نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱٤۱، زمستان ۱٤۰۲
ص‌ص: ۷۵~۹۰

تعیین ترکیبات شیمیایی، عوامل ضدتغذیه‌ای و قابلیت هضم ایلئومی دانه کینوا خام و عمل‌آوری شده در بلدرچین تخم‌گذار

* کامبیز کامگار*[1]، شهاب قاضی‌هرسینی[1]، امیرعلی صادقی[2] و علیرضا عبدالمحمدی[1]

۱. گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

تاریخ دریافت : دی ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش : فروردین ۱۴۰۲

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۸۷۳۲۶۹۶

Email: asalkambizf@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ ASJ.2023.361018.2285

چکیده

در مطالعه حاضر، اثرات عمل‌آوری بر ترکیبات شیمیایی و عوامل ضدتغذیه‌ای دانه کینوا با ٤ تیمار:۱) دانه خام، ۲) دانه خیسانده‌شده در آب ٤۰°C با نسبت۱:۱۰ طی ۲٤ ساعت، ۳) دانه خیسانده‌شده در محلول اسیداستیک ۱ درصد با نسبت ۱:۵ طی ۲٤ ساعت، ٤) دانه خیسانده‌شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد با نسبت ۱:۱۰ طی ۲٤ ساعت در ۵ تکرار و قابلیت هضم ایلئومی جیره در ۲٤۰ قطعه بلدرچین تخم‌گذار با ٦ تیمار: ۱) جیره بر پایه ذرت و کنجاله سویا بدون دانه کینوا، ۲) جیره حاوی ۱۰ درصد دانه کینوا خام، ۳) جیره حاوی۱۰ درصد دانه کینوا خیسانده‌شده در آب ٤۰°C، ٤) جیره حاوی۱۰ درصد دانه کینوا خیسانده‌شده در محلول اسیداستیک ۱ درصد، ۵) جیره حاوی۱۰ درصد دانه کینوا خیسانده‌شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد، ٦) جیره حاوی ۱۰ درصد دانه کینوا خامِ مکمل شده با ۰/۰۵ درصد مولتی‌آنزیم روابیو در ۵ تکرار و ۸ پرنده در هرتکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی تعیین شد. خیساندن در محلول اسیداستیک، فیبرخام دانه کینوا را بطور معنی‌داری کاهش داد (p<۰/۰۵). خیساندن در محلول بیکربنات سدیم، خاکستر و سدیم دانه کینوا را بطور معنی‌داری افزایش داد (p<۰/۰۵). کمترین تانن و مهارکننده‌های تریپسین در دانه‌های خیسانده‌شده در آب و کمترین ساپونین و اسیدفایتیک در دانه‌های خیسانده‌شده در محلول اسیداستیک بودند (p<۰/۰۵). عمل‌آوری و مکمل آنزیمی، قابلیت هضم ایلئومی ماده‌خشک، پروتئین‌خام، چربی‌خام، فیبرخام، خاکستر، کلسیم و فسفر جیره را بطور معنی‌داری افزایش داد (p<۰/۰۵). خیساندن دانه کینوا در محلول اسیداستیک ۱ درصد با نسبت ۱:۵ طی ۲٤ ساعت بهترین روش عمل‌آوری بود.

واژه‌های کلیدی: بلدرچین تخم‌گذار، عمل‌آوری، عوامل ضدتغذیه‌ای، قابلیت هضم، کینوا.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 141 pp: 75-90

Determination of chemical compounds, antinutritional factors and ileal digestibility of raw and treated quinoa seeds in laying quails

By: Kambiz Kamgar[1*], Shahab Ghazi Harsini[2], Amirali Sadeghi[3], Alireza Abdolmohammadi[2]
1. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, University of Razi, Kermanshah, Iran. E-mail: asalkambizf@gmail.com
2. Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, University of Razi, Kermanshah, Iran.
3. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Received: January 2023 **Accepted: April 2023**

In the current study, the effects of quinoa seed treating on chemical compounds and anti-nutritional factors by four treatments: 1) raw seeds, 2) seeds of soaken in 40ºC water by ratio of 1:10 during 24 hours, 3) seeds of soaken in 1% acetic acid solution by ratio of 1:5 during 24 hours, 4) seeds of soaken in 1% sodium bicarbonate solution by ratio of 1:10 during 24 hours, in five replications and diets ileal digestibility in 240 laying quails by six treatments: 1) corn-soybean meal without quinoa seeds based diet, 2) diet containing 10% raw quinoa seeds, 3) diet containing 10% quinoa seeds of soaken in 40ºC water, 4) diet containing 10% quinoa seeds of soaken in 1% acetic acid solution, 5) diet containing 10% quinoa seeds soaken in 1% sodium bicarbonate solution 6) diet containing 10% raw quinoa seeds supplemented with 0.05% Rovabio multi-enzyme in five replications, and eight birds per replication by a completely randomized design, were investigated. The soaking in 1% acetic acid solution significantly decreased the crude fiber of quinoa seeds ($P<0.05$). The soaking in 1% sodium bicarbonate solution significantly increased the crude ash and sodium of quinoa seeds ($P<0.05$). The lowest tannin and trypsin inhibitors in seeds of soaken in water 40ºC and the lowest saponin and phytic acid were in seeds of soaken in 1%acetic acid solution ($P<0.05$). Treating and enzyme supplementation, significantly increased the ileal digestibility of dry matter, crude protein, crude fat, crude fiber, ash, calcium, and phosphorus of the diet ($P<0.05$). Soaking quinoa seeds in 1% acetic acid solution by ratio of 1:5 during 24 hours was the best treating method.

Key words: Anti-nutritional factors, Digestibility, Laying Quails, Quinoa, Treating.

مقدمه

ذرت و کنجاله سویا اجزای اصلی جیره‌های طیور هستند و بخش عمده ذرت و کنجاله سویای مصرفی جیره‌های طیور وارداتی می‌باشند. یکی از راهکارهای کاهش وابستگی صنعت طیور به مواد خوراکی وارداتی، یافتن منابع خوراک جایگزینی می‌باشد که در شرایط آب و هوایی کشور قابل کشت باشند. تغییرات آب و هوایی ایران به سمت گرم و خشک می رود و خاک‌های زراعی به تدریج در حال شور شدن هستند. تحمل نسبتاً بالای گیاه کینوا در مقابل خشکی، شوری و یخزدگی خاک، زمینه را برای توسعه کشت کینوا فراهم ساخته است. عملکرد تولید دانه کینوا در کشور حدود ۲/۵ تن در هکتار گزارش شده است (طاوسی و هکاران، 1396). کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) گیاهی است علفی، دولپه‌ای و متعلق به خانواده تاج خروسیان (*Amaranthaceae*)؛ که دانه آن شبیه به دانه غلات بوده و بهمین دلیل به آن شبه غلات گفته می‌شود و همچنین به خاویار گیاهی نیز شهرت دارد (F.A.O, 2011). سطوح انرژی خام دانه کینوا ۳۹۹۰ کیلوکالری در کیلوگرم (Chamorro، 2003)،

پروتئین خام ۱۸ درصد (Vilche و همکاران، 2003) و چربی خام ۱۰ درصد (Przybylski و همکاران، 1994) و مقادیر عناصر کلسیم، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۱۱۰، ۳۶۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بیان گردیده (Chauhan و همکاران، 1992) و غلظت ساپونین ۵ درصد، اسیدفایتیک ۱/۱۸، تانن ۰/۵۳ درصد و مهارکننده تریپسین ۱/۳۶ تا ۵/۰۴ واحد در میلی‌گرم گزارش شده است (Chamorro، 2003). در مطالعه Sadeghi و همکاران (2004) تیمارهای اسیدی باعث کاهش فسفر و پتاسیم دانه گاودانه شدند. Lakram و همکاران (2019) با خیساندن دانه آرگانیا اسپینوسا[1] در آب و محلول‌های اسید سیتریک و بیکربنات سدیم به ترتیب ۳۰، ۹۳ و ۸۶ درصد از ساپونین آن را حذف نمودند. محققین با استفاده از روش خیساندن در محلول بیکربنات سدیم یک درصد، سطح اسید فایتیک را در لوبیای جک ۴۹ درصد کاهش دادند (Ramli و همکاران، 2021). در مطالعه Adeleke و همکاران (2017)، با خیساندن دانه بادام زمینی در آب، مقادیر ساپونین، تانن، اسید فایتیک و مهارکننده‌های تریپسین کاهش یافت. در پژوهش Ndelekwute و همکاران (2019)، با افزودن ۰/۲۵ درصد اسید استیک به جیره جوجه گوشتی قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام جیره را افزایش یافت. در مطالعهٔ Torres-Pitarch وهمکاران (2021)، میزان قابلیت هضم ایلئومی ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام دانه‌های لوبیا که با روش خیساندن در اسید پروپیونیک عمل‌آوری شده بودند، بهبود یافت. Salazar-Villanea و همکاران (2022)، قابلیت هضم ایلئومی پروتئین خام را با استفاده از مولتی آنزیم Ronozyme و گودرزی و همکاران (1396)، قابلیت هضم ایلئومی فسفر را با بکارگیری آنزیم‌های ناتافوس با منشأ قارچی (*Aspergillus niger*) و مریفاز با منشأ باکتریایی (*E.coli*) در جیره جوجه‌های گوشتی بهبود بخشیدند. بررسی تأثیر روش خیساندن دانه کینوا در محلول بیکربنات سدیم یک درصد بر ترکیبات شیمیایی آن، تأثیر خیساندن دانه کینوا در محلول اسید استیک یک درصد بر عوامل ضدتغذیه‌ای آن، تأثیر مصرف جیره‌های حاوی ۱۰ درصد دانه کینوا خیسانده شده در آب ۴۰°C، تأثیر مصرف جیره‌های حاوی ۱۰ درصد دانه کینوا خیسانده شده در محلول اسید استیک یک درصد، تأثیر مصرف جیره‌های حاوی ۱۰ درصد دانه کینوا خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم یک درصد و همچنین اثرات مکمل نمودن جیره حاوی دانه کینوا خام با مولتی آنزیمی روابیو در سطح ۰/۰۵ درصد جیره بر میزان قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی در بلدرچین‌های تخم‌گذار از جمله جنبه‌های جدید و نوآورانه مطالعه حاضر می‌باشند. دانه کینوا دارای ارزش غذایی قابل توجهی می‌باشد بنابراین می‌تواند به عنوان یکی از منابع خوراکی جایگزین ذرت و کنجاله سویا مطرح شود، اما عوامل ضدتغذیه‌ای، مصرف آن را در جیره طیور محدود نموده و لازم است روش‌هایی به منظور کاهش یا حذف این عوامل بکارگیری شوند. بنابراین مطالعه حاضر با هدف تعیین اثرات عمل‌آوری بر ترکیبات شیمیایی، عوامل ضدتغذیه‌ای و قابلیت هضم ایلئومی دانه کینوا در بلدرچین تخم‌گذار انجام شد.

مواد و روش

این مطالعه در قالب ۲ آزمایش انجام شد. در آزمایش اول، اثرات عمل‌آوری بر ترکیبات شیمیایی و عوامل ضدتغذیه‌ای دانه کینوا تعیین گردید. در همین راستا دانه کینوا از بوته، کلش و پوشینه تفکیک گردید و طی دو مرحله سرند شد و سپس با استفاده از دستگاه بوجاری، دانه خالص استحصال گردید. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۵ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱) دانه کینوا خام، ۲) دانه کینوا خیسانده شده در آب ۴۰°C با نسبت ۱:۱۰ طی ۲۴ ساعت، ۳) دانه کینوا خیسانده شده در محلول اسید استیک ۱ درصد با نسبت ۱:۵ طی ۲۴ ساعت، ۴) دانه کینوا خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد با نسبت ۱:۱۰ طی ۲۴ ساعت. دانه‌های عمل‌آوری شده پس از آبگیری توسط پارچه‌ای توری با منافذ بسیار ریز، در محوطه‌ای باز و در معرض هوای آزاد در سایه خشک شدند. از دانه‌های کینوا خام و عمل‌آوری شده تعداد ۵ نمونه ۵۰ گرمی تهیه گردید. ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، خاکستر،

[1] - Argane (*Argania spinosa*)

کلسیم، فسفر، سدیم و پتاسیم نمونه‌ها مطابق با رویه‌های استاندارد AOAC (1990) اندازه‌گیری شد و انرژی قابل متابولیسم نمونه‌ها از طریق رابطه ذیل (NRC،1994) برآورد گردید:

$$ME = 36.21 \times CP + 85.44 \times EE + 37.26 \times NFE$$

جهت تعیین ماده خشک، یک کپسول چینی به مدت ۴ تا ۵ ساعت در دستگاه اتوکلاو با دمای ۱۰۰ °C قرار داده شد تا کاملاً خشک شود سپس در دسیکاتور به مدت ۲۰ دقیقه قرر داده شد تا خنک شود. سپس با ترازوی دقیق توزین گردید. سپس ۲ گرم از نمونه آسیاب شده در کپسول چینی قرار داده شد و کپسول حاوی نمونه در دستگاه اتوکلاو ۱۰۰°C به مدت ۸ ساعت قرار داده شد و کپسول حاوی نمونه در دسیکاتور خنک گردید سپس توزین گردید.

۱۰۰×(وزن کپسول‌خالی-وزن نمونه قبل‌از اتوکلاو)/(وزن کپسول‌خالی-وزن نمونه پس‌از اتوکلاو)=درصدماده خشک

برای اندازه‌گیری پروتئین خام، به میزان ۵ گرم نمونه توزین گردید و در داخل بالن هضم قرار داده شد. سپس برای تعیین ازت آمونیاکی، نمونه در اسید سولفوریک غلیظ هضم گردید تا حدی که تمامی نیتروژن آمونیاکی به سولفات آمونیوم تبدیل شد. سپس هیدروکسید سدیم غلیظ به نمونه هضم شده اضافه گردید تا حدی که محلول را بشدت قلیائی کند. در این مرحله نیتروژن آمونیاکی به هیدروکسید آمونیوم تبدیل می‌شود. با افزودن آب و تقطیر آمونیاک در داخل مقدار مشخصی از اسید استاندارد و سپس تیتراسیون با یک اسید استاندارد جهت خنثی‌سازی حالت قلیائی آمونیاکی که منشاء آن از نیتروژن نمونه می‌باشد، نیتروژن محاسبه می‌گردد. مقدار پروتئین نمونه با ضرب کردن مقدار نیتروژن در ضریب ۶/۲۵ محاسبه می‌گردد و درصد پروتئین خام نمونه‌ها از رابطه ذیل برآورد گردید.

۱۰۰× (وزن نمونه/ مقدار پروتئین نمونه) = درصد پروتئین خام

برای اندازه‌گیری چربی خام، مقدار ۵ گرم از نمونه توزین گردید. به منظور جداسازی آب از نمونه و امکان نفوذ هرچه بیشتر اتر به داخل بافت آن، نمونه در داخل آون قرار داده شد. عصاره‌گیری نمونه با حلال‌های اتری در دستگاه عصاره‌گیر سوکسله انجام شد. پس از تبخیر اتر از عصاره، باقیمانده چربی توزین گردید. این مقدار نشان دهنده میزان چربی خام است.

۱۰۰× (وزن اولیه نمونه / وزن چربی) = درصد چربی خام

جهت تعیین فیبر خام، مقدار ۵ گرم از نمونه توزین گردید. به منظور جداسازی آب از نمونه، نمونه در خشک‌کن آون قرار داده شد. به منظور جداسازی چربی از نمونه، بوسیله اتر عملیات عصاره‌گیری انجام گرفت. نمونه در اسید سولفوریک رقیق (۱/۲۵ درصد) به مدت ۳۰ دقیقه جوشانده شد و با کاغذ صافی فیلتر گردید. سپس مواد صاف نشده در هیدروکسید سدیم رقیق (۱/۲۵ درصد) به مدت ۳۰ دقیقه جوشانده شد. طی این عصاره‌گیری، پروتئین، قند، نشاسته و اکثر همی‌سلولزهای محلول، لیگنین و عناصر معدنی استخراج می‌گردد. باقیمانده (فیبر خام) پس از خشک نمودن، توزین شدند و درصد فیبر خام نمونه‌ها از طریق رابطه ذیل برآورد گردید.

۱۰۰× (وزن اولیه نمونه / وزن فیبر خام) = درصد فیبر خام

به منظور اندازه‌گیری خاکستر، ۲ گرم از هر نمونه توزین شد و در یک بوته چینی مخصوص احتراق که به دقت وزن شده بود، ریخته شد و به مدت ۲ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۴۵۰ تا ۵۰۰ °C قرار داده شد؛ سپس دوباره بوته چینی توزین گردید و از اختلاف وزن اولیه و ثانویه، وزن خاکستر بدست آمد.

به منظور تعیین غلظت عناصر کلسیم، فسفر، سدیم و پتاسیم، از دستگاه جذب اتمی استفاده گردید و غلظت عناصر مذکور در نمونه‌ها با اندازه‌گیری شدت جذب طول موج و استفاده از منحنی کالیبراسیون محاسبه گردید. برای اندازه گیری غلظت عنصر، شدت تابش نور که از دستگاه خارج شده با شدت نوری که بعد از جذب توسط عنصر خارج شد، مقایسه گردید. شیب غلظت توسط ضریب جذب تعیین شد. قانون بیرلامبرت در دستگاه جذب اتمی کاربرد دارد و در واقع میزان جذب را با میزان غلظت عنصری که تابش بر روی آن صورت می‌گیرد، مرتبط می داند.

ساپونین به روش Sun and Pan (2006)، اسید فایتیک به روش Haug and Lantzsch (1983)، تانن به روش Makkar و همکاران (1993) و مهارکننده‌های تریپسین

به روش Kakade و همکاران (1974) بشرح ذیل اندازه‌گیری شدند.

برای تعیین ساپونین مقدار یک گرم نمونه آسیاب شده با ۲۰ میلی‌لیتر اتانول آبی ۸۰ درصد عصاره‌گیری شد. عصاره به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق روی یک بازوی تکان دهنده قرار داده شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه و ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. مایع رویی جمع آوری و فیلتر شد. سپس اتانول تبخیر گردید تا خشک شود. باقیمانده در آب مقطر حل شد. سپس برای تخلیه به قیف جداکننده ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل گردید و پس از افزودن ۲۰ میلی‌لیتر دی اتیل اتر، به شدت تکان داده شد. لایه آبی نمونه گرفته شد، در حالی که لایه اتر دو بار دور ریخته شد. مجدداً نمونه عصاره توسط ۱۵ میلی‌لیتر ان- بوتانول دو بار استخراج گردید. سپس حلال از طریق تبخیر با دمای ۴۰°C حذف شد. و میزان ساپونین کل به این طریق برآورد شد.

جهت اندازه‌گیری اسید فایتیک، محلول‌های استاندارد ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰، ۳۰ و ۵۰ ppm از محلول اولیه اسید فایتیک از طریق رقیق سازی با آب مقطر خالص تهیه شدند. هر یک از نمونه‌ها پس از آسیاب و همگن‌سازی به نسبت یک به یک با استونیتریل مخلوط و به مدت ۳ دقیقه هم زده شدند. سپس سانتریفیوژ شده، فاز رویی آنها جدا و به نسبت یک به یک با آب مخلوط شد. به مخلوط حاصل تا حد اشباع سدیم کلراید اضافه گردید و سپس سانتریفیوژ شد. بدین ترتیب فاز آبی و آلی از یکدیگر جدا شده و فاز آلی جهت تزریق به دستگاه HPLC آماده شد. در مرحله اول، محلول‌های استاندارد آماده شده به ستون دستگاه HPLC تزریق گردید و با توجه به کروماتوگرام حاصله، منحنی کالیبراسیون رسم شد. سپس محلولی که در مرحله آماده‌سازی از هر یک از نمونه‌ها تهیه شده بود، بطور مجزا به ستون دستگاه تزریق گردید و کروماتوگرام مر بوط به هر یک از آنها توسط دستگاه رسم شد. سپس کروماتوگرام نمونه‌ها با کروماتوگرام محلول‌های استاندارد مقایسه گردید. سطح پیک حاصل از کروماتوگرام نمونه‌ها، در معادله خط منحنی کالیبراسیون جاگذاری شد و بدین ترتیب مقدار اسید فایتیک نمونه‌ها محاسبه گردید.

برای تعیین تانن، از معرف وانیلین - اسیدکریدریک استفاده گردید. این معرف با هر فنلی که با هسته رزورسینول یا فلوروگلوسینول جایگزین نشده باشد واکنش می‌دهد و یک محصول جایگزین رنگی تشکیل می‌دهد و مقدار جذب نور نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۰۰ نانومتر قرائت گردید.

برای اندازه‌گیری مهارکننده‌های تریپسین، به میزان ۰/۰۲۵ گرم از نمونه‌ها پس از آسیاب شدن از الک ۰/۵ میلیمتر عبور داده شدند. سپس نمونه‌ها در دمای ۵°C و بر روی همزن با یک میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۰/۰۵ مولار عصاره‌گیری شدند. محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه و با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس مقدار جذب محلول رویی برای سنجش مهارکننده تریپسین به همراه ان- آلفا- بنزوئیل- دی ال- آرژنین- نیتروآنیلید به عنوان سوبسترای ویژه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر به همراه محلول بلانک قرائت شد.

آزمایش دوم به منظور تعیین اثرات روش‌های عمل‌آوری دانه کینوا بر قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی انجام شد. به همین منظور تعداد ۲۴۰ قطعه بلدرچین تخم‌گذار به مدت ۸ هفته در قفس پرورش داده شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۵ تکرار و ۸ قطعه پرنده در هر تکرار انجام شد. میانگین وزنی پرنده در قفس‌ها یکنواخت بود. پرنده‌ها طی آزمایش به آب و خوراک به طور آزاد دسترسی داشتند. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱) جیره بر پایه ذرت و کنجاله سویا (شاهد مثبت)، ۲) جیره حاوی ۱۰ درصد دانه کینوا خام (شاهد منفی)، ۳) جیره حاوی ۱۰ درصد دانه کینوا خیسانده شده در آب ۴۰°C، ۴) جیره حاوی ۱۰ درصد دانه کینوا خیسانده شده در محلول اسیداستیک ۱ درصد، ۵) جیره حاوی ۱۰ درصد دانه کینوا خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد، ۶) جیره حاوی ۱۰ درصد دانه خام کینوا مکمل شده با ۰/۰۵ درصد مولتی آنزیم روابیو[1].

[1] - Rovabio multi-enzyme

جدول ۱. موادخوراکی و موادمغذی محاسبه شده در جیرهٔ تیمارهای آزمایشی

پارامترها	تیمارها (گرم در ۱۰۰ گرم جیره)					
	شاهد	خام	خیسانده در آب ۴۰°C	خیسانده در اسیداستیک ۱٪	خیسانده در بیکربنات‌سدیم ۱٪	خام + آنزیم
ذرت	۵۶/۷۱	۴۹/۹۷	۴۹/۹۲	۴۹/۹۶	۴۹/۸۵	۴۹/۹۷
کنجاله سویا	۳۰/۰۵	۲۷/۹۰	۲۶/۸۳	۲۶/۸۸	۲۷/۰۰	۲۷/۹۰
گلوتن ذرت	۳/۰۹	۲/۴۰	۳/۲۵	۳/۲۳	۳/۱۸	۲/۴۰
دانه کینوا		۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰
روغن آفتابگردان	۲/۳۹	۱/۹۴	۲/۲۲	۲/۱۷	۲/۲۲	۱/۹۴
پودر صدف	۵/۶۲	۵/۶۴	۵/۶۴	۵/۶۱	۵/۶۳	۵/۶۴
دی‌کلسیم‌فسفات	۱/۲۰	۱/۲۱	۱/۲۰	۱/۲۱	۱/۲۰	۱/۲۱
نمک‌طعام	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱.	۰/۲۹	۰/۳۱
مکمل ویتامینی[1]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل مواد معدنی[2]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی‌ال‌متیونین	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳
مولتی‌آنزیم‌روابیو[3]	-	-	-	-	-	۰/۰۵
موادمغذی (محاسبه‌شده)						
انرژی‌قابل‌متابولیسم (کیلوکالری‌برکیلوگرم)	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰
پروتئین‌خام(درصد)	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
کلسیم(درصد)	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
فسفر(درصد)	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵
لیزین(درصد)	۱	۱	۱	۱	۱	۱
متیونین(درصد)	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵
متیونین+سیستئین(درصد)	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
سدیم(درصد)	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵
پتاسیم(درصد)	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴

۱-مکمل ویتامینی مقادیر زیر را به ازای هر کیلوگرم خوراک فراهم کرد: ویتامین A، ۱۲۰۰۰واحدبین‌المللی؛ویتامین D_3، ۳۶۰۰هزار واحد بین‌المللی؛ویتامین E، ۳/۵ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K_3، ۲/۵ میلی‌گرم؛ تیامین،۱/۵ میلی‌گرم؛ریبوفلاوین،۳ میلی‌گرم؛نیاسین،۱۲/۵میلی‌گرم؛ دی‌کلسیم پانتوتنیک‌اسید، ۵ میلی‌گرم؛کولین کلرید، ۱۲۵میلی‌گرم؛ویتامین B_{12}، ۰/۰۰۷۵ میلی‌گرم؛فولیک اسید، ۰/۲۵میلی‌گرم.

۲-مکمل مواد معدنی مقادیر زیر را به ازای هر کیلوگرم خوراک فراهم کرد: منگنز، ۵۰ میلی‌گرم؛ روی، ۳۰ میلی‌گرم؛ آهن، ۳۰ میلی‌گرم؛ مس، ۵ میلی‌گرم؛ ید، ۰/۵ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۱۵ میلی‌گرم.

۳-میزان فعالیت آنزیم‌ها در هر کیلوگرم جیره: ۱و۴- بتاگلوکاناز: ۸۰۰واحد بین المللی، ۱و۳- بتاگلوکاناز: ۱۸۰۰ واحد بین المللی و ۱و۴- بتازایلاناز: ۲۶۰۰ واحد بین المللی

به منظور اندازه‌گیری قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی جیره‌ها، ۵ روز قبل از پایان دوره پرورش (روز ۵۱ اُم)، مقدار ۰/۳٪ مارکر اکسیدکروم سه ظرفیتی به جیره پرنده‌ها اضافه گردید و پرنده‌ها طی این ۵ روز با جیره حاوی مارکر تغذیه شدند. در روز ۵۶ اُم از هر قفس دو قطعه پرنده انتخاب و کشتار گردید. سپس محتویات مواد هضمی بخش انتهایی ایلئوم پرنده‌های کشتار شده جمع‌آوری و در دمای ۲۰°C- نگهداری شدند. پس از خشک نمودن نمونه‌ها در آون، مقادیر ماده‌خشک، پروتئین‌خام، چربی‌خام، فیبرخام،

کلسیم و فسفر جیره و محتویات ایلئومی طبق رویه‌های استاندارد AOAC (1990) اندازه‌گیری شدند. میزان مارکر نمونه‌ها طبق روش Fenton and Fenton (1979) تعیین گردید بطوریکه ابتدا منحنی کالیبراسیون با استفاده از محلول‌های استاندارد در طول موج ۴۱۰ نانومتر دستگاه اسپکتروفتومتر بدست آمد سپس محلول‌های تهیه شده از نمونه‌های آزمایشی قرائت و تعیین غلظت گردید. قابلیت هضم مواد مغذی جیره‌ها از طریق رابطه ذیل تعیین گردید:

$$DC = 100-[100\times(M_{diet}/M_{excreta})\times(N_{excreta}/N_{diet})]$$

در این رابطه، DC: قابلیت هضم ایلئومی ظاهری، M_{diet}: درصد مارکر در جیره، $M_{excreta}$: درصد مارکر در فضولات، $N_{excreta}$: درصد ماده مغذی در فضولات و N_{diet}: درصد ماده مغذی در جیره است.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های مربوط به صفات اندازه‌گیری شده ابتدا در برنامه Excel ثبت شدند و سپس در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS (Rodrigues، 2011) آنالیز آماری شدند. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۰/۰۵ مقایسه گردید.

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

در رابطهٔ فوق، y_{ij}: مقدار هر مشاهده، μ: میانگین جامعه، T_i: اثر تیمار و e_{ij}: اثر خطای آزمایش بود.

نتایج

همانطورکه در جدول ۲. نشان داده شده است، تمامی روش‌های عمل‌آوری باعث کاهش معنی‌دار مقادیر ماده خشک و انرژی قابل متابولیسم دانه کینوا شدند ($p <$ ۰/۰۵). از میان دانه‌های کینوا عمل‌آوری شده، دانه‌های خیسانده شده در محلول‌های اسید استیک ۱ درصد و بیکربنات سدیم ۱ درصد به ترتیب به لحاظ عددی چربی خام و پروتئین خام بیشتری داشتند. مقدار فیبرخام دانه کینوا در اثر خیساندن در محلول اسید استیک ۱ درصد، بطور معنی‌داری کاهش یافت اما در اثر خیساندن در آب ۴۰°C و نیز خیساندن در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد، بطور معنی‌داری افزایش یافت ($p <$ ۰/۰۵). میزان خاکستر دانه کینوا در اثر خیساندن در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد افزایش یافت و این برتری فقط در مقایسه با دانه‌های خیسانده شده در آب ۴۰°C معنی‌دار بود ($p <$ ۰/۰۵). مقدار کلسیم دانه کینوا پس از خیساندن در آب ۴۰°C و همچنین خیساندن در محلول اسید استیک ۱ درصد تقریباً ثابت ماند اما پس از خیساندن در محلول بیکربنات سدیم یک درصد، بطور معنی‌داری کاهش یافت ($p <$ ۰/۰۵). مقدار سدیم دانه کینوا پس از خیساندن در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد بطور معنی‌داری افزایش یافت ($p <$ ۰/۰۵). سطح پتاسیم دانه کینوا پس از خیساندن در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد، تغییری نیافت.

جدول ۲. مقایسه ترکیبات شیمیایی دانه کینوا خام و عمل‌آوری شده

پارامترها	خام	خیسانده در آب ۴۰°C	خیسانده در اسیداستیک ۱٪	خیسانده در بیکربنات‌سدیم ۱٪	SEM [1]	سطح‌احتمال
ماده‌خشک (درصد)	۹۰/۳۲ [a]	۸۲/۴۵ [b]	۸۳/۰۰ [b]	۸۳/۳۵ [b]	۰/۷۵۰	<۰/۰۰۰۱
پروتئین‌خام (درصد)	۱۹/۲۱	۱۸/۸۵	۱۸/۵۹	۱۹/۳۵	۰/۱۴۱	<۰/۲۱۸۳
چربی‌خام (درصد)	۵/۱۱	۴/۷۹	۴/۸۶	۴/۷۰	۰/۱۹۵	<۰/۹۰۷۶
فیبرخام (درصد)	۲/۲۸ [b]	۲/۴۹ [a]	۲/۲۲ [c]	۲/۴۸ [a]	۰/۰۳۱	<۰/۰۰۰۱
خاکستر (درصد)	۳/۱۸ [ab]	۲/۹۰ [b]	۳/۱۳ [ab]	۳/۳۴ [a]	۰/۰۶۴	<۰/۱۰۰۳
عصاره‌عاری‌از ازت (درصد)	۶۰/۵۴ [a]	۵۳/۴۳ [b]	۵۴/۲۱ [b]	۵۳/۴۸ [b]	۰/۷۴۸	<۰/۰۰۰۱
کلسیم (درصد)	۰/۰۵۵ [a]	۰/۰۵۴ [ab]	۰/۰۵۲ [ab]	۰/۰۵۰ [b]	۰/۰۰۱	<۰/۱۳۵۳
فسفر (درصد)	۰/۲۱۱	۰/۲۳۴	۰/۲۵۴	۰/۲۵۴	۰/۰۰۹	<۰/۳۴۳۴
سدیم (میلی‌گرم‌برکیلوگرم)	۷۴/۴۶ [b]	۴۲/۴۱ [b]	۹۴/۸۳ [b]	۸۶۰/۲۶ [a]	۸۰/۳۸۵	<۰/۰۰۰۱
پتاسیم (میلی‌گرم‌برکیلوگرم)	۳۱۰۰/۹۳ [a]	۱۷۸۰/۵۳ [c]	۲۱۰۰/۶۳ [bc]	۲۷۲۰/۸۲ [ab]	۱۶۷/۶۷۶	<۰/۰۱۰۰
انرژی‌قابل‌متابولیسم محاسبه شده (کیلوکالری‌برکیلوگرم)	۳۳۸۸/۳۹ [a]	۳۰۸۲/۳۳ [b]	۳۱۰۸/۵۰ [b]	۳۰۹۴/۸۸ [b]	۳۰/۴۵۹	<۰/۰۰۰۱

[a, b, c, d] وجود حروف یکسان در بین میانگین‌ها در هر سطر بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار آنها است (P >۰/۰۵).

۱. خطای استاندارد میانگین‌ها

همانطورکه در جدول ۳. نشان داده شده است، تمامی روش‌های عمل‌آوری مورد استفاده موجب کاهش معنی‌دار تمامی عوامل ضدتغذیه‌ای دانه کینوا شدند (p <۰/۰۵). از میان روش‌های مختلف عمل‌آوری، روش‌های خیساندن در محلول اسید استیک ۱ درصد و خیساندن در آب ۴۰°C به میزان بیشتری ساپونین دانه کینوا را حذف نمودند (p<۰/۰۵). از میان روش‌های عمل‌آوری، روش خیساندن در محلول اسید استیک ۱ درصد نسبت به دو روش دیگر به میزان بیشتری اسید فایتیک دانه کینوا را کاهش داد (p <۰/۰۵). روش خیساندن در آب ۴۰°C نسبت به دو روش دیگر به میزان بیشتری موجب کاهش تانن دانه کینوا شد و روش خیساندن در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد کمترین تأثیر را بر حذف تانن دانه کینوا گذاشت (p <۰/۰۵). تمامی روش‌های عمل‌آوری مورد استفاده، بطور یکسان سطح مهارکننده‌های تریپسین دانه کینوا را بطور معنی‌داری حذف نمودند (p <۰/۰۵).

جدول ۳. مقایسه میزان عوامل ضدتغذیه‌ای دانه کینوا خام و عمل‌آوری شده

پارامترها	خام	خیسانده در آب ۴۰°C	خیسانده در اسیداستیک ۱٪	خیسانده در بیکربنات‌سدیم ۱٪	SEM [1]	سطح‌احتمال
ساپونین (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)	۳۷۱/۱۱ [a]	۱۹۵/۳۱ [bc]	۱۸۰/۵۷ [c]	۲۳۸/۱۰ [b]	۱۸/۷۰۷	<۰/۰۰۰۱
اسیدفایتیک (درصد از فسفر کل)	۸۹/۸۰ [a]	۶۱/۲۰ [b]	۵۰ [c]	۶۸/۲۰ [b]	۳/۵۵۰	<۰/۰۰۰۱
تانن (درصد)	۳/۳۶ [a]	۱/۳۲ [d]	۱/۴۵ [c]	۱/۸۴ [b]	۰/۱۰۶	<۰/۰۰۰۱
مهارکننده‌تریپسین (واحد بر میلی‌گرم)	۲/۴۴۳ [a]	۲/۰۰۸ [b]	۲/۰۸۲ [b]	۲/۱۰۶ [b]	۰/۰۳۰	<۰/۰۰۰۱

[a, b, c, d] وجود حروف یکسان در بین میانگین‌ها در هر سطر بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار آنها است (P >۰/۰۵).

۱. خطای استاندارد میانگین‌ها

میزان قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی در بلدرچین‌های تخم‌گذار که با جیره حاوی دانه‌های کینوا خام و عمل‌آوری شده تغذیه شده بودند در جدول ۴. نشان داده شده است. تمامی روش‌های عمل‌آوری و همچنین مکمل نمودن جیره با مولتی آنزیم روابیو موجب بهبود قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی جیره گردید. میزان قابلیت هضم ایلئومی ماده خشک و ماده آلی جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در محلول اسید استیک ۱ درصد بطور معنی‌داری بالاتر از میزان آن در جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در آب ۴۰°C، جیره حاوی دانه کینوا خام و تیمار شاهد بود ($p<۰/۰۵$). میزان قابلیت هضم ایلئومی پروتئین خام جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در محلول اسید استیک ۱ درصد و جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد بطور معنی‌داری نسبت به جیره حاوی دانه کینوا خام و تیمار شاهد بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). میزان قابلیت هضم ایلئومی چربی خام جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در محلول اسید استیک ۱ درصد و جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد نسبت به جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در آب ۴۰°C، جیره حاوی دانه کینوا خام و تیمار شاهد بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). میزان قابلیت هضم ایلئومی فیبر خام و خاکستر جیره‌های حاوی دانه کینوا عمل‌آوری شده و جیره حاوی دانه کینوا خام مکمل شده با ۰/۰۵ درصد مولتی آنزیم روابیو نسبت به جیره حاوی دانه کینوا خام بالاتر بود ($p <۰/۰۵$). میزان قابلیت هضم ایلئومی کلسیم در جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در آب ۴۰°C، جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در محلول اسید استیک ۱ درصد و جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ بطور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در جیره حاوی دانه کینوا خام بود ($p <۰/۰۵$). میزان قابلیت هضم ایلئومی فسفر در جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در محلول اسید استیک ۱ درصد و جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ بطور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در جیره حاوی دانه کینوا خام بود ($p <۰/۰۵$).

جدول ٤. مقایسه قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی در بلدرچین‌های تخم‌گذار تغذیه شده با جیره فاقد و حاوی دانه کینوا خام و عمل‌آوری شده

پارامترها (درصد)	شاهد	خام	خیسانده در آب ۴۰°C	خیسانده در اسیداستیک ۱٪	خیسانده در بیکربنات‌سدیم ۱٪	خام+آنزیم	SEM [1]	سطح‌احتمال
ماده خشک	۶۷/۶۹ ^{c}	۶۵/۸۹ ^{d}	۶۸/۴۴ ^{bc}	۷۰/۲۵ ^{a}	۶۹/۷۴ ^{ab}	۶۸/۶۲ ^{abc}	۰/۲۸۸	<۰/۰۰۰۱
ماده آلی	۶۹/۵۷ ^{c}	۶۷/۸۰ ^{d}	۷۰/۱۷ ^{bc}	۷۱/۹۲ ^{a}	۷۱/۳۸ ^{ab}	۷۰/۳۷ ^{abc}	۰/۲۷۸	<۰/۰۰۰۱
پروتئین‌خام	۷۷/۶۴ ^{c}	۷۶/۰۹ ^{d}	۷۸/۱۰ ^{bc}	۷۹/۶۵ ^{a}	۷۸/۹۹ ^{ab}	۷۸/۰۸ ^{bc}	۰/۲۲۱	<۰/۰۰۰۱
چربی‌خام	۸۲/۲۰ ^{cd}	۸۱/۶۰ ^{d}	۸۲/۲۳ ^{cd}	۸۴/۴۳ ^{a}	۸۳/۴۹ ^{ab}	۸۳/۰۴ ^{bc}	۰/۱۸۸	<۰/۰۰۰۱
فیبرخام	۲۶ ^{ab}	۲۱/۶۰ ^{b}	۲۷/۳۴ ^{a}	۳۱/۰۸ ^{a}	۲۹/۹۹ ^{a}	۲۷/۴۷ ^{a}	۰/۷۵۲	<۰/۰۰۲۹
خاکستر	۵۰/۴۵ ^{bc}	۴۹/۷۸ ^{c}	۵۳/۸۱ ^{ab}	۵۷/۵۵ ^{a}	۵۶/۰۵ ^{a}	۵۴/۳۷ ^{ab}	۰/۶۳۱	<۰/۰۰۰۵
کلسیم	۷۰/۹۹ ^{cd}	۶۹/۵۴ ^{d}	۷۲/۰۶ ^{abc}	۷۳/۴۳ ^{a}	۷۲/۹۹ ^{ab}	۷۱/۴۴ ^{bc}	۰/۲۷۲	<۰/۰۰۰۱
فسفر	۵۵/۱۶ ^{ab}	۵۲/۹۴ ^{b}	۵۵/۱۵ ^{ab}	۵۸/۰۱ ^{a}	۵۶/۸۸ ^{a}	۵۴/۹۹ ^{ab}	۰/۴۳۹	<۰/۰۱۵۳

$^{a, b, c, d}$ وجود حروف یکسان در بین میانگین‌ها در هر سطر بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار آنها است ($P >۰/۰۵$).

۱. خطای استاندارد میانگین‌ها

بحث

در مطالعه حاضر، دانه‌های کینوا خام بالاترین میزان ماده خشک را داشتند و تمامی روش‌های عمل‌آوری مقدار آن را کاهش داد. همسو با پژوهش باشتنی و همکاران (1394) که با خیساندن نمونه‌ها در محلول هیدرکسید سدیم ۴ درصد، مقدار ماده خشک را افزایش دادند، در تحقیق حاضر نیز از میان دانه‌های عمل‌آوری شده، دانه‌های خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد، بیشترین مقدار ماده خشک را داشتند که این ممکن است به علت تجمع بقایای رسوب بیکربنات سدیم بر روی نمونه‌ها (Alaei و همکاران، 2022) بوده باشد. در مطالعه حاضر، دانه‌های کینوا خام دارای بیشترین میزان پروتئین خام بودند و عمل‌آوری مقدار آن را بطور جزئی کاهش داد. سطح نسبتاً پائین پروتئین خام دانه کینوا خیسانده شده در آب ۴۰°C ممکن است ناشی از آزاد شدن آمونیاک طی فرآیند دِآمیناسیون اسیدهای آمینه حین خیساندن دانه بوده باشد (Diether and Willing, 2019). در مطالعه حاضر، روش خیساندن در آب ۴۰°C (به میزان ۶/۳ درصد)، خیساندن در محلول اسید استیک ۱ درصد (به میزان ۵ درصد) و خیساندن در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد (به میزان ۸ درصد)، سطح چربی خام دانه کینوا را کاهش داد که این ممکن است به دلیل توسعه فعالیت آنزیم لیپاز و تولید اسیدهای چرب آزاد طی عمل‌آوری بوده باشد (Ramli و همکاران،2021). در تحقیق حاضر، سطح فیبر خام دانه کینوا در اثر خیساندن در محلول اسید استیک ۱ درصد، حدود ۳ درصد کاهش یافت که این ممکن است به دلیل فعالیت آنزیم β گلوکوزیداز و هیدرولیز پیوندهای گلوکوزیدی سلولز و لیگنین و تبدیل‌شان به گلوکز بوده باشد چرا که pH بهینه برای فعالیت این آنزیم، حدود ۴ می‌باشد (Rosi و همکاران، 1994). در مطالعه حاضر، مقدار فیبر خام دانه‌های کینوا خیسانده شده در آب ۴۰°C، حدود ۹ درصد افزایش یافت که ممکن است به دلیل تشکیل پلی ساکارید حاوی فیبر خام بصورت ژلی شفاف در سطح دانه بوده باشد (Gokavi و همکاران، 2004). همچنین در مطالعه حاضر، افزایش سطح فیبر خام دانه‌های کینوا خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد ممکن است به دلیل کاهش فعالیت آنزیم β گلوکوزیداز در pH قلیایی بوده باشد (Rosi و همکاران، 1994). همسو با نتایج باشتنی و همکاران (1394)، در مطالعه حاضر نیز مقدار خاکستر دانه‌های کینوا خیسانده شده در آب کاهش یافت که احتمالاً به دلیل افزایش نفوذپذیری دیواره سلولی دانه پس از خیساندن و در خروج برخی از عناصر معدنی حین خیساندن بوده است (Ramli و همکاران،2021). در مطالعه حاضر، میزان خاکستر دانه‌های کینوا که به روش خیساندن در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد عمل‌آوری شده بودند، افزایش یافت که این ممکن است در نتیجه ورود سدیم به درون بافت دانه‌ها حین عمل‌آوری بوده باشد (باشتنی و همکاران، 1394). در پژوهش حاضر، دانه‌های کینوا خام دارای بالاترین میزان کلسیم بودند و روش خیساندن در آب ۴۰°C مقدار کلسیم دانه کینوا را کاهش نداد که این ممکن است در ارتباط با فعال شدن آنزیم فیتاز و هیدرولیز مرحله‌ای فیتات بوده باشد (Samtiya و همکاران، 2020). در مطالعه حاضر همچنین سطح کلسیم دانه‌های کینوا پس از خیساندن در محلول اسید استیک ۱ درصد تقریباً ثابت ماند که این ممکن است بدلیل مهیا بودن pH اسیدی محلول برای فعالیت حداکثری آنزیم فیتاز بوده باشد که با دفسفریلاسیون و هیدرولیز فیتات، سطح کلسیم دانه کینوا در این تیمار کاهش نیافته است چرا که آنزیم فیتاز دانه غلات در pH ۴ تا ۵ دارای فعالیت بهینه می‌باشد بنابراین در مطالعه حاضر، کاهش مقدار کلسیم دانه کینوا خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد ممکن است به دلیل pH قلیایی محلول مورد استفاده و تأمین نشدن اسیدیته لازم برای فعالیت آنزیم فیتاز بوده باشد (Sandberg, 2002) در تحقیق حاضر، روش خیساندن در آب ۴۰°C به میزان ۴۲/۶ درصد و خیساندن در محلول اسید استیک ۱ درصد به میزان ۳۲/۳ درصد از مقدار پتاسیم دانه کینوا کاست که این ممکن است ناشی از حل شدن این عنصر در محلول‌های مذکور و یا جدا شدن این عنصر از عوامل ضدتغذیه‌ای نظیر اسید فایتیک بوده باشد (Sadeghi و همکاران، 2004). اما روش خیساندن در محلول

بیکربنات سدیم ۱ درصد، سطح پتاسیم دانه کینوا را کاهش نداد. از این لحاظ نتایج تحقیق حاضر با نتایج Sadeghi و همکاران (2004) و Yahaya و همکاران (2022) همسو است. در مطالعه حاضر، روش خیساندن در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد، موجب افزایش مقدار سدیم دانه کینوا شد که این را می‌توان به جذب یون‌های سدیم از محیط محلول مرتبط دانست که به سدیم موجود در لایه آلورون دانه‌ها اضافه شده‌اند (Yahaya و همکاران، 2022). در تحقیق حاضر، تمامی روش‌های عمل‌آوری مقدار انرژی قابل متابولیسم دانه کینوا را کاهش داد که ممکن است به علت خروج مقادیر زیادی کربوهیدرات‌های محلول هنگام استفاده از این روش‌های عمل‌آوری بوده باشد (Sadeghi و همکاران، 2004).

در تحقیق حاضر، دانه‌های کینوا خام دارای بالاترین سطح ساپونین، اسید فایتیک، تانن و مهارکننده‌های تریپسین بودند و تمامی روش‌های عمل‌آوری سطح این عوامل ضدتغذیه‌ای را به میزان قابل توجهی کاهش دادند. با خیساندن دانه کینوا در محلول اسید استیک ۱ درصد، بیش از ۵۱ درصد از ساپونین دانه کینوا حذف شد در حالیکه روش‌های خیساندن در آب ۴۰°C، حدود ۴۷/۴ درصد و خیساندن در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد، حدود ۳۵/۸ درصد از این عامل ضدتغذیه‌ای را کاهش داد که این می‌تواند مربوط به محلول بودن ساپونین‌های دانه کینوا در آب (Chamorro، 2003)، و همچنین نفوذپذیری پوشش خارجی این دانه نسبت به محلول‌ها (Adeleke و همکاران، 2017) بوده باشد. از این لحاظ نتایج مطالعه حاضر با نتایج Adeleke و همکاران (2017) و Ramli و همکاران (2021) همسو است. در مطالعه حاضر، با استفاده از روش خیساندن در آب ۴۰°C، حدود ۳۲/۲۲ درصد از اسید فایتیک دانه کینوا حذف شد که این ممکن است در ارتباط با فعال شدن آنزیم فیتاز و هیدرولیز مرحله‌ای این عامل ضدتغذیه‌ای در اثر خیساندن در آب بوده باشد (Samtiya و همکاران، 2020). در تحقیق حاضر، با خیساندن دانه کینوا در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد، به میزان ۲۴/۴۴ درصد اسید فایتیک حذف شد که این ممکن است به علت حلالیت بسیار زیاد مولکول‌های فیتات بوده باشد که پس از آبگیری دانه‌های خیسانده شده، به میزان قابل توجهی از این عامل ضدتغذیه‌ای همراه با محلول شسته و حذف شده است (Greiner and Konietzny, 2006). در پژوهش حاضر، کاهش ۴۴/۴۴ درصدی اسید فایتیک دانه کینوا خیسانده شده در محلول اسید استیک ۱ درصد، ممکن است به علت تأمین pH اسیدی محیط و مهیا بودن شرایط لازم برای فعالیت حداکثری آنزیم فیتاز بوده باشد چرا که مولکول‌های فیتات دانه غلات (میو- اینوزیتول هگزا فسفات) تحت تأثیر آنزیم فیتاز درون‌زا و همچنین pH اسیدی محیط هیدرولیز می‌شوند (Sandberg, 2002). نتایج تحقیق حاضر از این لحاظ با نتایج Adeleke و همکاران (2017) ؛ Yahaya و همکاران (2022) و Ramli و همکاران (2021) مطابقت دارد. در تحقیق حاضر، استفاده از روش‌های خیساندن در آب ۴۰°C، خیساندن در محلول اسید استیک ۱ درصد و خیساندن در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد به ترتیب منجر به حذف ۶۰/۷، ۵۶/۸ و ۴۵/۲۳ درصد تانن دانه کینوا شدند. تانن‌ها از جمله ترکیبات فنلی محلول در آب می‌باشند و در مطالعه حاضر، کاهش قابل توجه مقدار این عامل ضدتغذیه‌ای در دانه‌های خیسانده شده در آب می‌تواند یا به دلیل حذف پوشش دانه و شسته شدن تانن از طریق دیواره سلولی و انتشار آن به درون آب بوده باشد (Adeleke و همکاران، 2017) و یا به علت فعال شدن آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز و متعاقب آن، تخریب و از بین رفتن پلی‌فنل‌ها از جمله مولکول تانن بوده باشد (Naveena and Bhaskarachary, 2013). دامنه اسیدیته مورد نیاز برای فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز pH ۲ تا ۱۰ است و فعالیت حداکثری این آنزیم در pH=۷ و دمای °C ۷۷- ۳۵ می‌باشد، بنابراین در مطالعه حاضر، کاهش مقدار تانن در تمامی دانه‌های عمل‌آوری شده ممکن است در نتیجه فعال شدن این آنزیم بوده باشد (De Oliveira Carvalho وهمکاران، 2017) . نتایج تحقیق حاضر، از این نظر با نتایج Adeleke و همکاران (2017)و Ramli و همکاران (2021) همسو است. درمطالعه حاضر، سطوح مهارکننده‌های تریپسین دانه‌های کینوا خیسانده شده

در آب ۴۰°C، خیسانده شده در محلول اسید استیک ۱ درصد و خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد، به ترتیب به میزان ۱۷/۸، ۱۴/۷۸ و ۱۳/۸ درصد حذف شد همچنانکه محققین بر این باورند که خیساندن دانه‌ها در محلول‌های مختلف سطح مهارکننده‌های تریپسین را کاهش می‌دهند (Akande و همکاران، 2010). در مطالعه حاضر، روش‌های مختلف عمل‌آوری تقریباً با همان شدتی که تانن دانه کینوا را حذف نمود، از سطح مهارکننده‌های تریپسین نیز کاست که این می‌تواند در راستای همبستگی مثبتی باشد که بین این دو عامل ضدتغذیه‌ای وجود دارد(Singh and Jambunathan, 1981). نتایج مطالعه حاضر، از این نظر با نتایج Adeleke و همکاران (2017)مطابقت دارد.

در مطالعه حاضر، دانه کینوا خام کمترین مقدار قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی را داشت. تمامی روش‌های عمل‌آوری، قابلیت هضم ایلئومی پروتئین خام دانه کینوا را افزایش داد که این ممکن است به دلیل اثر عمل‌آوری بر حذف تانن دانه کینوا بوده باشد چون تانن‌ها با آنزیم‌های پروتئولیتیک (تریپسین و کیموتریپسین) تشکیل کمپلکس نامحلول داده و از همین طریق قابلیت هضم پروتئین خام را کاهش می‌دهند (Hidayat و همکاران، 2021). در مطالعه حاضر، بیشترین مقدار قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی در دانه کینوا خیسانده شده در محلول اسید استیک ۱ درصد مشاهده گردید که این ممکن است به دلیل تأثیر اسید استیک بر کاهش pH دستگاه گوارش پرنده بوده باشد و از این طریق محیط روده برای تکثیر باکتری‌های مفید مهیا گردیده؛ در نتیجه هضم و جذب مواد مغذی بهبود یافته است چرا که باکتری‌های مفید روده در pH ۵/۸ تا ۶/۲ و اکثر باکتری‌های بیماری‌زا در pH حدود ۷، زنده می‌مانند (Sureshkumar و همکاران، 2021). در مطالعه حاضر، بهبود قابلیت هضم چربی خام دانه کینوا خیسانده شده در اسید استیک ۱ درصد، ممکن است به بدلیل افزایش فعالیت آنزیم لیپاز بوده باشد چرا که افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده پرندگان به عنوان شاخص قابلیت هضم مواد مغذی شناخته شده است (Fikry و همکاران، 2021). در مطالعه حاضر، روش خیساندن در محلول اسید استیک ۱ درصد، قابلیت هضم ایلئومی فیبر خام دانه کینوا را بهبود بخشید این ممکن است بدلیل تأثیر اسید استیک بر کاهش جمعیت باکتری‌های اشرشیاکولی و انتروکوکوس و در مقابل، افزایش جمعیت باکتری لاکتوباسیلوس ناحیه ایلئوم روده باریک پرنده بوده باشد (عیسی‌زاده و همکاران، 1394). در مطالعه حاضر، در اثر مکمل نمودن جیره حاوی دانه کینوا خام توسط مولتی آنزیم روابیو، قابلیت هضم ایلئومی پروتئین خام بهبود یافت که این امر ممکن است ناشی از وجود آنزیم فیتاز در مکمل آنزیمی جیره بوده باشد چرا که اسید فایتیک با اتصال به مولکول‌های پروتئین موجب کاهش حلالیت آنها و در نهایت اتلافشان از طریق فضولات پرنده می‌گردد علاوه بر آن، با تشکیل کیلات با یون کلسیم، این عنصر حیاتی را از دسترس آنزیم‌هایی مانند پپسین و تریپسین (که به این یون برای ادامه فعالیت خود نیاز دارند،) خارج می‌کند و از طریق مهار این آنزیم‌ها، هضم پروتئین را کاهش می‌دهد اما آنزیم فیتاز با هیدرولیز اسید فایتیک، موجب بهبود قابلیت هضم مواد مغذی از جمله پروتئین خام می‌گردد (Friesen و همکاران، 1992). در مطالعه حاضر، قابلیت هضم ایلئومی کلسیم و فسفر دانه کینوا خیسانده شده در اسید استیک ۱ درصد، بهبود یافت که این ممکن است به دلیل اثرات مطلوبی بوده باشد که آنیون‌های اسیدی بر هضم و جذب کلسیم و فسفر می‌گذارند (Abdel-Latif و همکاران، 2020) و یا به سبب تأمین pH اسیدی در دستگاه گوارش پرنده بوده که موجب بهبود اثرات آنزیم فیتاز بر قابلیت حل اسید فایتیک شده و از این طریق قابلیت هضم ایلئومی کلسیم و فسفر در این تیمار افزایش یافته است (محمدباقری و نجفی، 1394). در مطالعه حاضر، با مکمل نمودن جیره حاوی دانه کینوا خام توسط ۰/۰۵ درصد مولتی آنزیم روابیو، قابلیت هضم ایلئومی فسفر افزایش یافت که این ممکن است به علت بهبود راندمان استفاده از فسفر فیتاته جیره در اثر مصرف این مکمل آنزیمی بوده باشد و در همین راستا، دفع و اتلاف فسفر کاهش و قابلیت هضم این عنصر معدنی بهبود یافته است (گودرزی و همکاران، 1396).

نتیجه‌گیری

تمامی روش‌های عمل‌آوری، موجب کاهش عوامل ضدتغذیه‌ای ساپونین، اسید فایتیک، تانن و مهارکننده‌های تریپسین دانه کینوا شدند. روش خیساندن در آب ۴۰°C با نسبت ۱:۱۰ به مدت ۲۴ ساعت، بدون هیچ تأثیر منفی بر سطح کلسیم، مقادیر تانن و مهارکننده‌های تریپسین دانه کینوا را به کمترین سطح رساند. روش خیساندن در محلول اسیداستیک ۱ درصد با نسبت ۱:۵ به مدت ۲۴ ساعت، بدون تأثیر منفی بر سطح کلسیم، مقادیر فیبر خام، ساپونین و اسیدفایتیک دانه کینوا را به کمترین سطح کاهش داد. روش خیساندن در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد با نسبت ۱:۱۰ به مدت ۲۴ ساعت، بدون تأثیر منفی بر سطح پتاسیم، موجب افزایش مقادیر خاکستر و سدیم دانه کینوا شد. قابلیت هضم ایلئومی ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، خاکستر، کلسیم و فسفر در جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در محلول اسیداستیک ۱ درصد با نسبت ۱:۵ به مدت ۲۴ ساعت، جیره حاوی دانه کینوا خیسانده شده در محلول بیکربنات سدیم ۱ درصد با نسبت ۱:۱۰ به مدت ۲۴ ساعت و جیره حاوی دانه کینوا خام مکمل شده با ۰/۰۵ درصد مولتی‌آنزیم روابیو بالاتر از جیره حاوی دانه کینوا خام بود. روش خیساندن دانه کینوا در محلول اسیداستیک ۱ درصد با نسبت ۱:۵ به مدت ۲۴ ساعت به عنوان بهترین روش عمل‌آوری معرفی می‌گردد.

منابع

باشتنی، م . فرزادمهر، ج. غفوری، ا. افضلی، ن. و شریفی، م. (۱۳۹۴). تأثیر مرحله رشد بر ترکیبات شیمیایی و اثرات عمل‌آوری سود و آهک بر ترکیب شیمیایی و مولفه‌های تجزیه‌پذیری گیاه مرتعی تاغ (*Haloxylon sp.*) در مرحله بذردهی. پژوهش‌های تولیدات دامی، سال ششم، شماره ۱۲، پائیز و زمستان ۱۳۹۴، ص: ۱۰۴- ۹۶.

طاوسی، م. و لطفعلی‌آینه، غ. ع. (۱۳۹۶). کشت کینوا و نتایج تحقیقات مربوط به آن، ، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی، ۳۲ ص.

عیسی زاده، ص. موسوی، س، ن. و طاهرخان، ر. (۱۳۹۴). اثرات افزودن اسیدهای آلی به جیره های حاوی سطوح مختلف تعادل الکترولیتها بر عملکرد تولیدی و جمعیت میکروبی دستگاه گوارش جوجه های گوشتی. پژوهش‌های تولیدات دامی، سال ششم، شماره ۱۲، پائیز و زمستان ۱۳۹۴، ص: ۶۰- ۴۹.

گودرزی، ن. قیصری، ع. و طغیانی، م. (۱۳۹۶). تأثیر نوع عمل‌آوری خوراک و آنزیم فیتاز بر عملکرد و قابلیت هضم فسفر درجوجه‌های گوشتی. پژوهش‌های تولیدات دامی، سال هشتم، شماره ۱۸، زمستان ۱۳۹۶، ص: ۴۶- ۳۸.

محمدباقری، ن. و نجفی، ر. (۱۳۹۴). مطالعه سیستم ایمنی و صفات لاشه جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های دارای مکمل اسیدهای آلی و آنزیم فیتاز. پژوهش‌های تولیدات دامی، سال ششم، شماره ۱۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۴، ص: ۶۹- ۶۱.

Abdel-Latif, E. A., Ibrahim, Z. A., Reda, F. M. and Alagawany, M. (2020). Effect of Aspergillus japonicas culture filtrate on performance, carcase yield, digestive enzymes, intestinal microbiota and blood constituents of quail. *Italian Journal of Animal Science*, *19*(1), 1057-1064.

Adeleke, O., Adiamo, O. Q., Fawale, O. S., and Olamiti, G. (2017). Effect of soaking and boiling on anti-nutritional factors ,oligosaccharide contents and protein digestibility of newly developed bambara groundnut cultivars. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 5*(9), 1006-1014.

Akande, K. E., Doma, U. D., Agu, H. O., and Adamu, H. M. (2010). Major antinutrients found in plant protein sources: their effect on nutrition. *Pakistan Journal of Nutrition, 9*(8), 827-832.

Alaei, A., Ghanbari, F., Bayat Kouhsar, J., and Farivar, F. (2022). Effects of chemical processing on the nutritional value of green pea (Pisum sativum) residues. *Journal of Livestock Science and Technologies*, *10*(1), 41-50.

AOAC, C. (1990). Xanthophylls in Dried Plant Materials and Mixed Feeds. Method 970.64. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, VA, USA*, 1048-1049.

Chamorro, S. V. (2003). Quinoa. In *Encyclopedia of food science and nutrition* (pp. 4895-4902). Academic.

Chauhan, G. S., Eskin, N. A. M., and Tkachuk, R. (1992). Nutrients and antinutrients in quinoa seed. *Cereal Chem*, *69*(1), 85-88.

Crean, D. E. C., and Haisman, D. R. (1963). The interaction between phytic acid and divalent cations during the cooking of dried peas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *14*(11), 824-833.

De Oliveira Carvalho, J., and Orlanda, J. F. F. (2017). Heat stability and effect of pH on enzyme activity of polyphenol oxidase in buriti (Mauritia flexuosa Linnaeus f.) fruit extract. *Food chemistry*, *233*, 159-163.

Diether, N. E., and Willing, B. P. (2019). Microbial fermentation of dietary protein: an important factor in diet–microbe–host interaction. *Microorganisms*, *7*(1), 19.

D'mello, J. P. F., and Walker, A. G. (1991). Detoxification of jack beans (Canavalia ensiformis): studies with young chicks. *Animal Feed Science and Technology*, *33*(1-2), 117-127.

Fenton, T. W., & Fenton, M. (1979). An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Canadian Journal of Animal Science*, *59*(3), 631-634.

Fikry, A. M., Attia, A. I., Ismail, I. E., Alagawany, M., and Reda, F. M. (2021). Dietary citric acid enhances growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbiota, antioxidant status, and immunity of Japanese quails. *Poultry Science*, *100*(9), 101326.

Fredlund, K., Asp, N. G., Larsson, M., Marklinder, I., and Sandberg, A. S. (1997). Phytate reduction in whole grains of wheat, rye, barley and oats after hydrothermal treatment. *Journal of cereal science*, *25*(1), 83-91.

Friesen, O. D., Guenter, W., Marquardt, R. R., and Rotter, B. A. (1992). The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats, and rye for the young broiler chick. *Poultry Science*, *71*(10), 1710-1721.

Gokavi, S. S., Malleshi, N. G., and Guo, M. (2004). Chemical composition of garden cress (Lepidium sativum) seeds and its fractions and use of bran as a functional ingredient. *Plant foods for human nutrition*, *59*(3), 105-111.

Graf, E. (1983). Applications of phytic acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *60*(11), 1861-1867.

Greiner, R., and Konietzny, U. (2006). Phytase for food application. *Food Technology & Biotechnology*, *44*(2).

Haug, W., and Lantzsch, H. J. (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *34*(12), 1423-1426.

Hidayat, C., Irawan, A., Jayanegara, A., Sholikin, M. M., Prihambodo, T. R., Yanza, Y. R., te al. (2021). Effect of dietary tannins on the performance, lymphoid organ weight, and amino acid ileal digestibility of broiler chickens: A meta-analysis. *Veterinary World*, *14*(6), 1405.

Jansman, A. J. M., Enting, H., Verstegen, M. W. A., and Huisman, J. (1994). Effect of condensed tannins in hulls of faba beans (Vicia faba L.) on the activities of trypsin (EC 2.4. 21.4) and chymotrypsin (EC 2.4. 21.1) in digesta collected from the small intestine of pigs. *British Journal of Nutrition*, *71*(4), 627-641.

Kakade, M. L., Rackis, J. J., McGhee, J. E., and Puski, G. (1974). Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure.

Kraler, M., Schedle, K., Domig, K. J., Heine, D., Michlmayr, H., and Kneifel, W. (2014). Effects of fermented and extruded wheat bran on total tract apparent digestibility of nutrients, minerals and energy in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, *197*, 121-129.

Kumar, M., and Sushma. (2021). Processing Effect on Phytase in Selected Indian Wheat Varieties (Triticum aestivum L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *10*(07), 363-370.

Lakram, N., En-Nahli, Y., Zouhair, F. Z., Moutik, S., Kabbour, R., El Maadoudi, E. H., et al. (2019). The Impact of optimizing the detoxification of argane (Argania spinosa) press cake on nutritional quality and saponin levels. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, *9*(2), 235-246.

Larsson, M., and Sandberg, A. S. (1992). Phytate reduction in oats during malting. *Journal of Food Science*, *57*(4), 994-997.

Liener, I. E. (1994). Implications of antinutritional components in soybean foods. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, *34*(1), 31-67.

Lyberg, K., Lundh, T., Pedersen, C., and Lindberg, J. E. (2006). Influence of soaking, fermentation and phytase supplementation on nutrient digestibility in pigs offered a grower diet based on wheat and barley. *Animal Science*, *82*(6), 853-858.

Makkar, H. P., Blümmel, M., Borowy, N. K., and Becker, K. (1993). Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *61*(2), 161-165.

Mitaru, B. N., Reichert, R. D., and Blair, R. (1984). The binding of dietary protein by sorghum tannins in the digestive tract of pigs. *The Journal of Nutrition*, *114*(10), 1787-1796.

Naasra, A., El-Hack, M. E. A., Muhammad, S., Meng, C., Mahmoud, A., Maryam, S., et al.(2016). Growth performance, intestinal histomorphology, blood hematology and serum metabolites of broilers chickens fed diet supplemented with graded levels of acetic acid. *International Journal of Pharmacology*, *12*(8), 874-883.

National Research Council. (1994). *Nutrient requirements of poultry: 1994*. National Academies Press.

Naveena, N., and Bhaskarachary, k. (2013). Effect of soaking and germination of total and individual polyphenols content in the commonly consumed millets and legumes in India. *International journal of food and nutritional sciences*, *2*(3), 12-19.

Ndelekwute, E. K., Unah, U. L., and Udoh, U. H. (2019). Effect of dietary organic acids on nutrient digestibility, faecal moisture, digesta pH and viscosity of broiler chickens. *MOJ Anat. Physiol*, *6*, 40-43.

Olawoye, B. T., and Gbadamosi, S. O. (2017). Effect of different treatments on in vitro protein digestibility, antinutrients, antioxidant properties and mineral composition of Amaranthus viridis seed. *Cogent Food & Agriculture*, *3*(1), 1296402.

Przybylski, R., Chauhan, G. S., and Eskin, N. A. M. (1994). Characterization of quinoa (Chenopodium quinoa) lipids. *Food Chemistry*, *51*(2), 187-192.

Quinoa, F. A. O. An Ancient Crop to Contribute to World Food Security.(2011). *Available in: http://www. fao. org/3/aq287s/aq287s. pdf*.

Ramli, N. A. M., Chen, Y. H., Zin, Z. M., Abdullah, M. A. A., Rusli, N. D., and Zainol, M. K. (2021). Effect of soaking time and fermentation on the nutrient and antinutrients composition of Canavalia ensiformis (Kacang Koro). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 756, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.

Rodriguez, R. N. (2011). Sas. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, *3*(1), 1-11.

Rosi, I., Vinella, M., and Domizio, P. (1994). Characterization of β-glucosidase activity in yeasts of oenological origin. *Journal of Applied Bacteriology*, *77*(5), 519-527.

Sadeghi, G., Samie, A., Pourreza, J., and Rahmani, H. R. (2004). Canavanine content and toxicity of raw and treated bitter vetch (Vicia ervilia) seeds for broiler chicken. *International journal of poultry science*, *3*(8), 522-529.

Salazar-Villanea, S., Astúa-Ureña, M., Masís-Montoya, A., Herrera-Muñoz, J. I., and Salas-Durán, C. (2022). Effect of protease supplementation on apparent ileal crude protein and amino acid digestibility of over-processed soybean meals in broilers. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *13*(1), 1-8.

Samtiya, M., Aluko, R. E., and Dhewa, T. (2020). Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*, *2*(1), 1-14.

Sandberg, A. S. (2002). Bioavailability of minerals in legumes. *British Journal of nutrition*, *88*(S3), 281-285.

Singh, U., and Jambunathan, R. (1981). Studies on desi and kabull chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars: levels of protease inhibitors, levels of polyphenolic compounds and in vitro protein digestibility. *Journal of Food Science*, *46*(5), 1364-1367.

Sun, H. X., and Pan, H. J. (2006). Immunological adjuvant effect of Glycyrrhiza uralensis saponins on the immune responses to ovalbumin in mice. *Vaccine*, *24*(11), 1914-1920.

Sureshkumar, S., Park, J. H., and Kim, I. H. (2021). Effects of the inclusion of dietary organic acid supplementation with anti-coccidium vaccine on growth performance, digestibility, fecal microbial, and chicken fecal noxious gas emissions.

Brazilian Journal of Poultry Science, *23*.

Torres-Pitarch, A., Perez-Vendrell, A. M., Manzanilla, E. G., Gardiner, G. E., Ryan, T., O Doherty, J. V. O., et al. (2021). Effect of Raw and Extruded Propionic Acid-Treated Field Beans on Energy and Crude Protein Digestibility (In-Vitro and In-Vivo), Growth and Carcass Quality in Grow-Finisher Pigs. *Animals*, *11*(11), 3080.

Vilche, C., Gely, M., and Santalla, E. (2003). Physical properties of quinoa seeds. *Biosystems engineering*, *86*(1), 59-65.

Yahaya, D., Seidu, O. A., Tiesaah, C. H., and Iddrisu, M. B. (2022). The role of soaking, steaming, and dehulling on the nutritional quality of Bambara groundnuts (Vigna subterranea (L) Verdc.). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 312.