Journal of Animal Biology, Autumn 2024; 17(1):15-28

Research Article

Dietary Effects of Hydrothermal, Extrusion and Expansion Processed Quinoa Seed on Blood Metabolites, Intestinal Morphology and Liver Enzymes Activity of Broiler Chickens

Mohammad Ali Jafari*, Negin Zeyghami

Department of Animal Science, Islamic Azad University, Qaemshahr Branch, Qaemshahr, Iran
*Corresponding author: drjafari1349@gmail.com

Received: 27 November 2023 Accepted: 3 December 2023

DOI: 10.60833/ascij.2024.4021569

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of feeding diets containing quinoa seeds processed by hydrothermal, extrusion, and expansion methods on blood parameters, intestinal morphology, and liver enzyme activity in broiler chickens. This experiment was conducted using 225 commercial Ross 308 broiler chickens in 5 treatments, 3 replications, and 15 chickens per replication in a completely randomized design. The experimental treatments included basal diet (without quinoa), diet containing 15% unprocessed quinoa seeds, diet containing 15% hydrothermally processed quinoa seeds, diet containing 15% extruded quinoa seeds, and diet containing 15% expanded quinoa seeds. The results indicated a significant decrease in serum concentration of cholesterol, total protein, ALP and ALT activity and a significant increase in serum concentration of uric acid of broilers fed raw quinoa seed ($p < 0.05$). However, no statistically significant difference was observed in feed intake, triglyceride content and mineral elements calcium, phosphorus, magnesium, iron, zinc, AST and LDH of blood serum among different treatments ($p < 0.05$). Also, replacing raw quinoa seeds caused a significantly decreased villi height and increased crypt depth ($p < 0.05$). Intestinal viscosity was increased by feeding processed quinoa seed, but this parameter was not affected by the dietary treatments ($p > 0.05$). The lowest villi height and the highest crypt depth were observed in the treatment fed with unprocessed quinoa. The experimental treatments did not have a significant effect on the viscosity of the ileum sample of the digestive tract ($p < 0.05$). However, by applying the extrusion method, the viscosity of the digestive contents of the intestine increased slightly. According to the results of this study, the use of thermal processes, especially the extrusion method, can eliminate many anti-nutritional compounds of quinoa seeds and thus quinoa seeds can be a suitable alternative in the diet of broiler chickens.

Keywords: Quinoa seed, Thermal processing, Blood metabolites, Liver enzymes, Broilers.

زیست‌شناسی جانوری، سال هفدهم، شماره اول، پاییز ۱۴۰۳، صفحات ۲۸-۱۵

مقاله پژوهشی

تاثیر تغذیه جیره‌های حاوی دانه کینوای فرآوری شده با روش‌های هیدروترمال، اکستروژن و اکسپندینگ بر روده، فراسنجه‌های خونی و فعالیت آنزیم‌های کبدی جوجه‌های گوشتی

محمدعلی جعفری*، نگین ضیغمی

گروه علوم دامی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران

*مسئول مکاتبات: drjafari1349@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱

DOI: 10.60833/ascij.2024.4021569

چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیرتغذیه جیره‌های حاوی دانه کینوا فرآوری شده با روش‌های هیدروترمال، اکستروژن و اکسپندینگ بر فراسنجه‌های خونی ، ریخت شناسی روده و فعالیت آنزیم‌های کبدی درجوجه‌های گوشتی انجام شد.این آزمایش با استفاده از ۲۲۵ قطعه جوجه گوشتی سویه تجاری راس ۳۰۸ در قالب ۵ تیمار، ۳ تکرار و ۱۵ قطعه جوجه به ازای هر تکرار در قالب طرح کامل تصادفی به انجام رسید.تیمارهای آزمایشی شامل جیره پایه (فاقد کینوا)، جیره حاوی ۱۵ درصد دانه کینوای فرآوری نشده ،جیره حاوی ۱۵ درصد دانه کینوای فرآوری شده به روش هیدروترمال، جیره حاوی ۱۵ درصد دانه کینوای فرآوری شده به روش اکسترود و جیره حاوی ۱۵ درصد دانه کینوای فرآوری شده به روش اکسپند بود.نتایج بدست آمده بیانگر آن بودند که مصرف جیره حاوی دانه کینوا ی خام منجر به کاهش سطح کلسترول ، پروتئین کل، ALT، ALP و افزایش غلظت اسید اوریک سرم خون در مقایسه با گروه شاهد گردید ($p < ۰/۰۵$) با این وجود تفاوت آماری معنی‌داری در مصرف خوراک، محتوی تری‌گلیسرید و عناصر معدنی کلسیم، فسفر، منیزیوم، آهن، روی، AST و LDH سرم خون دربین تیمارهای مختلف مشاهده نگردید ($p > ۰/۰۵$) همچنین جایگزینی دانه کینوای خام سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع ویلی و افزایش عمق کریپت گردید ($p < ۰/۰۵$). کمترین ارتفاع ویلی و بیشترین عمق کریپت در تیمار تغذیه شده با کینوای فرآوری نشده مشاهده گردید . تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر ویسکوزیته نمونه ایلئومی دستگاه گوارش نداشتند ($p >۰/۰۵$) اگرچه با اعمال روش اکستروژن ویسکوزیته محتویات گوارشی روده افزایش جزئی یافت. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق ، استفاده از فرآیندهای حرارتی بخصوص روش اکسترود می‌تواند بسیاری از ترکیبات ضدمغذی دانه کینوا را از بین ببرد و بدین ترتیب دانه کینوا می‌تواند جایگزین مناسبی در جیره طیور گوشتی باشد.

کلمات کلیدی: جوجه گوشتی، دانه کینوا، فرآوری، ریخت شناسی ژوژنوم،آنزیم‌های کبدی.

مقدمه

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Wild. گیاهی با ارزش غذایی بسیار بالا است که در سال‌های اخیر اهمیت و ارزش غذایی بالای آن در بسیاری از کشورها مورد توجه قرار گرفته است. این امر به دلیل ترکیب کامل اسیدهای آمینه، میزان بالای مواد معدنی بویژه کلسیم، آهن، منیزیم و روی، فیبر موثر و ویتامین‌های مختلف نسبت به سایر غلات می‌باشد (۱) از مشخصه‌های دانه کینوا وجود ۵/۱ تا ٦/٤

درصد لیزین می‌باشد که دو برابر میزان لیزین موجود در گندم می‌باشد. از دیگر خصوصیات خوب دانه کینوا که آن را به عنوان گزینه ای مناسب برای مصارف طیور مطرح نموده است، می‌توان به تولید بالا، مقاومت به خشکسالی و محتوی بالای انرژی و پروتئین آن اشاره نمود، بطوریکه این محصول به طور متوسط دارای ۱۶ درصد پروتئین و ۷۷-۷۰ درصد کربوهیدرات می‌باشد. بنابراین دارای ارزش تغذیه‌ای بسیار مناسبی برای طیور می‌باشد (٤). علیرغم مزایای کینوا بویژه جهت استفاده در خوراک دام و طیور، وجود ترکیبات ضدمغذی همچون ساپونین، اسید فیتیک، تانن، اگزالات و بازدارنده تریپسین در این گیاه منجر به کاهش ارزش تغذیه‌ای، اختلال در هضم، جذب و کارائی مواد غذایی و ایجاد اثرات منفی بر سلامت کلی انسان و حیوان می‌شود، بنابراین مصرف کینوا را در جیره‌های غذایی با محدودیت مواجه ساخته است (۳۰). بنابراین با توجه به ارزش تغذیه ای خوب و شرایط کشت مناسب دانه کینوا در داخل کشور، درصورت یافتن روش مناسب و کاربردی برای بهبود کیفیت آن و امکان استفاده از سطوح بالاتر آن در خوراک طیور می‌توان گام موثری در جهت کاهش واردات منابع گیاهی و کاهش رقابت غذایی طیور با انسان در زمینه دستیابی به منابع غذایی برداشت.از سوی دیگر، مطالعات نشان می‌دهد که بسیاری از ترکیبات ضدمغذی موجود در منابع گیاهی بویژه بازدارنده‌های پروتئازی، نسبت به حرارات ناپایدار بوده و در اثر حرارت دادن به دانه، فعالیت آنها به راحتی از بین می‌رود(٦). در بین روش‌های مختلف فراوری مواد غذایی، روش‌های حرارتی از محبوبیت بیشتری برخوردارند. بطوریکه اگر فرآیند حرارتی اعمال شده بر روی منابع گیاهی در درجه حرارت، مدت زمان، فشار و رطوبت مناسب صورت پذیرد، علاوه بر اینکه مواد ضدمغذی به حداقل می رسد، به دلیل فشار مکانیکی وارده، سلول‌های مختلف از هم پاشیده و مواد مغذی برای جوجه‌ها قابل دسترس می‌شود (۱۹). همچنین قابلیت هضم کربوهیدرات‌ها به دلیل تغییر در ساختار پلی ساکاریدهای غیرنشاسته ای محلول در آب افزایش یافته و این امر سبب افزایش قابلیت هضم فیبر و در نتیجه افزایش انرژی قابل متابولیسم دانه‌ها برای طیور می‌شود (۱۵). بنابراین به علت اهمیت تجاری این مسئله، محققین تأثیر فرآیندهای مختلف حرارتی همانند اتوکلاو کردن، تفت دادن، ترکاندن، میکرونیزه کردن، تابش امواج با طول موج کوتاه، اکسترود کردن، اکسپند کردن، پختن هیدروترمال و پفکی کردن تحت بخار را بر عوامل ضدتغذیه ای موجود در برخی از منابع گیاهی مورد بررسی و مطالعه قرار داده‌اند. اما تا کنون مطالعه ای در ارتباط با تاثیر فرآوری‌های مختلف حرارتی هیدروترمال، اکستروژن و اکسپندینگ بر ارزش تغذیه ای دانه کینوا جهت استفاده در تغذیه طیور انجام نشده است و بدین جهت مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیرتغذیه جیره‌های حاوی دانه کینوا فرآوری شده با روش‌های هیدروترمال، اکستروژن و اکسپندینگ بر فراسنجه‌های خونی، ریخت شناسی روده و فعالیت آنزیم‌های کبدی درجوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

فراوری دانه کینوا :برای این منظور دانه کینوا از یک محموله یکنواخت تهیه و تحت ۳ فرآیند حرارتی هیدروترمال، اکستروژن و اکسپندینگ قرار گرفتند. فرآوری به روش هیدروترمال :جهت انجام فرآیند هیدروترمال، مقدار ۱۳۵ کیلوگرم دانه کینوا همراه با آب (با سبت حجمی ۲:۱)در یک ظرف خیسانده و با فویل آلومینیومی درب بندی شد. نمونه سپس در آون با دمای ۵۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۵ دقیقه

قرار گرفت. پس از خروج نمونه‌ها با بافر استات (۵/۵ =pH) تیمار شده و به مدت ۱۲ ساعت در همان شرایط (دمای ۵۵ درجه) نگهداری گردیدند. در نهایت نمونه‌های کینوا از آون خارج وچندین مرتبه با آب مقطر شسته شدند تا pH آن به حالت قبل از فرآیند برسد. در نهایت نمونه در آون با دمای ۸۰ درجه به مدت ۳-۲ ساعت خشک گردید (۱۰). فرآوری به روش اکستروژن :فرآیند اکسترود در دمای ۲ ± ۱۵۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ ثانیه با استفاده از اکسترودر تک ماردون (تک شفت) با سرعت 450RPMو قطر ۱۰ سانتی متر انجام و سپس نمونه ها خشک و آسیاب گردیدند (۲۰). فرآوری به روش اکسپند: فرآینداکسپند با استفاده از روش اکسپندینگ مرطوب در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ ثانیه با استفاده از اکسپندر تک کادیشنر آماندوس کال انجام شد (۱۱).

محل و زمان اجرای آزمایش :پرورش جوجه‌های گوشتی آزمایشی در این مطالعه در یک مزرعه پرورش جوجه گوشتی در شهرستان قائم‌شهر در زمستان۱۴۰۱ انجام شد.

پرندگان و گروه‌های آزمایشی: برای انجام این آزمایش از تعداد ۲۲۵ قطعه جوجه گوشتی سویه تجاری راس-۳۰۸ در قالب ۵ تیمار و ۳ تکرار و ۱۵ قطعه جوجه در هر تکراراستفاده گردید.توزیع تیمارها بین واحدهای آزمایشی به صورت کاملاً تصادفی انجام شد. جوجه‌ها به مدت ۴۲ روز و در قالب سه برنامه تغذیه‌ای آغازین (۱۰-۱ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) تغذیه شدند. پرندگان در طول آزمایش دسترسی آزاد به خوراک و آب داشتند.برای تنظیم جیره‌ها از مواد مغذی ارائه شده در جداول احتیاجات غذایی جوجه‌های گوشتی راس-۳۰۸ استفاده شد. جیره‌های آزمایشی با استفاده از برنامه جیره‌نویسی WUFFDA تنظیم و همه جیره‌ها با سطوح پروتئین و انرژی قابل متابولیسم یکسان تنظیم شدند، (جدول ۱) تیمارهای آزمایشی شامل جیره پایه (فاقد کینوا) ، جیره حاوی ۱۵ درصد دانه کینوای فرآوری نشده ،جیره حاوی ۱۵ درصد دانه کینوای فرآوری شده به روش هیدروترمال، جیره حاوی ۱۵ درصد دانه کینوای فرآوری شده به روش اکسترود و جیره حاوی ۱۵ درصد دانه کینوای فرآوری شده به روش اکسپند بود.

برنامه واکسیناسیون: واکسیناسیون بر مبنای توصیه سازمان دامپزشکی منطقه و بر علیه بیماری‌های، برونشیت عفونی، نیوکاسل و گامبورو انجام شد.

اندازه‌گیری مصرف خوراک : برای محاسبه مقدار مصرف خوراک هفتگی هر واحد آزمایشی، مقدار دان مصرف‌نشده در آن هفته وزن‌کشی، و از مقدار دان داده شده به آن واحد آزمایشی کسر شد،و مقدار دان مصرفی آن تیمار به‌دست آمد. برای توزین خوراک از ترازوی دیجیتالی با دقت ۵ گرم استفاده شد.

فراسنجه‌های خونی: در سن ۴۲ روزگی از هر واحد آزمایشی دو قطعه جوجه به صورت تصادفی انتخاب و خون‌گیری از سیاهرگ بال آن انجام شد. جوجه‌ها قبل از خونگیری به مدت ٤ ساعت ناشتا نگهداری شدند. سپس با استفاده از سرنگ‌های ۳ سی‌سی، مقدار ۳ میلی‌لیتر خون از هر جوجه گرفته شد و بلافاصله به داخل لوله‌های آزمایشی حاوی ماده ضدانعقاد اتیلن دی آمین ترا استیک اسید منتقل شد. لوله‌های آزمایشی به آزمایشگاه انتقال داده شده و به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ(VISION مدل – VS CFN II ۱۵۰۰۰، ساخت کره) با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت، تا سرم آنها جدا شود. بعد از جداسازی سرم خون ، میزان پروتئین کل، کلسترول و تری گلیسیرید، اسید اوریک ،آلکالین فسفاتاز(ALP)، آلانین آمینوترانسفراز(ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و لاکتات دهیدروژناز (LDH) موجود در

نمونه‌های سرم با استفاده از روش آنزیمی PAP-CHODو با کیت تجاری شرکت پارس آزمون و شرکت زیست شیمی تعیین گردید (۲٤) و میزان عناصر کلسیم، فسفر، منیزیوم، روی و آهن توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردید (۲).

ریخت‌شناسی روده: به منظور بررسی ریخت‌شناسی روده بخش(ژژنوم) جوجه‌های مورد آزمایش در سن ٤۲ روزگی از هر تکرار ۲ قطعه جوجه با شرایط نزدیک به میانگین وزنی واحد آزمایشی، انتخاب و کشتار شدند. سپس یک قطعه ۲ سانتی‌متری از بخش میانی ژژنوم انتخاب و جداسازی شد و پس از شستشو با سرم فیزیولوژی، با استفاده از محلول فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شد. پاساژ بافت شامل سه مرحله بود: آبگیری، شفاف‌سازی و آغشته گری- آبگیری، شفاف‌سازی و آغشته‌گری نمونه‌ها به ترتیب به وسیله الکل، گزیلول و پارافین مذاب انجام شد. پس از قالب‌گیری نمونه‌ها، برش‌هایی از بافت‌های موردنظر تهیه شد و برای رنگ‌آمیزی از روش هماتوکسیلین و ائوزین استفاده شد. در نهایت ارتفاع ویلی و عمق کریپت با میکروسکوپ نوری اندازه-گیری شد. ارتفاع ویلی از نوک پرزها به محل اتصال پرز- کریپت اندازه‌گیری شد. عمق کریپت به‌عنوان عمق پیچ خوردگی بین پرزهای مجاور تعریف شد (۱).

ویسکوزیته محتویات ایلئوم: برای اندازه‌گیری ویسکوزیته محتویات دستگاه گوارش به فاصله ۱۰ سانتیمتر از زائده مکل تا ۱۰ سانتیمتری زائده ایلئوسکال جمع‌آوری شدند. محتویات روده جمع آوری شده از هر پرنده به دو زیر نمونه تقسیم و در حدود ۲ گرم از هر نمونه به داخل میکروتیوپ ریخته و نمونه ها با سرعت 12700 g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شدند. پس از سانتریفوژ بخش بالایی را برداشته و ویسکوزیته آن با استفاده از دستگاه ویسکومتر دیجیتال بروکفیلد (مدل DV-II) بر حسب سانتی پوآز (cps) تعیین شد.

آنالیز آماری داده‌ها: آنالیز متغیرهای مورد مطالعه در این آزمایش با مدل طرح کاملا تصادفی و با استفاده از نرم‌افزارR انجام شد و برای مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی از آزمون توکی در سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد.

جدول ۱- اجزا و ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی

Table1. The ingredients and chemical composition of the experimental diets

Feed ingredients (%)	1-11 d		11-24 d		24-42 d	
	SBM	QS	SBM	QS	SBM	QS
Corn grain	55.47	43.99	56.38	43.56	61.20	48.53
Soybean meal	36.53	30.13	37.69	35.63	32.64	30.29
Quinoa seed (16.01%)	-	15.00	-	15.00	-	15.00
Soybean Oil	0.9	1.2	2.04	2.21	2.73	2.91
Corn Gluten	3.00	5.57	-	-	-	-
Dicalcium phosphate	1.77	1.64	1.69	1.52	1.48	1.32
Calcium carbonate	0.94	0.96	0.90	0.91	0.83	0.84
Vitamin supplements	0.05	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Mineral supplements	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
DL-Methionine	0.28	0.23	0.25	17	0.19	0.17
L-Lysine	0.20	0.27	0.10	0.05	0.01	0.00
L-Threonine	0.08	0.10	0.03	0.03	0.00	0.02
Common salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Sodium Bicorbonate	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17

Chemical composition (calculated)						
Metabolizable energy (kcal/kg)	2850	2850	2950	2950	3050	3050
Crude protein (%)	22.5	22.5	21.00	21.00	19.00	19.00
Calcium (%)	0.90	0.90	0.87	0.87	0.78	0.78
Available phosphorus (%)	0.45	0.45	0.44	0.44	0.39	0.39
Methionine (%)	0.92	0.92	0.85	0.85	0.74	0.74
Lysine (%)	1.24	1.24	1.17	1.17	0.98	0.98

*ویتامین‌ها و مواد معدنی در هر کیلوگرم جیره دارای: ویتامین A ، ۱۵۰۰۰واحد بین‌المللی؛ ویتامین D۳ ،۲۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E ،۲۰ میلی‌گرم؛ ویتامین K3 ،۵میلی‌گرم؛ B1، ۲میلی‌گرم؛ ویتامین B۲ ، ۵ میلی‌گرم؛ B٦ ،۲میلی‌گرم؛ B۱۲، ۰/۰۵میلی‌گرم؛ اسید فولیک،۱ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۲۵میلی‌گرم؛ پنتوتونیک اسید؛ ۱۲ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۱ میلی‌گرم؛ منگنز، ۷۰ میلی‌گرم؛ روی، ۵۰ میلی‌گرم؛ آهن،۵۰ میلی-گرم؛ مس، ۵میلی‌گرم؛ ید، ۱میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۱میلی‌گرم.

Vitamin-mineral mixture supplied per kilogram of diet: Vit A: 15000 IU, Vit D3: 2000 IU,Vit E: 20mg,Vit K3: 5 mg, Vit B2: 5 mg, Vit B1: 2 mg,VitB12: 0.02 mg,VitB6: 2 mg, Pantothenic acid: 12 mg, Biotin: 0.1 mg, Niacin: 25 mg, Folic acid: 1 mg, Copper: 5 mg, Iodine: 1 mg,Manganese: 70 mg, Iron: 50mg, Zinc: 50 mg and Selenium:0.1 mg

نتایج

خوراک مصرفی: نتایج مربوط به تاثیر تیمارهای آزمایشی بر مصرف خوراک (جدول ۲)، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در بین گروه‌های مختلف در دوره‌های پرورشی می‌باشد. با این وجود مصرف جیره‌های حاوی دانه کینوا سبب کاهش نسبی در مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی گردید. و در کل دوره پرورش بالاترین میزان خوراک مصرفی مربوط به تیمار ۱ و پایین ترین آن مربوط به تیمار ۲ بود.

فراسنجه‌های خونی: جدول ۳ تاثیر تیمارهای آزمایشی را بر فراسنجه‌های خونی نشان می‌دهد. مصرف جیره حاوی دانه کینوا ی خام منجر به کاهش سطح کلسترول و پروتئین کل خون در مقایسه با گروه شاهد گردید ($p <$ ۰/۰۵) با این وجود تفاوت آماری معنی‌داری در محتوی تری گلیسرید و عناصر معدنی کلسیم، فسفر، منیزیوم، آهن و روی سرم خون دربین تیمارهای مختلف مشاهده نگردید ($p >$ ۰/۰۵). مقایسه غلظت اسید اوریک در بین تیمارهای آزمایشی نیز نشان دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p <$ ۰/۰۵) و کمترین و بیشترین غلظت اسید اوریک سرم خون به ترتیب در جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های فاقد دانه کینوای و حاوی دانه کینوای خام مشاهده شد.

ریخت‌شناسی روده: نتایج بررسی خصوصیات پرزهای ژژنوم در ٤۲ روزگی (جدول ٤) نشاندهنده اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های ارتفاع ویلی، عمق کریپت و نسبت ارتفاع ویلی به عمق کریپت می‌باشد ($p <$ ۰/۰۵). بالاترین ارتفاع ویلی و عمق کریپت به ترتیب در تیمار ٤ و تیمار ۲ مشاهده شد و بیشترین نسبت ارتفاع ویلی به عمق کریپت در تیمار٤ و کمترین آن در تیمار ۲ مشاهده گردید.

غلظت آنزیم‌های کبدی و ویسکوریته نمونه ایلئومی: بررسی تأثیر تیمارهای آزمایشی برغلظت آنزیم‌های کبدی، (جدول۵)، نشان داد که استفاده از دانه کینوا در خوراک سبب کاهش معنی‌دار غلظت آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز گردید (۰/۰۵ > p) به طوریکه کمترین میزان فعالیت آنزیمی آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز در تیمار۲ وبیشترین آن در تیمار ۱ (گروه شاهد) مشاهده شد. استفاده از دانه کینوای فرآوری شده به روش اکستروژن و اکسپندینگ در مقایسه با روش هیدروترمال سبب

کاهش کمتری در میزان فعالیت این آنزیم‌ها گردید ($p >$ ۰/۰۵) و نیز فعالیت آنزیم‌های آسپارتات آمینو ترانسفراز و لاکتات دهیدروژناز در بین گروه‌های مختلف آزمایشی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. ($p >$ ۰/۰۵). همچنین بر اساس نتایج حاصله، تفاوت آماری معنی‌داری در ویسکوزیته محتویات ایلئومی در بین گروه‌های مختلف آزمایشی وجود نداشت (۰/۰۵ $< p$). با این وجود، مصرف دانه کینوا منجر به افزایش عددی ویسکوزیته محتویات روده در مقایسه با گروه کنترل گردید.

جدول۲- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میزان خوراک مصرفی در جوجه‌های گوشتی(گرم)

Table 2. The effect of experimental treatments on feed intake in broiler chickens (g)

	T1	T2	T3	T4	T5	SEM
1-10 d	505.9	459	490.6	486.8	503	6.08
11-24 d	1198.8	1192	1204	1180	1179	6.53
24-42 d	2735	2657	2726	2711	2716	23.74
1-42 d	4439.8	4309	4421.7	4386	4396	23.39

تیمار۱(جیره شاهد) ، تیمار۲(جیره شاهد با ۱۵ درصد دانه کینوای خام)،تیمار۳(جیره شاهد با ۱۵درصد دانـه کینـوای فـرآوری شـده بـه روش هیدروترمال)،تیمار٤(جیره شاهد با ۱۵درصد دانه کینوای اکسترود شده، تیمار۵ (جیره شاهد با ۱۵ درصد دانه کینوای اکسپند شده).

a وb و c : حروف غیرمشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین گروه‌های آزمایشی می‌باشد ($p <$ ۰/۰۵).

Treatment1, control diet; Treatment2, control diet supplemented with 150 g/kg of raw quinoa seed; Treatment3, control diet supplemented with 150 g/kg quinoa seed processed with hydrothermal; Treatment4, control diet supplemented with 150 g/kg quinoa seed processed with extrusion; Treatment5, control diet supplemented with 150 g/kg quinoa seed processed with expansion methods. ^{a,b,c} Means followed by different letters in the same row are different ($p < 0.05$).

جدول ۳- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی(میلی‌گرم/دسی‌لیتر)

Table 3. The effect of experimental treatments on blood metabolites in broiler chickens (mg/dl)

	T1	T2	T3	T4	T5	SEM
Total protein	5.26ab	4.72b	5.07b	5.67a	5.08b	0.10
Chol.	222.54a	162.89c	175.27b	184.46b	177b	0.07
TG	172.74	155.37	163.81	152.33	160.05	6.41
Uric Acid	4.19c	4.81c	4.57ab	4.26bc	4.41bc	4.31
Ca.	10.22	9.88	9.96	9.98	10.83	0.14
P	4.68	3.82	4.07	4.01	3.64	0.15
Mg	3.59	3.78	3.54	3.69	3.71	0.06
Fe	1.41	1.43	1.34	1.33	1.39	0.04
Zinc	1.77	1.57	1.69	1.58	1.72	0.06

A23، b و c: حروف غیرمشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین گروه‌های آزمایشی می‌باشد ($p <$ ۰/۰۵).

^{a,b,c} Means followed by different letters in the same row are different ($p < 0.05$).

جدول ٤- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ریخت شناسی روده جوجه‌های گوشتی(میکرومتر)

Table 4. the effect of experimental treatments on the intestinal morphology in broiler chickens (µm)

	T1	T2	T3	T4	T5	SEM
villi height	1050^{a}	936.8^{c}	987.3^{bc}	1065.8^{b}	1036.9^{b}	16.55
crypt depth	168.5^{bc}	193.8^{a}	179.9^{b}	159.7^{c}	175.6^{b}	3.40
villi height /crypt depth	6.23^{ab}	4.84^{d}	5.49^{c}	67.6^{a}	5.90^{bc}	0.18

a، b و c: حروف غیرمشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین گروه‌های آزمایشی می‌باشد ($p <$ ۰/۰۵).

^{a,b,c} Means followed by different letters in the same row are different ($p < 0.05$).

جدول ۵- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر فعالیت آنزیم‌های کبدی در جوجه‌های گوشتی

Table 5. The effect of experimental treatments on liver enzymes activity in broiler chickens

	T1	T2	T3	T4	T5	SEM
ALP(U/L)	2320[a]	1920[c]	1997[bc]	2110[b]	2107[b]	241.2
ALT(U/L)	13.6[a]	10.16[c]	10.81[c]	12.1[b]	11.84[b]	0.53
AST(U/L)	162.8	148.2	149.9	153.2	143.5	3.47
LDH(U/L)	345.1	305.3	325.7	331.4	349.1	7.54
Ileum viscosity(cP)	2.91	3.72	3.44	4.80	4.06	0.23

a، b و c: حروف غیرمشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین گروه‌های آزمایشی می‌باشد ($p < ۰/۰۵$).

[a,b,c] Means followed by different letters in the same row are different ($p < 0.05$).

بحث

در تحقیق حاضر افزودن دانه کینوای خام به جیره باعث کاهش مصرف خوراک در جوجه‌ها گردید اگرچه هنوز دلیل خاصی برای کاهش مصرف خوراک گزارش نشده است، ولی احتمالا وجود اسید فیتیک در بذر کینوا منجر به کاهش قابلیت جذب کلسیم و در نتیجه کاهش مصرف غذا می‌گردد. همچنین سطوح بالای بازدارنده تریپسین و ساپونین در جیره حاوی دانه کینوای خام نیز ممکن است از دیگر دلایل کاهش جزئی مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی باشد (۱). جاکوبسن و همکاران (۱۹۹۷) گزارش نمودند که وجود مقادیر قابل توجه بازدارنده پروتئینی در جیره غذایی با کاهش میزان خوراک مصرفی و اختلال رشد همراه است. بطوریکه مصرف این بازدارنده با هایپرتروفی پانکراس و ایجاد ضایعات و تغییرات دژنراتیو در روده، سیستم گوارش پرنده را تحت تأثیر قرار می‌دهد که ممکن است بخشی از کاهش خوراک مصرفی در پرنده را توجیه نماید (۱۳). بعلاوه کاهش اشتها در زمان مصرف بازدارنده تریپسین می‌تواند به دلیل نقص در متابولیسم کبدی ناشی از آسیب‌دیدگی بافت کبد باشد (۲۳). همانگونه که عنوان شد با توجه به اینکه بی‌اشتهایی یکی از علائم وجود ترکیبات ضدمغذی در دانه کینوا می‌باشد، بنابراین دور از انتظار نیست که استفاده از فرآوری این ترکیب در جیره غذایی منجر به تحریک بیشتر مصرف غذا گردند (۱۲). با این وجود فرآوری کینوا با استفاده از روش‌های حرارتی تاثیر منفی این منبع غذایی بر میزان غذای مصرفی راتعدیل نکرد که این امر ممکن است به دلیل ویسکوزیته بالای محتویات روده حتی در زمان مصرف کینوا فرآوری شده به روش هیدروترمال باشد. متعاقب آن حرکت مواد هضمی در روده کند شده و مصرف خوراک به دلیل پر بودن فیزیکی دستگاه گوارش کاهش می‌یابد (۳۱). همچنین در مطالعه حاضر، استفاده از دانه کینوا سبب کاهش کلسترول گردید. به نظر میرسد دانه کینوا با دارا بودن فلاونوئیدها و ایجاد فعالیت آنتی‌اکسیدانی از اکسیداسیون کلسترول پیشگیری می‌نماید (۲۲). همجنین اثرات بازدارندگی دانه کینوا برروی تجمع کلسترول توسط Marino و همکاران (۲۰۱۸) و Estrada (۷)و همکاران (۱۹۹۸) گزارش شده است. آنها گزارش نمودند که میزان تجمع کلسترول با استفاده از دانه کینوا به میزان ۲۱۵ درصد کاهش می یابد. زیرا پلی‌فنل‌ها به ذرات کلسترول متصل می‌شوند و واکنش بین کلسترول و پلی‌فنل‌های کینوا واکنش متقابل مابین لیپوپروتئین‌ها و تجمع بعدی آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و مانع تجمع ذرات کلسترول می‌شود (۱، ۱۸). در ارتباط با کاهش کلسترول در تیمار فراوری شده به روش هیدروترمال بایستی اشاره نمود که بخشی از کاهش کلسترول ممکن است ناشی از فرآیند خیساندن دانه کینوا قبل از مصرف باشد. چراکه این امر منجر به کاهش الیگوساکاریدهای

موجود در دانه کینوا و افزایش فعالیت فیتازدرونی آن باشد. به علاوه برخی مطالعات نشان می‌دهد خیساندن منابع گیاهی با افزایش زیست فراهمی مواد کاهش دهنده کلسترول از قبیل توکروتوی انول، آلفاتوکوفرول و گاما توکوفرول منجر به کاهش کلسترول در طیور می‌شود (۲۱). استفاده از کینوای خام در تحقیق کنونی منجر به افت پروتئین کل سرم خون گردید که می‌تواند ناشی از کاهش محتوی فسفر قابل دسترس در خوراک باشد. با توجه به اینکه فسفر یکی از عناصر ضروری در سنتز اسیدهای نوکلئیک و فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها می‌باشد، بنابراین کمبود این عنصر منجر به اختلال در سنتز اسیدهای نوکلئیک و پروتئین،افزایش سنتز و متابولیسم پروتئین سلولی از طریق کاهش ترشح هورمون رشد می‌گردد (۲۹). بخش دیگری از کاهش پروتئین کل ممکن است ناشی از اختلال در جذب مواد مغذی موجود در غذای مصرفی پرنده به دلیل آسیب دیدگی احتمالی مخاط روده وکاهش سطح جذب روده وهمچنین بروزتغییراتی درمکانیسم جذب اسیدهای آمینه ازدستگاه گوارش به دلیل وجود بازدارنده تریپسین باشد(۲۱) بنابراین دور از انتظار نیست که فرآوری دانه کینوا با حذف بخشی از بازدارنده تریپسین و اسید فیتیک بتواند بخشی از کاهش پروتئین کل را جبران نماید. بطوریکه فراوری حرارتی (اکستروژن و اکسپندینگ)دانه کینوا با افزایش قابلیت هضم و جذب اسیدهای آمینه و تأمین الگوی مناسبی از اسیدهای آمینه برای سنتزپروتئین در بدن می‌تواند منجر به افزایش پروتئین کل گردد. شایان ذکر است که فرآوری هیدروترمال به دلیل کاهش محتوی فیتات موجود در دانه کینوا توانسته است بخشی از تاثیر منفی دانه خام را بر پروتئین کل پلاسما جبران نماید. اطلاعات اندکی در ارتباط با مصرف دانه کینوا و محتوی اسید اوریک خون در جوجه‌های گوشتی وجود دارد. با این وجود دهقانی تفتی و جهانیان (۲۰۱۶) گزارش نمودند که الگوی مناسب اسیدهای آمینه علاوه بر تحریک و تقویت پروتئین سازی، میزان تولید و دفع اسید اوریک را کاهش می‌دهد. همچنین اثبات گردیده است که وجود فاکتورهای ضدمغذی در منابع گیاهی منجر به مهار سیستم آنزیمی، اختلال در فرآیند هضم و افزایش دفع اگزوژنوس پروتئین می‌گردند. بطوریکه کاهش فعالیت آنزیم‌های پروتئولتیک در روده حیوانات تغذیه شده با بازدارنده تریپسین گزارش شده است که منتهی به افزایش اسید اوریک در سرم می‌گردد. بر اساس نتایج بدست آمده در آزمایش حاضر، مصرف دانه کینوا تاثیری بر محتوی کلسیم سرم نداشت. پاسخ محتوی کلسیم سرم ممکن است به این صورت توجیه شود که غلظت‌های فیزیولوژیکی این عناصر در جوجه‌های گوشتی بسیار شدیدتر از غلظت سایر عناصر نظیر فسفر تنظیم می‌گردد (۲۶). از سوی دیگر، دانه کینوای خام منجر به کاهش اندک در محتوی فسفر سرم شد. براساس مطالعات مختلف اولین پاسخ مشخص به سطوح بالای اسید فیتیک جیره غذایی، کاهش فسفر سرم خون می‌باشد(۱۴). در ارتباط با سطح کلسیم و فسفر سرم خون در تیمارهای فراوری شده ، همان گونه که از نتایج پیداست، روش هیدروترمال به دلیل تخریب مقادیری از فیتات و آزاد سازی فسفر سبب افزایش عددی محتوی فسفر خون گردیده است. همچنین تیمارحرارتی دانه کینوا به دلیل تاثیر بر محتوی اسید فیتیک می‌توانند اثرات منفی این دانه را تا حدودی خنثی نمایند. مطالعات بسیاری کاهش محتوی اسید فیتیک را با استفاده از تیمار حرارتی در گیاهان نشان دادند (۱۷). ولیکن مطالعات از کاهش محتوی اسید فیتیک در دماهای بالای ۱۵۰ درجه سلسیوس دلالت داشته‌اند ولی در مطالعه حاضر با توجه به حرارت پایین اعمال شده بر روی دانه کینوا

و محتوی کم فیتات موجود در این دانه، تیمار حرارتی نتوانست تاثیر زیادی بر محتوی کسیم و فسفر خون داشته باشد. در آزمایش حاضر، عدم تغییر در محتوی منیزیوم، روی و آهن با استفاده از دانه کینوا مشاهده شد. متاسفانه هیچ گونه مطالعه‌ای در این زمینه تاکنون انجام نشده است. با این وجود تحقیقات نشان می‌دهد پلاسما منبع ذخیره ای موقت عناصر معدنی کم نیاز می‌باشد، بطوریکه محتوی مینرالی موجود در پلاسما سریعاً به ارگانهای مختلف بدن هدایت می گردد. بطوریکه تنها کمبود شدید عناصر معدنی می‌تواند بر غلظت این عناصر در خون تأثیرگذار بوده، و غلظتهای بالای این عناصر جهت پیشگیری از بروز مسمومیت سریعاً از پلاسما خارج شده و در ارگانهای بدن ذخیره می‌گردد.(۵). بنابراین به نظر می رسد وجود سطح پایین دانه کینوا در خوراک نمی‌تواند تاثیر زیادی بر محتوی این عناصر داشته باشد. بررسی داده‌های مربوط به پرزهای روده در جوجه‌های گوشتی در مطالعه حاضر نشان از تاثیر معنی‌دار تیمارهای مختلف آزمایشی داشت، که این تغییرات در تیمار ۲ و ۳ بیشتر مشهود است. دانه کینوای خام دارای تعدادی ترکیبات ضدتغذیه ای است که این ترکیبات منجر به ایجاد میکروفلور غیرنرمال، موکوس نازکتر، تاخیر در بلوغ سلول‌های جذبی روده، افزایش تبادل سلولی در اپیتلیوم روده، به توسعه کمتر دستگاه گوارش و پرزهای روده منجر می‌شود (۲۸). همانند دانه کینوای خام، در ارتباط با فرآیند هیدروترمال، تغییر در مورفولوژی روده همانند کوتاه‌تر شدن پرز و عمیق‌تر شدن کریپت را می‌توان به حضور سموم باکتریایی و حضور تنش‌ها در مواد هضمی مرتبط دانست که زمینه را برای تغییرات نسبتا سریع در مخاط روده‌ای فراهم می‌کند. چراکه اعمال روش هیدروترمال تاثیر کمی بر محتوی برخی از ترکیبات ضدمغذی موجود در دانه کینوا بویژه لکتین و بازدارنده تریپسین دارد، بنابراین سلول‌های پوششی روده به طور پیوسته دستخوش تغییر می‌شوند و با تزاید و بلوغ در کریپت‌ها و مهاجرت به سمت بالاریزش سلول‌ها از کرک‌ها جبران می‌شود (۸). عمق کریپت‌ها با میزان جایگزینی سلول‌های روده‌ای وابسته بوده وافزایش عمق کریپت‌ها نشانگر افزایش نیاز به جایگزینی سلول‌های روده ای می‌باشد .همچنین افزایش عمق کریپت در جوجه‌های تغذیه شده با دانه کینوای فرآوری شده با روش هیدروترمال در این آزمایش نیز می‌تواند به دلیل افزایش تخریب و آتروفی سلول‌های پوششی نوک پرز در اثر تاثیر منفی تانن، لکتین‌ها و مهارکننده‌های پروتئینی و در نتیجه افزایش بازچرخ سلول‌های تولید کننده مخاط در عمق کریپت به منظور ساخت و جایگزین نمودن آنها با سلول‌های آتروفی شده باشد (۹). در آزمایش کنونی، عمق کریپت در گروه هیدروترمال بیشتر از دو گروه فرآوری دیگر بود. با توجه به اینکه تقسیم سلولی عمدتا در ناحیه کریپت صورت می گیرد، بنابراین شاید بتوان گفت که وجود کریپت‌های عمیق‌تر در ژژنوم جوجه‌های تغذیه شده می‌تواند بیانگر تقاضای بیشتر برای تولید سلول‌های جدید در این ناحیه و به دنبال آن صرف مواد مغذی بیشتر جهت نگهداری آن باشد که به رشد کمتر بدن می انجامد (۲۵). در آزمایش کنونی، استفاده از دانه کینوا منجر به افزایش جزئی در میزان ویسکوزیته روده گردید .دانه کینوا حاوی مقادیر بالای پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای (NSP) می‌باشد. بطورکلی جوجه‌های گوشتی توانایی بسیار محدودی برای هضم NSP ها دارند. حرارت دادن منابع گیاهی حاوی مقادیر بالای NSP منجر به افزایش حلالیت پلی ساکاریدهای غیرنشاسته ای شده و در نهایت ویسکوزیته دستگاه گوارش را نیز افزایش می‌دهد (۳۲). در آزمایش کنونی به دلیل اعمال حرارت بالاتر در فرآیند اکستروژن میزان ویسکوزیته دستگاه گوارش نیز در این تیمار افزایش یافته و به

بالاترین سطح در بین تمامی گروه‌های آزمایشی رسیده است. بر اساس نتایج ارائه شده در این آزمایش، استفاده از دانه کینوا به صورت خام و یا فرآوری شده منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌های کبدی گردید. به نظر می رسد بخش زیادی از این اثرات محافظتی ناشی از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالای دانه کینوا باشد. بطوریکه گلیسریزین موجود در دانه کینوا از طریق جلوگیری از تغییرات نفوذپذیری غشای سلولی موجب اثرات محافظتی در کبد می‌شود. اثرات محافظتی گلیسریزین از کبد در برابر آسیب کبدی القا شده با تتراکلرید کربن، استرس اکسیداتیو القا شده با آفلاتوکسین، و دیگر آسیب‌های کبدی ناشی از استرس اکسیداتیوگزارش شده است (۳). تعدادی از مواد مؤثر دانه کینوا شامل اسید گلیسریزیک و تریترپن-ها، فلاونوییدها و ایزوفلاون‌ها است که در کاهش مشکلات کبدی دخیل است. بنابراین این ترکیبات فعالیت آنزیم‌های کبدی را به دلیل پیشگیری از تخریب سلولی هپاتوسیت‌ها کاهش داده و منجر به کاهش التهاب، ضایعات کبدی، پیشگیری از دجنراسیون کبد و آزاد شدن آنزیم‌های کبدی می‌شود (۲۷). همچنین در مطالعه حاضر کاهش بیشتری در سطح آنزیم‌های کبدی در جوجه‌های تغذیه شده با دانه کینوای فرایند شده با روش هیدروترمال در مقایسه با روش اکستروژن و اکسپندیگ مشاهده گردید. آسیب های کبدی منجر به آزادسازی آنزیم‌های کبدی بویژه آسپارتات آمینوترانسفراز و آلانین ترانسفراز می‌شود. بنابراین این آنزیم‌ها نشانگر اختلالات کبدی است. مطالعات نشان می‌دهد که ساپونین و تانن فادرند سیستم کبد را مختل نماید (۳۳) بنابراین سطوح بالای آنها می‌تواند منجر به آزاد شدن آنزیم‌های کبدی گردد. با توجه به اینکه در روش هیدروترمال، بخش زیادی ازتانن و ساپونین حذف می‌شود، بنابراین در سلامت کبد می‌تواند موثر باشد. به علاوه بخشی ازمواد موثره موجود در دانه کینوا می‌تواند در اثر اعمال درجه حرارت‌های بالا تخریب شود، بنابراین روش هیدروترمال با اعمال حرارت های پایین می‌تواند از تخریب آنها پیشگیری نموده و سلامت کبد کمک نماید (۱۶).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این مطالعه، اگرچه بررسی داده های مربوط به متغیرهای مورد بررسی در جوجه‌های تغذیه شده با جیره حاوی دانه کینوا خام، نشان‌دهنده تاثیر منفی تغذیه دانه کینوای خام در تغذیه طیور گوشتی می‌باشد اما بررسی داده‌های حاصل از جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی دانه کینوا فرآوری شده، نشان‌دهنده بهبود اکثر متغیرهای مورد مطالعه است. در بین تیمارهای حاوی دانه کینوای فرآوری شده، بیشترین سطح کلسترول ، پروتئین کل ، ارتفاع ویلی، نسبت ارتفاع ویلی به عمق کریپت ،فعالیت آنزیمی آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز و کمترین مقدار عمق کریپت و اسید اوریک خون در جوجه‌های تغذیه شده با جیره حاوی دانه کینوای فرآوری شده با روش اکسترود مشاهده شد و مقدار تری گلیسرید و عناصر معدنی کلسیم ، فسفر، منیزیوم، آهن و روی سرم خون تحت تاثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت و با توجه به عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار در مقدار مصرف خوراک در بین گروه‌های آزمایشی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که استفاده از فرآیندهای حرارتی بخصوص روش اکسترود می‌تواند با حذف بسیاری از ترکیبات ضدمغذی دانه کینوا امکان جایگزینی آن را به عنوان ماده خوراکی مناسب در جیره طیور فراهم نماید.

منابع

1. Asnaashari A.M.Y., Jafari M.A., Irani M. 2021. Growth performance, internal organ traits, intestinal morphology and

development and lymphoid organs. *Poultry Science*, 85:870-877.

9. Feng, J., Liu, X., Xu, Z. R., Wang, Y. Z., Liu, J. X. 2007. Effects of fermented soybean meal on digestive enzyme activities and intestinal morphology in broilers. *Poultry Science*, 86(6):1149-1154.

10. Fredlund, K., Asp, N. G., Larsson, M., Marklinder, I., 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.

11. Heger, J., Wiltafsky, M., Zelenka, J. 2016. Impact of different processing of full-fat soybeans on broiler performance. *Czech J. Anim. Sci*, 61:57-66.

12. Hernandez-Bobonis, C. 2002. The Effects of raw soybeans, T-2 mycotoxin and their interaction on the performance, immuno competence, and reproduction of Bobwhite quail (*Colineus virginianus*). University of Tennessee, Knoxville. USA.

13. Jacobsen, E.E., Skadhauge, B., Jacobsen, S.E. 1997. Effect of dietary inclusion of quinoa on broiler growth performance. *Animal Feed Science and Technology*, 65(1-4):5-14.

14. Lan, G.Q., Abdullah, N., Jalaludin, S., Ho, Y.W. 2002. Efficacy of supplementation of a phytase producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. *Poultry Science*, 81: 1522-1532.

15. Lazaro, R., Mateos, G.G., Lattor, M.A., Piquer, J. 2003. Whole soybean in diets poultry. *American Soybean Association. Madrid, Spain*,1-4.

16. Lin, T.A., Ke, B.J., Cheng, C.S., Wang, J.J., Wei, B.L., Lee, C.L. 2019. Red Quinoa bran extracts protects against carbon tetrachloride-induced liver injury and fibrosis in mice via activation of antioxidative enzyme systems and blocking TGF-β1 pathway. *Nutrients*, 11(2):395-403.

microbial population of broiler chickens fed quinoa seed-based diets with phytase or protease supplements and their combination. *Tropical Animal Health and Production*, 53:1-8.

2. Bao, Y.M., Choct, M., Iji, P.A., Bruerton, K. 2007. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *J Appl Poult Res*, 16:448-455.

3. Barbosa, A.C., Lajolo, F.M., Genovese, M.I. 2011. Effect of free or protein‐associated soy isoflavones on the antioxidant status in rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 91(4): 721731.

4. Bastidas, E.G., Roura, R., Rizzolo, D.A. D., Massanés, T., Gomis, R. 2016. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from nutritional value to potential health benefits: an integrative review. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 6(3.)

5. Blalock, T.L., Dunn, M.A., Cousins, R. J. 1988. Metallothionein gene expression in rats: Tissue specific regulation by dietary copper and zinc. *Journal of Nutrition*, 118:222-228.

6. Dehghani-Tafti, N., Jahanian, R. 2016. Effect of supplemental organic acids on performance, carcass characteristics, and serum biochemical metabolites in broilers fed diets containing different crude protein levels. *Anim. Feed Sci. Technol*. 211:109-116.

7. Estrada, A., Li, B., Laarveld, B. 1998. Adjuvant action of *Chenopodium quinoa* saponins on the induction of antibody responses to intragastric and intranasal administrated antigens in mice. Comp. *Immunol. Microbiol. Infect. Dis*. 21:225-236.

8. Fasina, Y.O., Classen H.L., Garlich J.D., Black B.L., Ferket P.R., Olkowski A.A. 2006. Response of turkey poulets to soybean lectin levels typically encountered in commercial diets. 2. Effects on intestinal

17. Mahesh, S., Pavithra, G.J., Parvathi, M.S., Rajashekara, R., Shankar, A.G. 2015. Effect of processing on phytic acid content and nutrient availability in food grains. *Int. J. Agr. Sci*, 5:771-777.

18. Marino, R., Caroprese, M., Annicchiarico, G., Ciampi, F., Ciliberti, M., della Malva, A., Albenzio, M. 2018. Effect of diet Supplementation with Quinoa Seed and/or Linseed on Immune Response, Productivity and Meat Quality in Merinos Derived Lambs. *Animals*, 8(11):204.

19. Mateos, G.G., Latorre, M.A., Lazaro, R. 2003. Processing Soybean. American Soybean Association, Madrid, Spain.

20. Mirghelenj, S.A., Golian, A., Kermanshahi, H., Raji, A. R.2013. Nutritional value of wet extruded full-fat soybean and its effects on broiler chicken performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(3):410-422

21. Nahavandinejad, M., Seidavi, A., Asadpour, L., Payan-Carreira, R. 2014. Blood biochemical parameters of broilers fed differently thermal processed soybean meal. *Revista MVZ Córdoba*, 19(3):4301-4315.

22. Navarro-Perez, D., Radcliffe, J., Tierney, A., Jois, M. 2017. Quinoa seed lowers serum triglycerides in overweight and obese subjects: a dose-response randomized controlled clinical trial. *Current developments in nutrition*, 1(9): e001321.

23. Pacheco-Dominguez W. 2011. Evaluation of trypsin inhibitors levels and particle size of expeller-extracted soybean meal on broiler performance. MS Thesis, North Carolina State University. USA.

24. Richmond, W. 1973. Preparation and properties of a cholesterol oxidase from Nocardia sp. and its application to the enzymatic assay of total cholesterol in serum. *Clin Chem*. 19:1350-1356.

25. Rocha, C., Durau, J. F., Barrilli, L. N. E., Dahlke, F., Maiorka, P. 2014. The effect of raw and roasted soybeans on intestinal health, diet digestibility, and pancreas weight of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 23(1):71-79.

26. Shirley, R.B., Edwards, H.M. 2003.Graded levels of phytase past industry standards improves broiler performance. *Poultry Science*, 82:671-680.

27. Tungmunnithum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A., Yangsabai, A. 2018. Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: An overview. *Medicines*, 5(3):93.

28. Tuśnio, A., Taciak, M., Barszcz, M., Święch, E., Bachanek, I., Skomiał, J. 2017. Effect of replacing Soybean meal by raw or extruded Pea seeds on growth performance and selected physiological parameters of the ileum and distal Colon of Pigs. *Plos one*, 12(1):e0169467.

29. Underwood, E.J. Suttle, N. 2001.The mineral nutrition of livestock. CABI Publishing, London, UK.

30. Valencia C., Svanberg U., Sandberg A., Ruales J. 1999. Processing of quinoa (Chenopodium quinoa, Willd): effects on in vitro iron availability and phytate hydrolysis. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50(3):203-211.

31. Van A.F.B. 1990. Effect of processing on antinutritional factors and protein nutritional value of dry beans (Phaseolus vulgaris L.). A review. *Animal Feed Science and Technology*. 29:179-208.

32. Verza, S.G., Silveira, F., Cibulski, S., Kaiser, S., Ferreira, F., Gosmann, G., Ortega, G.G. 2012. Immunoadjuvant activity, toxicity assays, and determination by UPLC/Q-TOF-MS of triterpenic saponins from Chenopodium quinoa seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(12):3113-3118.

33. Yoon, G., Park, S. 2014. Antioxidant action of soy isoflavones on oxidative stress and antioxidant enzyme activities in

Practice, 8(6):618-624. exercised rats. *Nutrition Research and*