدی:	
پراکسید هیدروژن	
ترکیب شیمیایی	
عمل‌آوری شیمیایی	
کاه کینوا	
مواد و روش‌ها: نمونه‌های کاه کینوا تهیه‌شده در مجاورت هوا خشک شد و به ابعاد ۵-۲ سانتی‌متر خرد و در کیسه‌های ۳ کیلویی برای اعمال تیمارهای مختلف نگهداری شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) کاه کینوا بدون هیچ‌گونه افزودنی (شاهد)، (۲) کاه کینوا عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن، (۳) کاه کینوا عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم، (۴) کاه کینوا عمل‌آوری شده با باکتری باسیلوس سابتیلیس و (۵) کاه کینوا عمل‌آوری شده با قارچ آسپرژیلوس نایچر، بودند. به منظور عمل‌آوری بقایای کاه کینوا با هیدروکسید سدیم، ۵۰ گرم از این ماده در یک لیتر آب مقطر حل شده و بر روی یک کیلوگرم ماده خشک بقایا اسپری شد. این مخلوط به‌خوبی هم زده شد. سپس درون کیسه‌های پلاستیکی ۲ لایه ریخته شده و به‌خوبی فشرده	

گردید. در عمل آوری با پراکسید هیدروژن، ابتدا نمونه‌های بقایا با هیدروکسید سدیم پیش تیمار شدند. بدین صورت که ۸۰ گرم هیدروکسید سدیم در ۰/۵ لیتر آب حل شد. سپس این محلول به ۴ لیتر آب افزوده و روی ۲ کیلوگرم از بقایای خردشده اضافه شد. نیم ساعت بعد، ۱۳۲ میلی لیتر آب اکسیژنه با درجه خلوص ۳۵ درصد در نیم لیتر آب حل شده و به این مخلوط اضافه شد. این مخلوط به خوبی هم زده شد. بقایا درون کیسه‌های پلاستیکی ۲ لایه ریخته شده و به خوبی فشرده و وکیوم شدند. کیسه‌ها به مدت ۱۸ روز در شرایط بی‌هوازی نگهداری شدند. به منظور عمل آوری بیولوژیکی، فعال‌سازی ویال‌های لیوفیلیزه و تهیه کشت آغازگر از باکتری و قارچ به ترتیب در محیط‌های MRS- broth در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و PDA در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از آن به هر کیلوگرم از کاه کینوا، یک لیتر از ترکیب آب مقطر و کشت آغازگر (حاوی حداقل ۱۰^۵ واحد تشکیل کلنی در میلی لیتر باکتری یا قارچ) اضافه شدند. مخلوط حاصل در نایلون پلاستیکی به مدت ۲۱ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد جهت فرآیند تخمیر نگهداری شدند. پس از این مدت، کیسه‌ها باز شده و در معرض هوا خشک شدند. پس از عمل آوری، ترکیب شیمیایی نمونه‌ها با استفاده از روش‌های استاندارد تعیین شد. آزمایش تجزیه پذیری با استفاده از تکنیک کیسه‌های نایلونی انجام شد. آزمون تولید گاز برای برآورد فراسنجه‌های تولید گاز استفاده شد. قابلیت هضم برون تنی نمونه‌ها با استفاده از روش کشت بسته انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بین تیمارهای عمل آوری شده از نظر ترکیب شیمیایی (ماده خشک، خاکستر، ماده آلی و پروتئین خام) اختلاف معنی داری وجود داشت ($P < 0/05$). بالاترین مقدار ماده خشک مربوط به تیمار شاهد و پایین‌ترین مقدار مربوط به پراکسید هیدروژن بود. در بین تیمارهای عمل آوری شده شیمیایی، تیمارهای عمل آوری شده با هیدروکسید سدیم بالاتر و تیمارهای عمل آوری شده با پراکسید هیدروژن پایین‌تری مقدار خاکستر خام را داشتند. روش‌های مختلف عمل آوری تأثیر معنی داری بر پتانسیل و نرخ تولید گاز داشتند ($P < 0/05$). تیمار شاهد و تیمار عمل آوری شده با قارچ بالاترین و تیمار هیدروکسید سدیم پایین‌ترین پتانسیل تولید گاز را داشتند. عمل آوری با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن به‌طور معنی داری قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی را افزایش دادند ($P < 0/05$). تیمار عمل آوری شده با باکتری پایین‌ترین قابلیت هضم، عامل تفکیک و تولید پروتئین میکروبی را داشت ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که عمل آوری با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن تأثیر بیشتری در بهبود ارزش تغذیه‌ای کاه کینوا داشتند.

استناد: نقی‌زاده، ع، بیات کوهسار، ج، قنبری، ف، مسلمی‌پور، ف. (۱۴۰۳). تأثیر روش‌های عمل آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون تنی کاه کینوا. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۲(۱)، ۱۱۹-۱۴۲.

DOI: 10.22069/ejrr.2023.21748.1916



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت در کشور، نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی امری بدیهی است. همچنین به دلیل محدودیت منابع آبی با کیفیت در کشور و با توجه به اینکه بخش عمده مساحت ایران از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد، امکان استفاده از آب‌های شور و نامتعارف بیش‌ازپیش مورد توجه قرار گرفته است (Jamali و همکاران، ۲۰۱۶). از طرفی حدود یک‌سوم از ۱۸/۸ میلیون هکتار اراضی زیر کشت کشور به دلیل خاک نامرغوب و نامناسب بودن آب از جمله شوری و خشکی، قابل کشت نمی‌باشد. لذا در چنین شرایطی استفاده از گیاهان مقاوم به‌عنوان راهی مناسب، جهت مقابله با این وضعیت می‌باشد. کینوا گیاهی با مقاومت مناسب به شرایط نامناسب محیطی است که در مقابل تنش‌های زیستی (قارچ‌ها، باکتری‌ها، حشرات و ویروس‌ها) و غیر زیستی (کم‌آبی، شوری، دمای بالا، خشکی و نور) تحمل زیادی دارد (Ramezanpour و همکاران، ۲۰۱۳).

کینوا با نام علمی *Chenopodium Quinoa Wild* از خانواده *Amaranthaceae* و زیر خانواده *Chenopodiaceae* گیاهی شور زیست اختیاری، دارای دانه‌های خوراکی سرشار از پروتئین است (Hosseini و همکاران، ۲۰۲۰). این گیاه بومی منطقه آند در بولیوی و شیلی می‌باشد که دانه‌های آن گرد و ریز هستند. این گیاه از خانواده تاج‌خروسیان است. دانه‌های کینوا در کشورهای آمریکای جنوبی بنام برنج اینکا معروف است و مانند برنج طبخ شده و مصرف می‌شود (FAO، ۲۰۱۱).

کینوا در ایران گیاه جدیدی به شمار می‌رود که امکان کشت این محصول و سازگاری آن با اقلیم‌های مختلف جغرافیایی ایران در چند سال اخیر مورد پژوهش قرار گرفته است و تولید محصول مناسب

در کرج، خوزستان، بلوچستان، جیرفت و کهنوج گزارش شد (Sepahvand و Taosi، ۲۰۱۳). کینوا با همه زمین‌های کشاورزی سازگار می‌باشد. این گیاه به خشک‌سالی، سرما (یخ‌زدگی)، شوری، بیماری‌ها و آفت‌ها بسیار مقاوم است (Jacobsen و همکاران، ۲۰۰۳). به دلیل همین ویژگی‌ها، امکان کشت آن در زمین‌های کم‌بازده وجود دارد. علی‌رغم اینکه این گیاه عموماً به‌منظور برداشت دانه کشت می‌شود، از لحاظ تولید علوفه نیز حائز اهمیت می‌باشد (Tan و Yondem، ۲۰۱۳). علوفه کینوا دارای ۲۶ تا ۲۸ درصد ماده خشک و ۱۳ تا ۲۲ درصد پروتئین خام می‌باشد و قابلیت هضم ماده خشک آن بین ۶۳ تا ۶۹ درصد متغیر است (Pinxterhuis و Van Schooten، ۲۰۰۳). در مطالعه‌ای، مقدار تولید علوفه خشک کینوا بیش از ۵ تن در هکتار گزارش شد (Sepahvand و Taosi، ۲۰۱۳). پس‌مانده حاصل از برداشت گیاه کینوا شامل ساقه، برگ، دانه‌های شکسته و ... می‌باشد (León و Hanco، ۲۰۰۳).

محصولات فرعی زراعی دارای مواد لیگنوسلولزی بالایی است که حاوی منابعی از انرژی با هیدروکربن-های فراوان و مقادیر اندکی از مواد معدنی و ویتامین-ها می‌باشند. کاه‌ها به‌عنوان محصولات فرعی زراعت غلات و حبوبات، مهمترین ترکیبات لیگنوسلولزی هستند که در دسته مواد خوراکی غیرمعمول در جیره غذایی دام‌ها قرار دارند (Yang و همکاران، ۲۰۱۲). از جمله خصوصیات بارز این بقایای زراعی، قابلیت هضم کم آن‌ها می‌باشد؛ بنابراین بهبود ارزش تغذیه‌ای این علوفه‌ها ضروری می‌باشد. بدین منظور می‌توان ارزش تغذیه‌ای بسیاری از این گونه مواد را با لیگنین-زدایی به روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بهبود بخشید. در عمل‌آوری شیمیایی از اسیدها، عوامل اکسیداتیو و قلیاها استفاده می‌شود که در میان آن‌ها استفاده از قلیاها متداول‌تر می‌باشد. عمل‌آوری

هیدروکسید سدیم، ۵۰ گرم از این ماده در یک لیتر آب مقطر حل شد و روی یک کیلوگرم ماده خشک کاه اسپری شد. مخلوط حاصل به مدت ۷۲ ساعت در کیسه‌های پلاستیکی و در شرایط اتاق نگهداری شد. پس از این مدت، کیسه‌ها باز و نمونه‌ها در معرض هوا خشک شدند (Chaudhry, ۲۰۰۰). به‌منظور عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن، ابتدا کاه کینوا با هیدروکسید سدیم (۸۰ گرم در کیلوگرم) پیش‌تیمار شد. نیم ساعت بعد، ۱۳۲ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن با درجه خلوص ۳۵ درصد به این مخلوط اضافه شد. نمونه‌های تیمار شده با پراکسید هیدروژن بلافاصله در کیسه‌های نایلونی قرار داده شد و به مدت ۱۸ روز در شرایط اتاق سیلو شدند (Ghiasvand و همکاران، ۲۰۱۱).

به‌منظور عمل‌آوری بیولوژیکی، باکتری باسیلوس ساتیلیس PTCC-1156 و قارچ آسپروژیوس نایجر PTCC-5010 به شکل ویال‌های لئوفیلیزه از مرکز کلکسیون قارچ و باکتری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شد. فعال‌سازی ویال‌های لیوفیلیزه و تهیه کشت آغازگر از باکتری و قارچ به‌ترتیب در محیط‌های^۱ MRS- broth در دمای ۳۷ درجه سلسیوس و PDA^۲ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. نمونه‌های قارچ تهیه‌شده، در شرایط استریل روی پلیت‌های حاوی محیط کشت سیب‌زمینی - دکستروز - آگار تکثیر شدند. پس از آن به هر کیلوگرم از کاه کینوا، یک لیتر از ترکیب آب مقطر و کشت آغازگر (حاوی حداقل 10^5 واحد تشکیل کلنی در میلی‌لیتر باکتری یا قارچ) اضافه شدند. مخلوط حاصل در نایلون پلاستیکی به مدت ۲۱ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس جهت فرآیند تخمیر نگهداری شدند. پس از آن نمونه‌ها در معرض هوا خشک شدند و جهت

بیولوژیکی روش جدیدی است که با استفاده از آنزیم‌ها و قارچ‌ها انجام می‌شود. در روش بیولوژیکی مواد خشبی با کیفیت پایین توسط گونه‌های مختلف قارچ که دارای آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیگنین هستند، عمل‌آوری می‌شود. عمل‌آوری بیولوژیکی مواد خشبی تلاشی در جهت استفاده کمتر از مواد شیمیایی و مصرف کمتر انرژی در مقایسه با روش‌های شیمیایی و فیزیکی است (Leng, ۱۹۹۱). در یک پژوهش با لیگنین‌زدایی مواد خشبی (به ویژه کاه) به روش‌های شیمیایی و بیولوژیکی نشان داده شد که روش‌های شیمیایی عمدتاً باعث از بین رفتن لیگنین می‌شوند؛ اما در روش‌های بیولوژیکی، علاوه بر اینکه تخریب لیگنین به مراتب بیشتر است، کیفیت و ارزش تغذیه‌ای محصول نیز افزایش می‌یابد (Hans Joachim و همکاران، ۱۹۹۲). با این حال، با توجه جدید بودن کشت این گیاه، تا به حال مطالعات زیادی در خصوص تعیین ارزش تغذیه‌ای فرآورده‌های جانبی کینوا و یا بهبود آن صورت نگرفته است. لذا، هدف از انجام این مطالعه، تعیین ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم برون‌تنی کاه کینوا عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با تیمارهای شیمیایی و بیولوژیکی بود.

مواد و روش‌ها

عمل‌آوری و تعیین ترکیب شیمیایی: کاه کینوا از مزارع اطراف شهرستان آشنخانه جمع‌آوری و به آزمایشگاه تغذیه دام دانشگاه گنبدکاووس انتقال داده شد. نمونه‌های کاه تهیه‌شده در مجاورت هوا خشک شد و به ابعاد ۵-۲ سانتی‌متر خرد شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) کاه کینوا بدون افزودنی (شاهد)، (۲) شاهد+ پراکسید هیدروژن، (۳) شاهد+ هیدروکسید سدیم، (۴) شاهد+ باکتری باسیلوس ساتیلیس و (۵) شاهد+ قارچ آسپروژیوس، بودند. به‌منظور عمل‌آوری با

¹ Modified Rogosa broth

² Potato Dextrose Agar

اندازه‌گیری فراسنجه‌های تغذیه‌ای مورد استفاده قرار گرفتند (Sharari و همکاران، ۲۰۱۱).

بعد از سپری شدن زمان معین عمل‌آوری، درب نمونه‌ها باز و نمونه‌ها باهم مخلوط شدند. سپس از سطوح بالایی، میانی و پایینی هر ماده سیلو شده نمونه‌برداری شد. مقدار ۱۰۰ گرم از هر نمونه جهت تعیین درصد ماده خشک در آون (دمای ۶۵ درجه سلسیوس) به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد (Kung و همکاران، ۲۰۰۴). به منظور تهیه مخلوطی یکنواخت، نمونه‌ها پس از خشک‌کردن با استفاده از آسیاب با توری یک میلی‌متر آسیاب شدند (Menke و Staingass، ۱۹۸۸). ترکیبات شیمیایی شامل مقدار ماده خشک، پروتئین خام، ماده آلی و خاکستر به روش AOAC (۲۰۰۵)، الیاف نامحلول در شوینده خشتی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی طبق روش Van Soest (۱۹۹۴) تعیین شدند.

اندازه‌گیری مواد معدنی و ترکیبات فنولی: اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر و کلسیم و فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتری (Biochrom Libera-S22) اندازه‌گیری شد (Ali Ehaiai و Behbahanizadeh، ۱۹۹۹). برای اندازه‌گیری فلاونونئید کل با استفاده از آلومینیوم کلراید، ۱۰ میلی‌گرم کورستین با اتانول ۸۰ درصد رقیق‌شده و از رقت‌های مختلف کورستین (۲۰ تا ۱۰۰ میکرولیتر بر میلی‌لیتر) به‌عنوان استاندارد استفاده شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره اتانولی بره‌موم با ۱/۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد، ۰/۱ میلی‌لیتر از آلومینیوم کلراید ۱۰ درصد محلول در اتانول و ۰/۱ میلی‌لیتر از پتاسیم استات ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد. در نهایت لوله‌ها در دمای اتاق و در مکان تاریک به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند. سپس با دستگاه طیف‌سنج نوری در طول‌موج ۴۱۵ نانومتر در داخل کووت قرائت شدند (Cottica و همکاران، ۲۰۱۱). به-

منظور اندازه‌گیری کل ترکیبات فنولی مقدار ۰/۱ گرم از نمونه خشک کاه با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول داغ ۸۰ درصد مخلوط و برای ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. مخلوط رویی برای تغلیظ در حمام آب جوش قرار داده شد. سپس یک میلی‌لیتر از محلول با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. به ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول حاصل، به ترتیب ۲/۵ و ۰/۵ میلی‌لیتر آب مقطر و معرف فولین-سیوکالتو ۵۰ درصد اضافه شد. بعد از مدت ۳ دقیقه، ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد اضافه و برای ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. در پایان مقدار جذب نمونه به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۶۵۰ نانومتر قرائت و سپس میزان کل ترکیبات فنولی برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در یک گرم وزن خشک نمونه به‌دست آمد (Malick و Singh، ۱۹۸۰).

تولید گاز در شرایط برون‌تنی: برای انجام آزمایش تولید گاز، مایع شکمبه از ۳ رأس گوسفند نر فیستول‌دار نژاد دالاق (۲/۵ ± ۴۵ کیلوگرم) از بخش‌های مختلف شکمبه و قبل از وعده تغذیه صبحگاهی جمع‌آوری شد. ذرات درشت مایع شکمبه با عبور دادن از چهار لایه پارچه متقال جدا شده و در یک بن ماری با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. حیوانات در سطح نگهداری با جیره حاوی ۷۰ درصد علوفه (یونجه و سیلاژ ذرت به نسبت مساوی) و ۳۰ درصد کنسانتره (جو، کنجاله تخم پنبه، سبوس و مکمل معدنی و ویتامینی) تغذیه شدند و حیوانات به آب آزادانه دسترسی داشتند. بزاق مصنوعی مطابق روش Menke و همکاران (۱۹۷۹) تهیه و با مایع شکمبه با نسبت ۲:۱ مخلوط شد. به داخل ویال‌های شیشه‌ای حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه خشک آسیاب شده (۳ تکرار)، ۳۰ میلی‌لیتر از این محلول ریخته شد. تولید گاز در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت انکوباسیون توسط

با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت تمامی شیشه‌ها از بن‌ماری خارج و نمونه‌های موجود در هر ویال، با استفاده از پارچه متقال چهار لایه صاف‌شده و محتویات هضم نشده از فاز مایع جدا شد. سپس pH فاز مایع نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. محتویات هضم نشده هر ویال جمع‌آوری شده و درون بوتله‌های چینی با وزن مشخص انتقال یافت و به مدت ۴۸ ساعت در آن با درجه حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس قابلیت هضم ظاهری محاسبه شد. بوتله‌های چینی حاوی محتویات هضم نشده به مدت ۶ ساعت در کوره با دمای ۵۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. این کار به منظور تعیین مقدار خاکستر خام مواد هضم نشده موجود در کروزه‌ها صورت گرفت. بازده تولید گاز (GP₂₄) به صورت حجم گاز تولید شده پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون تقسیم بر مقدار ماده تجزیه شده واقعی (گرم) محاسبه شد (Getachew و همکاران، ۲۰۰۲). جهت محاسبه توده میکروبی تولیدشده از رابطه پیشنهادشده (Blummel و همکاران، ۱۹۹۷) استفاده گردید.

$$MCP (mg) = GP * (PF - 2.2)$$

در این رابطه، MCP تولید توده میکروبی (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)، PF فاکتور تسهیم و GP میلی‌لیتر گاز تولیدشده (میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک) در زمان ۲۴ ساعت می‌باشد.

عامل تفکیک بنا به تعریف برابر با نسبت میلی‌گرم ماده آلی حقیقی هضم شده بر میلی‌لیتر حجم گاز خالص تولیدی می‌باشد. حداکثر مقدار توده میکروبی تولیدشده با در نظر گرفتن زمانی از انکوباسیون که نرخ تولید گاز در آن زمان حداکثر بوده و با در نظر گرفتن میلی‌گرم ماده آلی حقیقی هضم شده در آن زمان محاسبه گردید. بازده مقدار توده میکروبی و بازده حداکثر مقدار توده میکروبی تولیدشده با تقسیم توده و میکروب تولیدشده بر مقدار ماده آلی حقیقی قابل تخمیر در پایان زمان انکوباسیون و مقدار گاز

دستگاه مبدل فشارسنج ثبت شد. حجم خالص گاز با کاستن میانگین گاز تولیدی ویال‌های بلانک از ویال‌های دارای نمونه حاصل شد.

برآورد فراسنجه‌های تولید گاز با کمک رابطه Orskov و McDonald (۱۹۷۹) انجام شد (رابطه ۱).

$$P = b(1 - e^{-ct})$$

در این معادله، P حجم تولید گاز در زمان t به صورت تجمعی، c ثابت نرخ تولید گاز، b گاز تولیدشده از بخش قابل تخمیر و t مدت زمان انکوباسیون می‌باشد. قابلیت هضم ماده آلی طبق روش Orskov و McDonald (۱۹۷۹)، انرژی قابل متابولیسم طبق روش Menke و Staingass (۱۹۸۸) و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر با استفاده از معادله Makkar (۲۰۰۵) تخمین زده شد.

$$OMD (\%) = 14.88 + 0.899 GP + 0.45 CP_1 - 0.065 A$$

$$ME (MJ/kg DM) = 2.20 + 0.136 GP + 0.0574 CP_2$$

$$SCFA (mmol) = -0.00425 + 0.0222 GP$$

در این معادلات، GP تولید خالص گاز در ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، CP₁ پروتئین خام (برحسب درصد)، A مقدار خاکستر و CP₂ پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک) می‌باشد.

اندازه‌گیری قابلیت هضم در شرایط برون‌تنی:

اندازه‌گیری قابلیت هضم تیمارهای مختلف بر اساس روش کشت بسته انجام شد (Theodorou و همکاران، ۱۹۹۴). روش تهیه بزاق مصنوعی و جمع‌آوری مایع شکمبه مطابق آنچه در آزمون تولید گاز شرح داده شد، صورت گرفت. pH مخلوط بافر و مایع شکمبه توسط دستگاه pH متر الکترونیکی (مدل ۶۹۱، شرکت Metrohm) کنترل و به ۶/۸ رسانده شد. ۵۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه‌های آسیاب شده به همراه ۵۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی و مایع شکمبه صاف‌شده به نسبت ۲ به ۱ در ویال‌های شیشه‌ای ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و پس از درپوش‌گذاری، در بن‌ماری

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

که در آن: P، پتانسیل تجزیه‌پذیری در زمان t؛ a، بخش سریع تجزیه؛ b، بخش کند تجزیه؛ c، عدد پیری؛ c، ثابت نرخ تجزیه و t: مدت‌زمان انکوباسیون کیسه‌ها در شکمبه می‌باشد. تجزیه‌پذیری مؤثر شکمبه (ED) به وسیله فرمول $(ED = a + b(b + c/c + k))$ محاسبه شد که در این فرمول k، میزان نرخ عبور مواد شکمبه‌ای می‌باشد. داده‌های آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد خطا انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی کاه کینوا: تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی کاه کینوا در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود ($P < 0/05$). عمل‌آوری، مقدار ماده خشک نمونه‌ها را کاهش داد. بیشترین مقادیر خاکستر خام در تیمارهای عمل‌آوری شده با مواد شیمیایی مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد حدود ۱۲ درصد افزایش در مقدار خاکستر مشاهده گردید. بین تیمارهای آزمایشی از نظر مقدار پروتئین خام اختلاف معنی‌داری وجود داشت؛ از این نظر، بالاترین مقدار پروتئین خام مربوط به تیمار عمل‌آوری شده با قارچ و پایین‌ترین مقدار مربوط به تیمار عمل‌آوری شده با ترکیبات شیمیایی بود. بین تیمارهای آزمایشی از نظر درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما از نظر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی تیمار عمل‌آوری شده با قارچ آسیرزیلوس نایجر به‌طور معنی‌داری بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد.

تولیدشده محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی، مایع شکمبه صاف و به نسبت مساوی با اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال مخلوط می‌شود. میزان نیتروژن آمونیاکی نمونه‌ها با استفاده از روش فنل-هیپوکلریت تعیین گردید (Kung و Broderick, ۱۹۸۰). بدین منظور از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۳۰ نانومتر جهت قرائت جذب نوری استفاده شد. آنالیز داده‌های حاصل با رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS نسخه (۹/۱) و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

در این رابطه، Y_{ij} مقدار مشاهده شده در هر صفت، μ میانگین کل، T_i اثر تیمار و e_{ij} اثر خطای آزمایش می‌باشد.

تعیین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای با روش کیسه‌های نایلونی: به‌منظور انجام آزمایش تجزیه‌پذیری، ۳ رأس گوسفند دارای فیستولای شکمبه‌ای در جایگاه انفرادی نگهداری و در طول مدت آزمایش با جیره‌ای در سطح نگهداری تغذیه شدند. نمونه‌ها با استفاده از توری ۲ میلی‌متری آسیاب گردیدند. مقدار ۵ گرم نمونه در داخل کیسه‌هایی از جنس ابریشم مصنوعی دارای ابعاد 100×150 میلی‌متر و منافذی به قطر ۵۲ میکرومتر قرار داده شد. کیسه‌های حاوی نمونه برای زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در شکمبه قرار داده شدند. پس از خروج آن‌ها، عمل شستشو تا آنجا که آب خروجی از کیسه‌ها، کاملاً زلال و شفاف شود، ادامه یافت. کیسه‌های شسته شده به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. برای زمان صفر، کیسه‌ها تنها در آب شسته شده و سپس به آون منتقل گردیدند. نسبت ناپدید شدن ماده خشک و ماده آلی از طریق تغییرات وزنی محاسبه شد. برآورد فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با استفاده از معادله McDonald و Orskov (۱۹۷۹) بدین شرح انجام شد.

جدول ۱- تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی کاه کینوا (درصد ماده خشک).

Table 1- Effects of chemical and biological processing methods on chemical composition of *Quinoa* straw (% DM)

P-Value	SEM	Treatments				شاهد Control	Item
		آسپرژیلوس نایجر <i>Aspergillus Niger</i>	باسیلوس سابتیلیس <i>Bacillus Subtilis</i>	هیدروکسید سدیم Sodium hydroxide	پراکسید هیدروژن Hydrogen peroxide		
0.0004	2.310	67.27 ^c	67.68 ^c	68.10 ^c	76.44 ^b	87.66 ^a	ماده خشک Dry Matter
<0.0001	0.224	81.52 ^b	80.50 ^c	72.80 ^d	71.58 ^e	84.67 ^a	ماده آلی Organic Matter
<0.0001	0.224	18.84 ^d	19.50 ^c	27.19 ^b	28.41 ^a	15.32 ^e	خاکستر خام Crude Ash
<0.0001	0.205	19.6 ^a	17.05 ^b	14.06 ^c	14.12 ^c	17.3 ^b	پروتئین خام Crude Protein
0.0020	0.304	3.96 ^a	2.30 ^b	1.70 ^c	2.53 ^b	3.56 ^a	چربی خام Ether Extract
0.0129	0.832	18.00 ^a	16.20 ^{ab}	17.06 ^{ab}	15.20 ^b	15.00 ^b	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid Detergent Fiber
0.8140	2.350	33.20	34.86	33.60	31.80	35.53	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral Detergent Fiber
0.8145	2.830	39.16	37.90	33.35	32.47	41.37	کربوهیدرات‌های غیر الیافی Non Fibre Carbohydrates

در هر ردیف، اعداد با حروف غیرمشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵)

The means within a row without common letter differ (P<0.05).

آزاد می‌گردد. بدین ترتیب وزن اولیه نمونه‌ها کاهش پیدا می‌کند (Shojaosadati و همکاران، ۱۹۹۹). افزایش در مقدار خاکستر خام در تیمار عمل‌آوری شده با مواد شیمیایی همسو با نتایج Ghiasvand و همکاران (۲۰۱۲) و Baytok و همکاران (۲۰۰۵) بود. در تحقیق حاضر تیمارهای پراکسید هیدروژن و هیدروکسید سدیم دارای بالاترین مقدار خاکستر و پایین‌ترین ماده آلی بودند. با توجه به ماهیت شیمیایی هیدروکسید سدیم، افزایش مقدار خاکستر در تیمارهای عمل‌آوری شده کاملاً مورد انتظار می‌باشد (Granzin و Dryden، ۲۰۰۳). گزارش شده است که عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم به دلیل نیاز به مقدار زیادی آب، به‌منظور حفظ pH در محدوده ۱۱/۵

نتایج این مطالعه همسو با نتایج Granzin و Khorvash (۲۰۰۳)، و همکاران (۲۰۱۰)، Ghiasvand و همکاران (۲۰۱۲) و Alaei (۲۰۱۸) بود. کاهش در مقدار ماده خشک در تیمارهای عمل‌آوری شده همسو با نتایج Alemu و همکاران (۲۰۰۶) بود. هرچند در برخی مطالعات (Salehi، ۲۰۱۶) ماده خشک در تیمارهای عمل‌آوری شده با قارچ‌های پلوروتوس ساچور کاجو و پلوروتوس فلوریدا، افزایش یافته است. اثر قارچ‌ها در کاهش ماده خشک می‌تواند به‌خاطر مصرف مواد مغذی موجود در نمونه‌ها برای رشد و متابولیسم قارچ‌ها باشد؛ زیرا در حین عمل‌آوری، اتم‌های کربن موجود در مواد آلی به مصرف قارچ‌ها رسیده و در نهایت گاز دی‌اکسید کربن

بالای پروتئین در میسیلیوم قارچ و در نتیجه گسترش میسیلیوم و تولید پروتئین سلولی روی بستر کشت باشد (Shamim و همکاران، ۲۰۱۶). در پژوهش حاضر، تیمار عمل‌آوری شده با قارچ باعث افزایش در الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شد. دلیل افزایش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی می‌تواند به این خاطر باشد که ابتدا اجزای سهل‌الهضم کاه برای استفاده در تولید توده زیستی مورد متابولیسم قرار می‌گیرند (Zadrazil، ۱۹۸۵).

تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر مقدار مواد معدنی و عوامل ضد تغذیه‌ای کاه کینوا: مقدار مواد معدنی و عوامل ضد تغذیه‌ای موجود در کاه کینوای عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن، هیدروکسید سدیم، باکتری و قارچ در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر مواد معدنی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). دامنه تغییرات عناصر پرمصرف فسفر $0.113 - 0.230$ ، کلسیم $2.56 - 40.20$ ، سدیم $118.40 - 130.33$ ، پتاسیم $31.83 - 37.40$ و منیزیم $8.46 - 12.10$ گرم در کیلوگرم به‌دست آمده آمد که سدیم بیشترین مقدار را داشت. بیشترین مقدار فلاونوئید در تیمار شاهد (0.212 گرم در کیلوگرم ماده خشک) و کمترین مقدار در تیمارهای هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن به ترتیب 0.082 و 0.063 گرم در کیلوگرم ماده خشک مشاهده گردید. مقدار فنل کل به ترتیب در تیمارهای عمل‌آوری شده با قارچ (1.92 گرم در کیلوگرم ماده خشک) و پراکسید هیدروژن (0.212 گرم در کیلوگرم ماده خشک) بالاترین و پایین‌ترین مقدار بود.

دارد، در نتیجه افزودن هیدروکسید سدیم به کاه به علت اثرات باقی‌مانده هیدروکسید سدیم، منجر به افزایش درصد خاکستر خام آن می‌شود (Ghiasvand و همکاران، ۲۰۱۲). با این نتیجه‌گیری می‌توان گفت که پایین آمدن مقدار ماده آلی در تیمارهای عمل‌آوری شده با ترکیبات شیمیایی نتیجه رقیق شدن مواد قندی و بالا رفتن مقدار خاکستر خام می‌باشد. افزایش غلظت خاکستر در تیمارهای عمل‌آوری شده با قارچ می‌تواند به علت ساپروفیت بودن قارچ و تأمین مواد غذایی موردنیاز خود از ترکیبات موجود در بستر کشت باشد که در مراحل اولیه رشد از همی‌سلولز و سلولز استفاده می‌کنند و در نهایت سبب کاهش غلظت بخش مواد آلی در بستر کشت می‌گردند (Jalk و همکاران، ۱۹۹۶).

مقدار پروتئین خام تیمارهای هیدروکسید سدیم و پروکسید هیدروژن در مقایسه با تیمارهای عمل‌آوری شده با قارچ کمتر بود. نشان داده شد که با عمل‌آوری کاه سویا با تیمار هیدروکسید سدیم باعث کاهش مقدار پروتئین خام در کاه می‌شود (Ghiasvand و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعه‌ای عمل‌آوری کاه سویا با هیدروکسید سدیم باعث کاهش مقدار پروتئین خام آن شد که به نظر می‌رسد جدا شدن نیتروژن از اجزای تشکیل‌دهنده کاه دلیل کاهش آن باشد (Yalchi و همکاران، ۲۰۱۲). عمل‌آوری با پراکسید هیدروژن باعث می‌شود پروتئین خام و میزان ماده آلی در کاه گندم و بقایای نیشکر پایین آید که در مطالعه حاضر مقدار پروتئین در تیمار هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن کاهش یافت. در این مطالعه تیمارهای عمل‌آوری شده با قارچ سبب افزایش معنی‌داری در غلظت پروتئین خام شدند. افزایش غلظت پروتئین خام ممکن است به دلیل میزان

جدول ۲- تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر مقدار مواد معدنی و عوامل ضد تغذیه‌ای کاه کینوا (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)
Table 2- Effects of chemical and biological processing methods on minerals and anti-nutrition factors of *Quinoa* straw (mg/kg DM)

P-Value	SEM	Treatments					Item
		آسپرژیلوس نایجر <i>Aspergillus Niger</i>	باسیلوس سابتیلیس <i>Bacillus Subtilis</i>	هیدروکسید سدیم Sodium hydroxide	پراکسید هیدروژن Hydrogen peroxide	شاهد Control	
0.3690	0.039	0.230	0.178	0.113	0.157	0.144	فسفر P
0.4780	0.815	3.16	3.90	4.50	4.20	2.56	کلسیم Ca
0.5250	5.66	129.23	118.40	130.33	123.16	120.83	سدیم Na
0.0184	1.651	37.40 ^a	33.40 ^{ab}	32.96 ^{ab}	31.83 ^b	34.70 ^{ab}	پتاسیم K
0.2400	1.254	11.66	12.10	8.46	8.96	9.93	منیزیم Mg
0.0125	0.037	0.107 ^{ab}	0.105 ^{ab}	0.063 ^b	0.082 ^b	0.212 ^a	فلاونوئید flavonoid
0.0010	0.221	1.92 ^a	1.55 ^{ab}	0.212 ^c	0.348 ^{dc}	0.924 ^{bc}	فنل کل Total Phenol

در هر ردیف، اعداد با حروف غیرمشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$)

The means within a row without common letter differ ($P < 0.05$).

محافظة می‌کنند. در مطالعه‌ای Salminen و همکاران (2004) نشان داده شد که برگ‌های جوان و برگ‌های بالغ حاوی مقدار بیشتری تانن قابل هیدرولیز و فلاونوئید گلیکوزید بودند؛ درحالی‌که الگوی متضادی برای پروآنتوسیانیدین‌ها مشاهده شد. ارتباط بین میزان کل فنل‌ها و کل تانن‌ها در آزمایش حاضر مخالف یافته‌های Yousef Elahi و همکاران (2014) و Singh Makkar (1993) بود که یک ارتباط مثبت و بالایی را بین میزان کل فنل‌ها و کل تانن‌ها ذکر کرده بودند. در بین خود روش‌های عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر فراسنجه‌های تولید گاز کاه کینوا: نتایج مربوط به تأثیر عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر فراسنجه‌های تولید گاز کاه کینوا نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر پتانسیل تولید گاز و نرخ تولید گاز اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول

در مطالعه‌ای بیان شد که بیشتر لگوم‌های نواحی گرمسیری حاوی مقادیر کلسیم از ۸/۶ تا ۱۰/۲ گرم بر کیلوگرم ماده خشک هستند (Minson, 1990). در گزارشی Rubanza و همکاران (2006) و Mtui و همکاران (2009) بیان کردند که مقدار کلسیم در محدوده ۶/۶ تا ۳۵/۶ گرم بر کیلوگرم ماده خشک است. غلظت تانن در گیاهان در درجه اول به‌وسیله ژنتیک و سپس شرایط محیطی کنترل می‌شود، برای مثال دمای بالا، تنش کم‌آبی، شدت بالای نور و کیفیت ضعیف خاک میزان تانن را در گیاهان افزایش می‌دهند (Odenyo و Osuji, 2013; Dutta و Bunglavan, 1997) دریافتند اثرات مخرب تانن‌ها شامل مهار آنزیم‌های گوارشی و اثرات سمی بر روی میکرووب-های شکمبه است. بااین‌وجود، فنل‌ها و تانن‌ها وقتی که در سطوح پایین (کمتر از ۵ درصد) هستند، مفید هستند؛ زیرا آن‌ها به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه گیاه عمل می‌کنند و پروتئین‌ها را از تخریب بلورین

تأثیر روش‌های عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی... / علی نقی‌زاده و همکاران

قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر نسبت به شاهد شد. موافق با پژوهش حاضر، Khajeh و همکاران (۲۰۲۰) مشاهده کرد تیمارهای عمل‌آوری شده با قارچ *آسپرژیلوس نایجر* و *تریکودرما*، سبب کاهش پتانسیل و نرخ تولید گاز شدند. در آزمایش‌های مختلف طی عمل‌آوری با قارچ بین تولید گاز و فراسنجه‌های تولید گاز همبستگی منفی وجود داشت که با نتایج Ndlovu و Nherera (۱۹۹۷)، Larbi و همکاران (۱۹۹۸) و Abdulrazak و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت داشت. همچنین بین تولید گاز و فراسنجه‌های تولید گاز با پروتئین خام همبستگی مثبتی وجود داشت که با نتایج Larbi و همکاران (۱۹۹۸) مطابقت داشت.

۳. در مقایسه با تیمار شاهد، تیمارهای عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن پتانسیل تولید گاز را کاهش ($P < 0/05$) و تیمارهای عمل‌آوری شده با باکتری و قارچ بدون تأثیر بودند ($P > 0/05$). پایین‌ترین نرخ تولید گاز ($0/0733$ میلی-لیتر در ساعت) در تیمار عمل‌آوری با قارچ مشاهده شد ($P < 0/05$). از نظر فراسنجه‌های تخمینی انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده آلی و غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر نیز بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0/05$). از این نظر تیمار شاهد بالاترین مقدار را از نظر این فراسنجه‌ها داشتند. در پژوهش حاضر، عمل‌آوری کاه کینوا با تیمارهای شیمیایی و بیولوژیکی باعث کاهش مقدار

جدول ۳- تأثیر تیمارهای شیمیایی و بیولوژیکی بر فراسنجه‌های تولید گاز کاه کینوا

Table 3- Effect of chemical and biological processing methods on gas production parameters of *Quinoa* straw

P-Value	SEM	Treatments					Item
		آسپرژیلوس نایجر <i>Aspergillus Niger</i>	باسیلوس سابتیلیس <i>Bacillus Subtilis</i>	هیدروکسید سدیم <i>Sodium hydroxide</i>	پراکسید هیدروژن <i>Hydrogen peroxide</i>	شاهد Control	
0.0155	1.017	50.65 ^{ab}	50.95 ^{ab}	48.53 ^b	51.38 ^{ab}	52.58 ^a	قابلیت هضم ماده آلی (درصد) Organic matter digestibility (% DM)
0.0154	0.153	7.60 ^{ab}	7.65 ^{ab}	7.28 ^b	7.71 ^{ab}	7.90 ^a	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلو گرم) Metabolizable energy (MJ/Kg)
0.0156	0.024	0.87 ^{ab}	0.83 ^{ab}	0.82 ^b	0.89 ^{ab}	0.92 ^a	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی مول) Short chain fatty acid (m mol)
0.0004	0.742	102.90 ^a	101.40 ^a	97.48 ^b	96.86 ^b	101.99 ^a	پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر به ازاء ۲۰۰ میلی گرم DM) Gas production potential (ml/200 mg DM)
0.0102	0.0017	0.0733 ^c	0.0750 ^{bc}	0.0842 ^a	0.0806 ^{ab}	0.0806 ^a	نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت) Rate of gas production (ml/h)

در هر ردیف، اعداد با حروف غیرمشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0/05$)

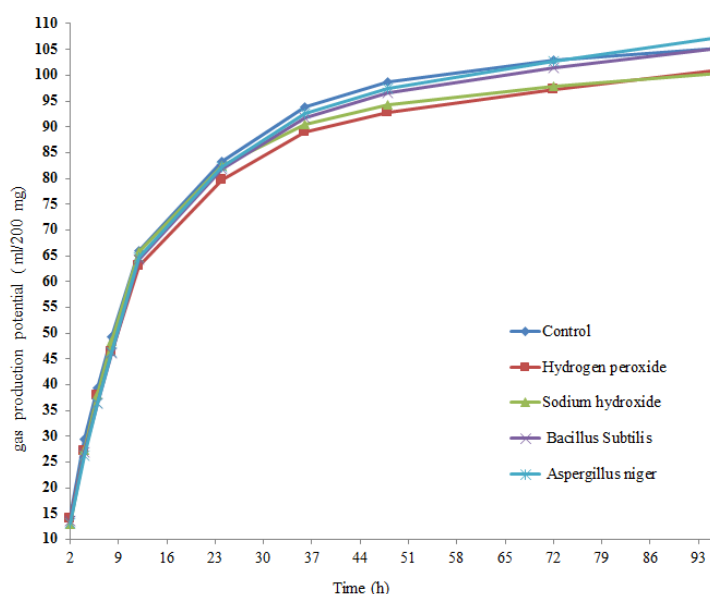
The means within a row without common letter differ ($P < 0.05$).

اثرات عوامل ضد تغذیه‌ای خوراک فراهم می‌کند (Salamatazar و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به اینکه

اندازه‌گیری گاز تولیدی در شرایط برون‌تنی اطلاعات مفیدی را در مورد سرعت و میزان هضم و

کوتاه زنجیر و گازها هستند. میکروارگانیسم‌ها سویستراهای تجزیه‌شده را برای به دست آوردن انرژی تخمیر می‌کنند. در این فرآیند، میکروب‌ها تکثیرشده و به قسمت‌های پایین دستگاه گوارش انتقال یافته و در آنجا، به‌عنوان منبع اصلی پروتئین برای حیوان میزبان، هضم می‌شوند.

میزان گاز تولیدی وابسته به ترکیب شیمیایی ماده‌ی خوراکی می‌باشد، عواملی از جمله گونه، زمان برداشت و مرحله‌ی بلوغ گیاه و نیز روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیب شیمیایی و میزان گاز تولیدی تأثیر می‌گذارند. در شکمبه خوراک تجزیه‌شده و یا برای تولید توده میکروبی استفاده‌شده یا تخمیر می‌شود. فرآورده‌های نهایی فرآیند تخمیر اسیدهای چرب



شکل ۱- تأثیر تیمارهای شیمیایی و بیولوژیکی بر روند تولید گاز بقایای کاه کینوا

Figure 1- Effect of chemical and biological processing methods on *in vitro* gas production.

محلول باشد (Sommart; ۲۰۰۹, Hormazipour). همکاران، (۲۰۰۰). همچنین بین منبع کربوهیدرات و منبع نیتروژن برای سنتتیک تولید گاز اثر متقابل وجود دارد. هر چه هم‌زمانی بین تجزیه‌پذیری کربوهیدرات و نیتروژن بهتر باشد و نیز نسبت نیتروژن به کربوهیدرات متناسب‌تر با نیاز میکروب باشد، بهبود در فرآیند تخمیر در محیط و افزایش تولید گاز قابل‌انتظار است (Dewhurst و همکاران، ۱۹۹۵). افزایش مقدار دیواره سلولی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی موجب کاهش کربوهیدرات‌های غیر الیافی و قندهای محلول گردیده و در نهایت باعث کاهش در سهولت هضم و تولید گاز

مطابق پژوهش‌های انجام‌گرفته، منابع خوراکی که میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی کمتری دارند، پتانسیل تولید گاز آن‌ها بالا است. همچنین با افزایش نسبت بخش محتوای دیواره سلولی لیگنینی‌شده، تخمیر کمتر صورت گرفته و منجر به کاهش در تولید گاز می‌شود (Sommart و همکاران، ۲۰۰۰). به‌دلیل وجود همبستگی منفی بین الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، نرخ و حجم گاز تولیدی (Haddi و همکاران، ۲۰۰۳)، کاهش در میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی باعث افزایش گاز تولیدی شد. این ممکن است در نتیجه‌ی افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها به دلیل دریافت منابع کربوهیدرات

می‌گردد (Getachew و همکاران، ۱۹۹۸؛ Makkar، ۲۰۰۵).

در پژوهش حاضر، قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در تیمار شاهد به ترتیب ۵۲/۵۸ درصد، ۷/۹۰ مگا ژول در کیلوگرم، ۰/۹۲۴ میلی‌لیتر به دست آمد که از سایر تیمارها بالاتر بود. تولید گاز یک فراسنجه‌ی مهم برای شناسایی قابلیت هضم و تخمیر نهایی و ساخت پروتئین میکروبی از مواد اولیه به‌وسیله میکروارگانسیم‌های شکمبه می‌باشد (Sommat و همکاران، ۲۰۰۰). بالا بودن تولید گاز بیانگر بالا بودن انرژی قابل متابولیسم و همچنین نیتروژن قابل تخمیر و سایر مواد مغذی لازم برای فعالیت میکروارگانسیم‌های شکمبه می‌باشد. نشان داده شده است که حجم گاز تولیدی منعکس‌کننده تخمیر مواد خوراکی به تولید اسیدهای چرب زنجیر کوتاه است. این بحث می‌تواند برآوردی از قابلیت هضم ظاهری باشد (Blummel و Orskov، ۱۹۹۳). مهم‌ترین اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شامل استات، پروپیونات و بوتیرات هستند. این اسیدها از دیواره دستگاه گوارش جذب و برای مورداستفاده قرار گرفتن به‌عنوان منبع انرژی مورد متابولیسم قرار می‌گیرند. غلظت انرژی اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ۱۴/۶، ۲۰/۸ و ۲۴/۹ مگا ژول برای هر کیلوگرم از به ترتیب استات، پروپیونات و بوتیرات می‌باشد (Moss، ۱۹۹۳). تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر همراه با تولید گازها به‌ویژه متان و دی‌اکسیدکربن می‌باشد. متان دارای غلظت انرژی ۵۵/۶ مگاژول بر کیلوگرم (Moss، ۱۹۹۳) می‌باشد که تولید آن علاوه بر اینکه یک گاز گلخانه‌ای است، نشان‌دهنده اتلاف انرژی خوراک است.

به‌طور دقیق، میزان گاز تولیدی با مقدار و نسبت استات و بوتیرات نیز مرتبط می‌باشد. تولید گاز در

تکنیک تولید گاز یا مستقیماً نتیجه تخمیر (دی‌اکسید کربن و متان) و یا غیرمستقیم حاصل از بافر شدن اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (دی‌اکسید کربن از بافر بیکربنات آزاد می‌شود). برای علوفه‌ها حدود ۵۰ درصد از کل تولید گاز از بافری شدن اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و باقیمانده مستقیماً از تخمیر سوبسترا تولید می‌شود (Blummel و Orskov، ۱۹۹۳). تولید مستقیم گاز در نتیجه تخمیر سوبسترا به استات و بوتیرات تولید می‌شود. تخمیر سوبسترا به پروپیونات تنها به صورت غیرمستقیم تولید گاز می‌کند و تولید گاز در نتیجه تولید پروپیونات نسبت کمتر می‌باشد (Van Soest، ۱۹۹۴؛ Hungate، ۱۹۶۶ و Wolin، ۱۹۶۰). با افزایش گاز تولیدی، قابلیت هضم ماده خشک نیز افزایش می‌یابد. این موضوع نشان‌دهنده آن است که تولید گاز یک بخش لاینفک از تخمیر شدن مواد خوراکی است (Mansuri و همکاران، ۲۰۰۳). عمل‌آوری مواد لیگنوسلولزی با ترکیبات شیمیایی، منجر به شکافت پیوندهای استری بین لیگنین و همی-سلولز، کاهش بلورینگی و افزایش تخلخل سطح ماده شده که باعث تسهیل در فرآیند هیدرولیز می‌شوند (Sun و Cheng، ۲۰۰۲). نتیجه تمامی تغییرات حاصل از عمل‌آوری مواد لیگنوسلولزی افزایش قابلیت حل ترکیبات دیواره سلولی است. گزارش‌های بسیاری در زمینه بهبود فرآیند تخمیر و تولید گاز در اثر استفاده از ترکیبات شیمیایی (Liu و همکاران، ۲۰۰۳) ارائه شده است.

تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر قابلیت هضم و فراسنجه‌های تخمیری کاه کینوا: نتایج حاصله بر تأثیر روش‌های عمل‌آوری بیولوژیکی و شیمیایی بر قابلیت هضم ماده خشک، قابلیت هضم ماده آلی، عامل تفکیک، فراسنجه‌های تخمیری شکمبه‌ای و تولید پروتئین میکروبی در جدول ۴ نشان داده شده است. بین تیمارهای آزمایشی از نظر قابلیت هضم ماده

بابایی و همکاران (۱۳۹۴) و در تضاد با نتایج قاسمی و همکاران (۱۳۹۸) بود. در دیواره سلولی، همی سلولز در پیوند با سلولز قرار دارد. هضم میکروبی سلولز تا زمانی که همی سلولز برداشته یا شکسته نشود، محدود خواهد بود. از طرفی هضم میکروبی همی سلولز به دلیل پیوند آن با لیگنین و اسیدهای فنلی پایین است؛ بنابراین لیگنین زدایی باعث حل شدن بیشتر همی-سلولز و در نتیجه افزایش هضم همی سلولز و سلولز خواهد شد (Chaudhry, ۱۹۹۸). عمل آوری مواد الیافی با ترکیبات شیمیایی، موجب تورم دیواره سلولی، کاهش بلورینگی و انسجام سلولز می شود. چنین موادی عوامل هیدروکسیل و احدهای گلوکز در مولکول سلولز را در معرض واکنش قرار داده و شدت بلورینگی سلولز را کاهش می دهند. این امر اثر پوشاندگی موادی مثل لیگنین و سیلیس را بر سلولز کاهش داده و آمادگی دیواره سلولی را برای هیدرولیز افزایش می دهد (Darai Garmekhani, ۲۰۱۲).

خشک و قابلیت هضم ماده آلی اختلاف معنی داری وجود داشت ($P < 0.05$). تیمارهای عمل آوری شده با باکتری در مقایسه با سایر تیمارها پایین ترین قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی را داشت ($P < 0.05$). تیمارهای عمل آوری شده با ترکیبات شیمیایی در مقایسه با تیمار شاهد و تیمارهای عمل آوری شده با باکتری و قارچ بالاترین قابلیت هضم ماده آلی را داشتند ($P < 0.05$).

دامنه عامل تفکیک بین تیمارهای آزمایشی از ۳/۱۴ تا ۴/۸۲ متغیر بود و بالاترین و پایین ترین مقدار آن به ترتیب مربوط به تیمارهای هیدروکسید سدیم و باکتری بود. از نظر مقدار تولید پروتئین میکروبی نیز بالاترین مقدار مربوط به شاهد و پایین ترین مقدار مربوط به نمونه عمل آوری شده با باکتری بود. در این مطالعه قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در بقایای کاه کینوا عمل آوری شده با پراکسید هیدروژن و هیدروکسید سدیم بالاتر بود که در توافق با نتایج

جدول ۴- تأثیر عمل آوری های شیمیایی و بیولوژیکی بر فراسنجه های تخمیری و قابلیت هضم کاه کینوا

Table 4- Effect of chemical and biological processing methods on fermentation parameters and digestibility of Quinoa straw treatments¹

P-Value	SEM	treatments ¹					Item
		آسپرژیلوس نایجر <i>Aspergillus Niger</i>	باسیلوس سابتیلیس <i>Bacillus Subtilis</i>	هیدروکسید سدیم Sodium hydroxide	پراکسید هیدروژن Hydrogen peroxide	شاهد Control	
0.0010	2.180	73.80 ^b	65.80 ^c	80.40 ^{ab}	82.40 ^a	77.60 ^b	قابلیت هضم ماده خشک DMD ¹ (%)
0.0004	1.930	72.60 ^b	68.38 ^c	80.12 ^a	80.62 ^a	76.10 ^b	قابلیت هضم ماده آلی OMD ² (%)
0.0006	0.132	3.44 ^{bc}	3.14 ^c	4.82 ^a	4.32 ^a	4.11 ^{ab}	عامل تفکیک PF ³ (mg/ml)
0.0006	8.760	106.75 ^c	77.67 ^d	130.00 ^b	121.21 ^b	149.00 ^a	پروتئین میکروبی MB ⁴ (mg/gDM)
0.0020	8.650	233.21 ^{ab}	252.05 ^a	191.02 ^c	211.66 ^{bc}	202.11 ^c	بازده تولید گاز Gas yield ⁵ (ml/g)
0.0013	0.023	0.36 ^{bc}	0.29 ^c	0.42 ^{ab}	0.33 ^c	0.46 ^a	بازده تولید پروتئین میکروبی EMB ⁶
0.0970	0.038	6.76	6.82	6.89	6.84	6.92	pH

1- Dry Matter Digestibility, 2- Organic Matter Digestibility, 3- Partitioning Factor, 4- Microbial biomass, 5- Gas Production Efficiency (ml), 6- Efficiency of microbial biomass.

در هر ردیف، اعداد با حروف غیرمشابه با یکدیگر اختلاف معنی دار دارند ($P < 0.05$)

The means within a row without common letter differ ($P < 0.05$).

دامنه عامل تفکیک بین تیمارهای آزمایشی متغیر بود و بالاترین و پایین‌ترین مقدار آن به ترتیب مربوط به تیمارهای عمل‌آوری شده با هیدروکسید سدیم و تیمار باکتری بود. سلول در هضم میکروبی تا زمانی که همی سلولز شکسته یا برداشته نشود محدود خواهد بود. از طرفی نیز هضم میکروبی همی سلولز به دلیل پیوند آن با اسیدهای فنلی و لیگنین پایین است. Chaudhry (۱۹۹۸) نشان داد که یکی از عواملی که باعث حل شدن بیشتر همی سلولز می‌شود، لیگنین‌زایی است در نتیجه افزایش هضم سلولز و همی سلولز خواهد شد. عمل‌آوری ترکیبات الیافی با ترکیبات شیمیایی موجب کاهش بلورینگی، انسجام سلولز و تورم دیواره سلولی می‌شود (Darai Garmekhani, 2012)، اثر پوشاندگی موادی مثل سیلیس و لیگنین را بر سلولز کم کرده و آمادگی دیواره سلولی را برای هیدرولیز بالا برده (Chaudhry, ۱۹۹۸) و اثر بازدارندگی اسیدهای فنلی در هضم کربوهیدرات‌های ساختمانی را نیز محدود یا حذف می‌کنند؛ بنابراین عمل‌آوری شیمیایی کاه کینوا باعث بهبود چشمگیری در قابلیت هضم سلولز صورت می‌گردد. Yalchi و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که هیدروکسید سدیم می‌تواند باعث شکسته شدن پیوندهای بین کربوهیدرات‌های دیواره سلولی و لیگنین شود که این امر باعث می‌شود تا قابلیت استفاده از آن‌ها برای باکتری‌های هضم‌کننده بیشتر شود.

در این مطالعه قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در تیمارهای عمل‌آوری شده با ترکیبات شیمیایی در مقایسه با تیمارهای دیگر بالاتر بود. در تضاد با نتایج حاضر، Chaudhry (۱۹۹۷) گزارش کرد که عمل‌آوری کاه گندم با پراکسید هیدروژن، قابلیت هضم ماده خشک را افزایش داد. پراکسید هیدروژن باعث شکستن پیوندهای استری بین همی سلولز و

همچنین اثر بازدارندگی اسیدهای فنلی نیز در هضم کربوهیدرات‌های ساختمانی به وسیله ترکیبات شیمیایی حذف یا محدود می‌شود (Chaudhry, ۱۹۹۸)؛ بنابراین بهبود چشمگیری در قابلیت هضم سلولز در کاه عمل‌آوری شده با مواد شیمیایی صورت می‌گیرد. همسو با نتایج این مطالعه، Yalchi و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که هیدروکسید سدیم باعث شکسته شدن پیوندهای بین لیگنین و کربوهیدرات‌های دیواره سلولی شده و قابلیت استفاده از آن‌ها را برای باکتری‌های هضم‌کننده بیشتر می‌نماید. این امر باعث افزایش قابلیت هضم می‌شود.

همسو با نتایج این مطالعه، Khorvash و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی تأثیر هیدروکسید سدیم بر قابلیت هضم برون‌تی کاه نشان دادند که علی‌رغم کاهش در مقدار دیواره سلولی، قابلیت هضم تأثیر قرار نگرفت. پراکسید هیدروژن باعث شکسته شدن پیوندهای استری بین همی سلولز و لیگنین از دیواره سلولی می‌شود کاه به ذرات ریز تبدیل می‌شود که محتویات الیافی آن از هم می‌پاشد و به صورت معلق درمی‌آید. عمل‌آوری کاه سویا با هیدروکسید در افزایش قابلیت هضم آن تأثیر دارد. همسو با نتایج این مطالعه Sundstut (۱۹۸۸) گزارش کرد که استفاده از هیدروکسید سدیم قابلیت هضم ماده آلی کاه چاودار را در شرایط آزمایشگاهی از ۱۷۵ گرم در کیلوگرم به ۷۷۵ گرم در کیلوگرم افزایش داد. در مطالعه Al-Masri (۲۰۰۵) افزایش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در نتیجه استفاده از هیدروکسید سدیم گزارش شده است. اما در مطالعه‌ای بهبودی در قابلیت هضم ماده آلی در اثر افزودن هیدروکسید سدیم حاصل نشد (Chaji و همکاران، ۲۰۱۰). یکی از فاکتورهای مهم در قابلیت هضم مصرف ماده خشک الیاف غلظت نیتروژن می‌باشد.

لیگنین از دیواره سلولی می‌شود. این عمل باعث می‌شود که ذرات ریزتر تبدیل شود تا محتویات الیاف از هم پاشیده و به صورت معلق درآید. در تغذیه نشخوارکنندگان پروتئین میکروبی تولیدشده به‌عنوان منبع پروتئین و بازده پروتئین میکروبی اهمیت بسزایی دارد. در تحقیق حاضر عامل تفکیک کاه کینوا در محدوده ۳/۱۴-۴/۸۲ به دست آمد. بیشترین مقدار به ترتیب در تیمار هیدروکسید سدیم و کمترین آن در باکتری مشاهده شد. Blummel و همکاران (۱۹۹۷) مقدار عامل تفکیک در خوراک‌های متعارف در محدوده ۴/۴۱-۲/۷۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر است. یکی از عوامل افزایش عامل تفکیک از محدوده متعارف وجود عوامل ضد تغذیه‌ای در نمونه خوراک است. عوامل ضد تغذیه‌ای در مسیر هضم و تخمیر از نمونه خوراک شسته شده و در ناپدید شدن ماده خشک سهم به‌سزایی دارند، بدون اینکه در فرآیند تولید گاز نقش داشته باشند. در این تحقیق، میزان توده میکروبی تولیدشده در پایان ۲۴ ساعت انکوباسیون در کاه کینوا ۱۴۹ میلی‌گرم به‌ازای گرم ماده خشک به دست آمد. تیمارهای شاهد و هیدروکسید سدیم بیشترین میزان این صفت را دارا بودند. نتایج حاصله نشان داد که مقدار بازده تولید گاز تولیدی پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون در تیمار شاهد مقدار ۲۰۲ میلی‌لیتر به‌دست آمده و تمام تیمارها باعث افزایش بازده تولید گاز شدند.

تأثیر عمل‌آوری‌های شیمیایی و بیولوژیکی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک کاه کینوا:
نتایج حاصل از تأثیر روش‌های عمل‌آوری شیمیایی و

بیولوژیکی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک کاه کینوا در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که روش‌های مختلف عمل‌آوری تأثیر معنی‌داری بر تجزیه‌پذیری کاه کینوا داشتند ($P < 0/05$). در بین روش‌های شیمیایی و بیولوژیکی، هیدروکسید سدیم دارای بالاترین مقدار بخش سریع تجزیه (۵۵/۳۲ درصد) بود. نمونه‌های عمل‌آوری شده با باکتری و قارچ به‌طور معنی‌داری باعث کاهش بخش سریع تجزیه و افزایش بخش کند تجزیه شدند ($P < 0/05$). از نظر نرخ ثابت تجزیه‌پذیری تیمار پراکسید هیدروژن از نرخ بالاتری (۰/۰۷۲ درصد در ساعت) برخوردار بود. تیمار هیدروکسید سدیم بالاترین (۹۵/۴۰ درصد) و تیمار قارچ پایین‌ترین پتانسیل تجزیه‌پذیری (۸۸/۹۹ درصد) را داشتند. به‌طور کلی، با نرخ عبور ۳ درصد در ساعت تیمارهای عمل‌آوری شده با پراکسید هیدروژن و هیدروکسید سدیم از بالاترین تجزیه‌پذیری مؤثر و تیمار عمل‌آوری شده با قارچ از پایین‌ترین تجزیه‌پذیری مؤثر برخوردار بودند.

تأثیر روش‌های عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر روند تجزیه‌پذیری کاه کینوا در زمان‌های مختلف پس از انکوباسیون در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است تیمارهای پراکسید هیدروژن و هیدروکسید سدیم از نرخ تجزیه‌پذیری بالاتری برخوردار بودند. در نقطه زمانی پایانی انکوباسیون تیمار عمل‌آوری شده با قارچ در نقطه پایین‌تری قرار دارد.

تأثیر روش‌های عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی... / علی نقی‌زاده و همکاران

جدول ۵- تأثیر عمل‌آوری‌های شیمیایی و بیولوژیکی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک کاه کینوا

Table 3- Effect of chemical and biological processing methods on Degradability coefficients of *quinoa* straw

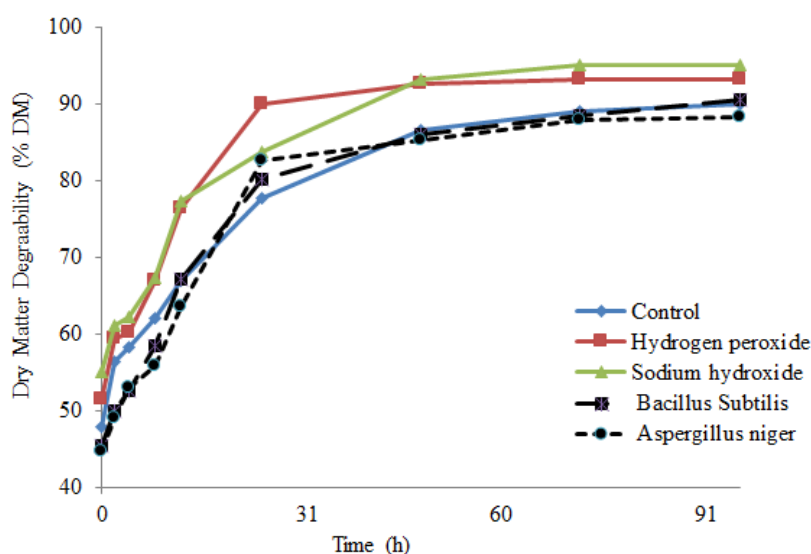
تجزیه‌پذیری مؤثر ED	پتانسیل تجزیه‌پذیری PD	ضرایب تجزیه‌پذیری Degradability coefficients (%)			Treatments
		c	b	A	
74.80 ^{bc}	90.46 ^c	0.047 ^b	40.18 ^b	50.21 ^b	شاهد Control
81.50 ^a	93.94 ^b	0.072 ^a	42.81 ^{ab}	51.20 ^b	پراکسید هیدروژن Hydrogen peroxide
81.33 ^a	95.40 ^a	0.054 ^b	40.37 ^b	55.32 ^a	هیدروکسید سدیم Sodium hydroxide
75.75 ^b	90.01 ^c	0.054 ^b	45.51 ^a	44.62 ^c	باسیلوس ساب‌تیلیس <i>Bacillus Subtilis</i>
73.29 ^c	88.99 ^a	0.056 ^b	45.55 ^a	43.53 ^c	آسپرژیلوس نایجر <i>Aspergillus niger</i>
0.710	0.168	0.003	0.965	0.796	SEM
<0.0001	<0.0001	0.0093	0.0048	<0.0001	P-Value

a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه،

a, rapidly degraded fraction (%); b, Slowly degraded fraction (%); c, Rate of degradation (fraction/h); PD, Potential degradability; ED, Effective degradability (%).

در هر ردیف، اعداد با حروف غیرمشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$)

The means within a column without common letter differ ($P < 0.05$).



شکل ۲- تأثیر روش‌های عمل‌آوری شیمیایی و بیولوژیکی بر روند تجزیه‌پذیری کاه کینوا

Figure 2- Effect of chemical and biological processing methods on *in situ* dry matter degradation at different times of incubation.

دسترسی آنزیم‌ها به برخی از نقاط پلیمر سلولز جلوگیری می‌کند. عمل‌آوری مواد لیگنوسلولزی در درجه اول به منظور بالا بردن دسترسی به سطح سلولز صورت می‌گیرد. عمل‌آوری مواد الیافی با ترکیبات

در مواد لیگنوسلولزی، سلولز یک پلیمر خطی از گلوکز بوده که با همی‌سلولز پیوند برقرار کرده و توسط لیگنین احاطه شده است. لیگنین یک کمپلکس سه‌بعدی از ماتریکس پلی‌آروماتیک بوده که از

تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و ماده آلی کاه کلزا در اثر عمل‌آوری با هیدروکسید سدیم + پراکسید هیدروژن و نیز آب نسبت به شاهد افزایش یافت (Ghiasvand و همکاران، ۲۰۱۱). یون‌های هیدروکسیل باعث متورم شدن سلولز، شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی بین سلولز و همی‌سلولز و هیدرولیز پیوندهای استری پلی- ساکاریدهای دیواره سلولی شد و در نتیجه محتویات دیواره سلولی از هم پاشیده و به صورت معلق درمی‌آیند. در این مطالعه تیمارهای عمل‌آوری شده با باکتری و قارچ در مقایسه با سایر تیمارهای دارای مقدار پایین‌تری بخش سریع تجزیه بوده و از تجزیه- پذیری مؤثر پایین‌تری برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که روش- های مختلف عمل‌آوری تأثیرات متفاوتی بر ارزش تغذیه‌ای کاه کینوا داشتند. از نظر ترکیب شیمیایی عمل‌آوری با قارچ *آسپرژیلوس نایجر* به‌طور معنی- داری مقدار پروتئین خام را افزایش داد. با این حال، با در نظر گرفتن پتانسیل تخمیری و قابلیت تجزیه‌پذیری به نظر می‌رسد که عمل‌آوری با مواد شیمیایی عملکرد بهتری داشتند. به‌طور کلی، پیشنهاد می‌شود در صورت فراهمی امکانات، برای بهبود ارزش تغذیه‌ای کاه کینوا از مواد شیمیایی هیدرواکسید سدیم و پراکسید هیدروژن استفاده شود.

شیمیایی باعث کاهش بلورینگی، انسجام سلولز و موجب متورم شدن دیواره سلولی می‌شود (Harmsen و همکاران، ۲۰۱۰). چنین موادی موجب می‌شوند عواملی که در هیدروکسیل واحدهای گلوکز موجود در مولکول سلولز است در معرض واکنش‌ها قرار گرفته و شدت بلورینگی در سلولز کاهش می‌یابد. این عمل اثر پوشاندگی مثل سیلیس و لیگنین را بر سلولز کم می‌کند. به این شکل آمادگی دیواره سلولی را برای هیدرولیز بالا می‌برد. به‌طور کلی، به نظر می‌رسد که با عمل‌آوری شیمیایی مواد لیگنوسلولزی برخی از بازدارنده‌های فیزیکی و شیمیایی هضم از جمله پیوند لیگنوسلولزی را از بین می‌برد و در نتیجه مواد حاوی انرژی مثل سلولز و همی‌سلولز از لیگنین آزاد شده و به‌عبارت‌دیگر سطح تماس الیاف لیگنوسلولزی با آنزیم‌های میکروبی افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای با بررسی اثرات هیدروکسید سدیم، پراکسید هیدروژن و اکسید کلسیم بر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای کاه گندم، افزایش در تجزیه‌پذیری گزارش شده است (Chaudhry, ۲۰۰۰).

افزودن ترکیبات قلیایی (هیدروکسید سدیم) به بقایا باعث صابونی‌شدن پیوندهای استری بین اسیدهای فنولیک و پلی ساکاریدهای باند شده با لیگنین می‌شود. این باعث افزایش قابلیت هضم دیواره سلولی می‌شود که در نتیجه آن بخشی از پیوندها شکسته می‌شود (Hidenori و Masaaki, ۲۰۰۰). گزارش شده است که بخش‌های کند تجزیه، ثابت نرخ

منابع

- Abdulrazak, S.A., Fujihara, T., Ondiek, T. & Orskov, E.R. (2000). Nutritive evaluation of some Acacia from Kenya. *Animal Feed science and Technology*, 85: 89-98.
- Alaei, A. (2018). Evaluation of nutritional value of *Vicia Faba* residues processed with some chemical compounds. MSc Thesis. *Gonbad Kavous University 91 pp.* (In Persian).
- Alemu, T., Chairatanyuth, P., Vijchulata, P. & Tudsri, S. (2006). Production and Utilization of crop residue in three agro ecological zones of Eastern Shoa Zone, Ethiopia. *Kasetsart Journal*, 40: 643-651.

- Ali Ehaiai, M. & Behbahanizadeh, A.A. (1999). Methods of chemical analysis of soil and plants. *Soil and Water Research Institute of Iran*, 2(982). (In Persian)
- Al-Masri, M.R. (2005). Nutritive value of some agricultural wastes as affected by relatively low gamma irradiation levels and chemical treatments. *Bioresource Technology*, 96: 1737-1741.
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.
- Babayi, M., Ghanbari, F., Gharehbash, A.M. & Bayat Kouhsar, J. (2015). Investigation on the nutritional value of processed vetch wastes (*vigna radiate*) with electron beam, hydrogen peroxide and hydrobromic acid using gas production technique and batch culture method. *Journal of Ruminant Research*, 3(1): 1-20. (In Persian)
- Baytok, E., Aksu, T., Karsli, M.A. & Muruz, H. (2005). The effects of formic acid, molasses and inoculant as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29: 469-474.
- Blümmel, M. & Ørskov, E.R. (1993). Comparison of gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 40: 109-119.
- Blümmel, M., Makkar, P.S. & Becker, K. (1997). *In vitro* gas production, a technique revisited. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 77: 24-34.
- Broderick, G.A. & Kung, J.H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *Journal of Animal Science*, 63: 64-75.
- Bunglavan, S.J. & Dutta, N. (2013). Use of tannin as organic protectants of proteins in digestion of ruminants. *Journal of Livestock Science*, 4: 67-77.
- Chaji, M., Mohammadabadi, T., Mamouie, M. & Tabatabaei, S. (2010). The effect of processing with high steam and sodium hydroxide on nutritive value of sugarcane pith by *in vitro* gas production. *Journal of Animal and Veterinary Advance*, 9: 1015-1018.
- Chaudhry, A.S. (1997). Washing and filtration of wheat straw treated with sodium hydroxide alone or with hydrogen peroxide to modify cell wall composition and *in vitro* digestibility. *Australasian Journal of Agricultural Science*, 37: 617-621.
- Chaudhry, A.S. (1998). Nutrient composition, digestion and rumen fermentation in sheep of wheat straw treated with calcium oxid, sodium hydroxid and alkaline hydrogen peroxide. *Animal Feed Science and Technology*, 74: 315-328.
- Chaudhry, A.S. (2000). Rumen degradation *in sacco* in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide. *Animal Feed Science and Technology*, 83: 313-323.
- Cottica S. M., Sawaya, A.C., Eberlin, M.N., Franco, S.L., ZeoulaL, M. & Visentainer, J.V. (2011). Antioxidant activity and composition of propolis obtained by different methods of extraction. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22: 929-935.
- Darai Garmekhani, A. (2012). Optimizing the production of fermentable sugars from rapeseed lignocellulosic residues using new pretreatments. PhD. Food Science and Technology. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources. 250pp. (In Persian).
- Dewhurst, R.J., Hepper, D. & Webster, A.J.F. (1995). Comparison of *in sacco* and *in vitro* techniques for estimating the rate and extent of rumen fermentation of a range of dietary ingredients. *Animal Feed Science and Technology*, 51: 211-229.
- FAO. (2011). Quinoa, An ancient crop to contribute to world food security. Regional Office for Latin America and the Caribbean. PP, 63.
- Getachew, G., Blümmel, M., Makkar, H. & Becker, K. (1998). *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds, a review. *Animal Feed Science and Technology*, 72: 261-281.
- Getachew, G., Depiters, E.J. & Robinson, P.H. (2002). *In vitro* gas production provides effective method for assessing ruminant feeds. *California Agriculther*, 58: 54-58.
- Ghasemi, S., Naserian, A.A., Valizadeh, R., Behgar, M. & Mosavi Shalmay, M.A. (2019). The effects gamma irradiation, sodium hydroxide, urea and polyethylene glycol on phenolic

- compounds, *in vitro* gas production kinetics and microbial protein synthesis of pistachio by-products. *Journal of Ruminant Research*, 7(2): 97-112. (In Persian).
- Ghiasvand, M., Rezayazdi, K. & Dehghan Banadaki, M. (2011). The effects of different processing methods on chemical composition and ruminal degradability of canola straw and its effect on fattening performance of male Holstein calves. *Journal of Animal Science Researches (Agricultural Science)*, 22: 93-104. (In Persian).
- Granzin, B.C. & Dryden, G.M. (2003). Effects of alkalis, oxidant and urea on the nutritive value of Rhodes grass (*Chloris gayana* cv. *Callide*). *Animal Feed Science and Technology*, 103: 113-122.
- Haddi, M.L., Filacorda, S., Meniai, k., Rollin, F. & Susmel, P. (2003). *In vitro* fermentation kinetics of some halophyte shrubs sampled at three stage maturity. *Animal Feed Science and Technology*, 104: 215-225.
- Hans Joachim, G., Jung, H.G. & Fernando, R. (1992). Cell wall compositions degradability of forage stems following chemicals biological delignification. *Journal of Science Food Agriculture*, 58: 347-355.
- Harmsen, P., Huijgen, W., Bermudez, L. & Bakker, R. (2010). A review of physical and chemical pretreatment processes for lignocellulosic biomass. *Food and Biobased Research*, 1184: 1-54.
- Hidenori, A.B.E. & Masaaki, Y. (2000). Effects of ammuniton on dry matter digestibility of grasses and legums. *Journal of Animal Science*, 9: 7-21.
- Hormazipour, H. (2009). Determining the nutritional value of six types of fodder plants in Sistan. Ministry of Science, Research and Technology - Zabol University - Faculty of Agriculture Master's Degree. 85pp. Food and Biobased Research.
- Hosseini, S.H., Karizaki, A.R., Biabani, A., Nakhzari Moghaddam, A. & Taliey, F. (2020). Investigation of changes in physiological characteristics and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) under different cultivation date. *Journal of Crop Production*. 13(2): 99-116.
- Hungate, R.E. (1966). The Rumen and Its Microbes. Academic Press, NY, 533 pp.
- Jacobsen, S.E., Mujica, A. & Jensen, C.R. (2003). The resistance of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. *Food Reviews International*, 19(1-2): 99-109
- Jalc, D., Nerud, F., Zitnan, R. & Siroka, P. (1996). The effect of white-rot Basidiomycetes on chemical composition and *In vitro* digestibility of wheat straw. *Folica Microbiol*, 41: 73-75.
- Jamali, S., sharifan, H., hezarjaribi, A. & sepahvand, N.A. (2016). The effect of different levels of salinity on germination and growth indices of two cultivars of Quinoa. *Journal of Water and Soil Resource Conservation*, 6 (1): 87-98. (In Persian).
- Khajeh, E., Bayat Kouhsar, J., Ghanbari, F. & Talei, F. (2020). Effect of chemical and biological processing methods on chemical composition, gas production and digestibility of wheat straw. *Animal Science Research (Agricultural Science)*, 30: 41-57. (In Persian).
- Khorvash, M., Kargar, S., Yalchi, T. & Ghorbani, G.R. (2010). Effect of calcium oxide and calcium hydroxide on the chemical composition and *in vitro* digestibility of soybean straw. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8: 356-359. (In Persian).
- Kung, J.L., Stokes, M.R. & Lin, C.J. (2004). Silage additives, in *Silage Science and Technology* (Agronomy Series No. 42). D. R. Buxton, R. E. Muck, and H.J. Harrison, ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Larbi, A., Smith, J. W., Adekunle, I.O., Raji, A.M. & Ladipo, D.O. (1998). Chemical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in humid tropics. *Animal Feed Science and Technology*, 72: 81-96.
- Leng, R.A. (1991). Application of biotechnology to nutrition of animal in developing countries. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Liu, j.Y., Yuan, W.Z., Ye, J. & Wu, Y. (2003). Effect of tea (*Camellia sinensis*) saponin addition on rumen fermentation *in vitro* In matching herbivore nutrition to ecosystems biodiversity. Tropical and subtropical agro systems. Pages 561-564 in Proc. 6th International Symposium on the Nutrition of Herbivore, Merida, Mexico.

- Makkar, H.P. (2005). *In vitro* gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Animal of Feed Science and Techmology*, 123: 291-302.
- Makkar, H.P.S. & Singh, B. (1993). Effect of storage and urea addition on detanification and *in sacco* dry matter digestibility of mature oak (*Quercus incana*) leaves. *Animal Feed Science and Technology*, 41: 247-259.
- Malick, C.P. & Singh, M.B. (1980). In plant Enzymology and Histo Enzymology, Kalyani Publishers, New Dehli.
- Mansuri, H., Nikkhah, A, Rezaeian, M., Moradi Shahrababack, M. & Mirhadi, S.A. (2003). Determination of Roughages Degradability through *In vitro* Gas Production and Nylon Bag Techniques. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 34: 495-507.
- Menke, K.H. & Steingass, H.H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Journal of Animal Research and Development*, 28p.
- Menke, K.H., Raab, L., Solewski, A., Steingass, H., Fritz, D. & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agriculture Science*, 93: 217-222.
- Moss, A.R. (1993). Methane, Global warming and production by animals. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK. Chalcombe publications.
- Mtui, D.J., Lekule, F.P., Shem, M.N., Ichinohe, T. & Fujihara, T. (2009). Comparative potential nutritive value of grasses, creeping legumes and multipurpose trees commonly in sub humid region in the Eastern parts of Tanzania. *Livestock Research for Rural Development*, 21.
- Ndlovu, L.R., & Nherera, F.V. (1997). Chemical composition and relationship to *in vitro* gas production of Zimbabwean browsable indigenous tree species. *Animal Feed Science and Technology*, 69: 121-129.
- Orskov, E.R. & McDonald, I.M. (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.
- Osuji, P.O. & Odenyo, A.A. (1997). The role of legume forage as supplements to low quality roughage-ILRI experience. *Animal Feed Science and Technology*, 69: 27-38.
- Ramezani, S.S., Soltankhah, H., Sifty, S. & Salehi, M. (2013). The first report of the successful cultivation and propagation of vegetable caviar (*Quinoa*) in Golestan province. Exhibition of research achievements of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian).
- Rubanza, C.D.K., Shem, M.N., Ichinohe, T. & Fujihara, T. (2006). Polyphenolics and mineral composition of selected browse tree species leaves native to north western Tanzania traditional fodder banks. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 4(1): 328-332.
- Salamatazar, M., Salamataz-doust-nobar, R. & Maheri-sis, N. (2012). Evaluation of the effects of thymus vulgar on degradability kinetics of canola meal for ruminant using *in vitro* gas production technique. *Journal of Cell and Animal Biology*, 6: 164-168.
- Salehi, A. (2016). Determination of chemical composition, gas production and *in vitro* fermentation parameters of tomato pulp and pistachio hull treated by *Pleurotus sahor cajo*. MSc Thesis. Bu-AliSina University. 91pp (In Persian).
- Salminen, J.P., Ossipov, V., Haukioja, E. & Pihlaja, K. (2001). Seasonal variation in the content of hydrolysable tannins. *Phytochemistry*, 57: 15-22.
- Shamim, A., Ghazali, Z. & Albinsson, P.A. (2016). An integrated model of corporate brand experience and customer value co-creation behaviour. *International Journal of Retail and Distribution Management*, 44 (2): 139- 158.
- Sharari, M., Jahan, Latibari, A., Guillet, A., Arousseau, M., Mouhamadou, B., Rafeiee, G.h. Mirshokra, A. & Parsapaghoh, D. (2011). Application of the with rot fungus phanerochaete chrysosporium in biotreatment of bagasse effluent. *Springer Science and Business*, 22: 421-430.
- Shojaosadati, S.A., Faraidouni, R., Madadi-Nouei, A. & Mohammadpour, I. (1999). Protein

- enrichment of lignocellulosic substrates by solid state fermentation using *Neurospora Sitophila*. *Resources Conservation Recycling*, 27: 73-78.
- Sommart, k., Parker, D. S., Rowlinson, P. & Wanapat, M. (2000). Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an *in vitro* system using cassava, rice straw and dried ruzi grass as substrates. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13: 1084-1093.
- Sun, Y. & Cheng, J.Y. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production, a review. *Bioresource Technology*, 83: 1-11.
- Sundstut, F. (1988). Straw and other fibrous by-products as feed. *Livestock Production Science*, 19: 137-157.
- Tan, M. & Yondem, Z. (2013). A new crop for human and animal nutrition: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Alinteri*, 25: 62-66.
- Taosi, M. & Sepahvand, N.A. (2013). The effect of planting date on the yield and phenological and morphological characteristics of different genotype of the new quinoa plant in Khuzestan. The first international congress and the 13th Iranian genetics congress. Shahid beheshti. Tehran. Iran. (In Persian).
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. & France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48: 185-97.
- Van Schooten, H.A. & Pinxterhuis, J.B. (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).
- Van Soest, P.J. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant. (Comstock Publishing Associated, a division of Cornell University Press, Ithaca, NY, USA).
- Wolin, M.J. (1960). A theoretical rumen fermentation balance. *Journal of Dairy Science*, 43, 1452-1459.
- Yalchi, T., Kargar, S.h., Khorvash, M. & Ghorbani, G.R. (2012). Effect of sodium hydroxide on chemical compositions and *in vitro* digestibility of soybean straw. The 5th Iranian Congress on Animal Science. Isfahan University of Technology (IUT), Isfahan, Iran. (In Persian).
- Yang, I., Cao, J., Jin, Y., Chang, H.M., Jameel, H., Phillips, R. & Li, Z. (2012). Effect of sodium carbonate pretreatment on chemical compositions and enzymatic saccharification of rice straw. *Bioresource Technology*, 124: 283-291.
- Yousef Elahi, M., Moslemi Nia, M.Z.M., Salem, A., Mansouri, H., Olivares-Perez, J.A., Cerrillo-Soto, M.E. & Kholif, A. (2014). Effect of poly ethylene glycol on *in vitro* gas production kinetics of *Prosopis cineraria* leaves at different growth stages. *Italian Journal of Animal Science*, 13: 3175.
- Zadrazil, F. (1985). Screening of fungi for lignin decomposition and conversion of straw into feed. *Angewandte and Boyanic*, 59: 443-452.