



The effect of soybean meal processed with citric acid, on the performance, nutrient digestibility and microbial population in broiler chicks fed diets with different levels of protein

Masomeh Norozi¹ , Mansour Rezaei² , Mohammad Kazemifard³ 

1. Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: mehrmah13@gmail.com

2. Corresponding author, Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: mrezaei2000@yahoo.com

3. Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: mo.kazemifard@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	<p>This study was conducted to evaluate the effects of acid hydrolyzed processing on the nutritional value of soybean meal (SBM) and its influence on the growth performance, intestinal morphology, microbial population, digestive enzymes activity, and nutrient digestibility in broiler chickens fed with diets containing different levels of crude protein. A total of 300 one-day-old male broiler chickens were used in a design with 6 treatments and 5 replicates per each during 1 to 42 days of age. This experiment was conducted as a completely randomized design with a 2 × 3 factorial arrangement of treatments including two types of SBM (raw and treated with 0.50% citric acid) and three inclusion rates of crude protein (90, 95 and 100 % of requirements). The results showed that acid-treated SBM improved feed conversion ratio in broilers compared to raw-SBM group ($P < 0.05$). The decrease of protein requirements up to 90% declined growth performance of broilers compared to 95 and 100 % of requirements ($P < 0.05$). The villus length was greater in broiler chickens fed with acid-treated SBM compared with raw-SBM group ($P < 0.05$). Meanwhile, reduction of protein requirements decreased the villus length, the ration of villus length to crypt depth and villus surface in broilers ($P < 0.05$). Acid processing of SBM increased digestibility coefficient of crude protein and protease and amylase activity in broiler chickens ($P < 0.05$). In addition, a decrease in protein digestibility and enzyme activity was observed in broilers fed low protein (90 % of the requirements) diet ($P < 0.05$). Based on the results of this study, it can be concluded that acid processing of SBM improved its nutritional quality. Also, use of acid-treated SBM increased growth performance, intestinal morphometric indices, digestive enzymes activity and nutrient utilization in broiler chickens. In addition, reducing of crude protein requirements up to 95% in diets containing citric acid-treated SBM had not negative impact on growth performance in broiler chickens.</p>
Article history: Received: 12 July 2022 Received in revised form: 26 August 2022 Accepted: 29 August 2022 Published online: 21 June 2024	
Keywords: <i>Acid processing,</i> <i>bird,</i> <i>diet,</i> <i>enzyme activity,</i> <i>intestinal morphology.</i>	

Cite this article: Norozi, M., Rezaei, M. & Kazemifard, M. (2024). The effect of soybean meal processed with citric acid, on the performance, nutrient digestibility and microbial population in broiler chicks fed diets with different levels of protein. *Iranian Journal of Animal Science*, 55 (2), 193-210. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2022.345444.653895>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2022.345444.653895>

Publisher: The University of Tehran Press.

Extended abstract

Introduction

Soy bean meal (SBM) is the most widely used source of protein in the livestock and poultry diets due to its suitable amino acid profile and high protein quality. The well balanced amino acids pattern and high digestibility of protein makes SBM a valuable protein source in diets for broiler chickens. On the other hand, the presence of anti-nutritional factors (ANFs) such as trypsin inhibitors (TI), lectins, and allergenic proteins including glycinin and conglycinin in SBM reduce nutrient utilization and thus growth performance of broiler chickens. Today, acidic processing is used to degradation and hydrolysis of biological polymers such as starch, proteins or cellulosic compounds in the food industry. Less information was found on the pretreatment of SBM

by citric acids solution and efficacy of this strategy on the nutritional value of SBM. Therefore, it was hypothesized that acid processing in combination with use of low protein diets may have beneficial effects on broiler chickens performance.

Objective

There is not sufficient information on nutritional value of SBM processed with citric acids. Therefore, it was hypothesized that acid processing in combination with reducing of dietary crude protein may have beneficial effects on broiler chickens performance.

Materials and methods

In order to obtain acid hydrolyzed SBM, citric acid including 0.25, 0.50 and 0.75% was used according to the previous procedure with some modifications. Three hundred of one-day-old male broiler chicks (ROSS 308) were provided from a commercial hatchery (Sari, Iran) and then randomly allocated to 6 treatments with 5 replicates of 10 birds each. A 2×3 factorial arrangement of treatments including two types of raw or acidic treated SBM and three levels of dietary crude protein (90, 95 and 100 % of requirements) was used. Growth performance, intestinal morphology, microbial population and ileal nutrient digestibility were recorded. Data was analyzed by SAS software.

Results

The results showed that acid-treated SBM improved feed conversion ratio and villus length in broilers compared with raw-SBM group ($P < 0.05$). The decrease of protein requirements up to 90% declined growth performance of broilers compared to 95 and 100 % of requirements ($P < 0.05$). Meanwhile, reducing of protein requirements decreased the villus length, villus length to crypt depth and villus surface area in broilers ($P < 0.05$). Acid processing of SBM increased digestibility coefficient of crude protein and protease and amylase activity in broiler chickens ($P < 0.05$). In addition, a decrease in protein digestibility and enzyme activity was observed in broilers fed low protein diet (90 % of the requirements) ($P < 0.05$).

Conclusion

According to the results of the present experiment, acid-hydrolyzed SBM had a beneficial impact on growth performance, intestinal morphology, and ileal nutrient digestibility in broiler chickens. In addition, reduction of crude protein requirements up to 95% in diets containing citric acid-treated SBM had not negative impact on growth performance in broiler chickens.



تأثیر کنجاله سویای عمل آوری شده با اسید سیتریک بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی و جمعیت میکروبی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف پروتئین

معصومه نوروزی^۱ | منصور رضایی^۲ | محمد کاظمی فرد^۳

۱. گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: mehrmah13@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: mrezaei2000@yahoo.com

۳. گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: mo.kazemifard@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله:</p> <p>مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۱</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۰۴</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۷</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱</p> <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>پرنده، جیره، ریخت‌شناسی روده، فرآوری اسیدی، فعالیت آنزیم.</p>	<p>این پژوهش به منظور مطالعه کنجاله سویای فرآوری شده با اسید سیتریک بر عملکرد رشد، ریخت-شناسی روده، جمعیت میکروبی روده، فعالیت آنزیم‌های هضمی و قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف پروتئین انجام شد. تعداد ۳۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ با ۶ گروه آزمایشی و ۵ تکرار در یک دوره ۴۲ روزه استفاده شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۳×۲ شامل دو نوع کنجاله سویای خام و فرآوری شده با اسید سیتریک ۰/۵۰ درصد و سه سطح احتیاجات پروتئین ۹۵، ۱۰۰ و ۹۰ درصد بود. نتایج آزمایش نشان داد که کنجاله سویای فرآوری شده سبب بهبود ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با کنجاله سویای خام شد ($P < 0.05$). کاهش سطح پروتئین جیره تا ۹۰ درصد احتیاجات، سبب کاهش عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در مقایسه با سطوح ۹۵ و ۱۰۰ درصد احتیاجات شد ($P < 0.05$). طول پرزهای روده در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با کنجاله سویای فرآوری شده بیشتر از کنجاله سویای خام بود ($P < 0.05$). کاهش سطح پروتئین جیره سبب کاهش معنی‌دار طول پرز، نسبت طول پرز به عمق کریپت و مساحت پرز در جوجه‌های گوشتی شد ($P < 0.05$). فرآوری اسیدی کنجاله سویا سبب بهبود قابلیت هضم پروتئین و فعالیت آنزیم‌های گوارشی پروتئاز و آمیلاز شد ($P < 0.05$). همچنین با کاهش سطح نیاز پروتئینی جیره (۹۰ درصد احتیاجات) قابلیت هضم پروتئین و فعالیت آنزیم‌های گوارشی پروتئاز و آمیلاز کاهش معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). بر اساس نتایج این تحقیق استفاده از کنجاله سویای فرآوری شده با اسید سیتریک در مقایسه با کنجاله سویای خام سبب افزایش عملکرد رشد، جوجه‌های گوشتی شد. کاهش سطح پروتئین تا ۹۵ درصد احتیاجات در جیره‌های حاوی کنجاله سویای فرآوری شده با اسید سیتریک ۰/۵۰ درصد تأثیر منفی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی نداشت.</p>
<p>استناد: نوروزی، معصومه؛ رضایی، منصور و کاظمی فرد، محمد (۱۴۰۳). تأثیر کنجاله سویای عمل آوری شده با اسید سیتریک بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی و جمعیت میکروبی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف پروتئین. نشریه علوم دامی ایران، ۵۵ (۲)، ۱۹۳-۲۱۰. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2022.345444.653895</p>	<p>© نویسندگان. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2022.345444.653895</p>



مقدمه

کنجاله سویا مهمترین منبع پروتئینی در جیره جوجه‌های گوشتی است. اما وجود عوامل ضد تغذیه‌ای موجود در آن می‌تواند استفاده از این کنجاله را در تغذیه جوجه‌های گوشتی، به ویژه در دوره آغازین، تحت تأثیر قرار دهد. بازدارنده‌های پروتئاز، ساپونین، فیتواستروژن، پروتئین‌های آلرژیک، اسید فایتیک، الیگوساکاریدها، ترکیبات گواترزا و لکتین‌ها از جمله عوامل ضدتغذیه‌ای موجود در کنجاله سویا هستند (Mukherjee *et al.*, 2016). بازدارنده‌های پروتئاز، مهمترین دسته از این ترکیبات هستند که قابلیت اتصال به آنزیم‌های گوارشی تریپسین و کیموتریپسین را دارا بوده و در نتیجه از عملکرد مطلوب این آنزیم‌ها در جهت هضم مناسب پروتئین‌ها در روده جلوگیری می‌کنند. به منظور بهبود ارزش تغذیه‌ای کنجاله سویا در تغذیه دام و به ویژه در حیوانات تک معده‌ای مانند طیور، باید در درجه نخست نسبت به غیر فعال سازی این ترکیبات ضد تغذیه‌ای توجه شود (Valencia *et al.*, 2020). در بسیاری از این پژوهش‌ها به اثرات مطلوب فرآوری کنجاله سویا با روش‌هایی مانند برشته کردن، میکرونیزاسیون، اکسپند کردن و اکستروژن خشک و مرطوب بر ارزش تغذیه‌ای این کنجاله و کاهش ترکیبات ضد تغذیه‌ای آن و به ویژه بازدارنده تریپسین و فیتات اشاره شده است. هرچند پژوهش‌هایی نیز وجود دارد که این روش‌ها قادر به کاهش پروتئین‌های آنتی ژن (حساسیت زا) در کنجاله سویا نیستند (Palacios *et al.*, 2004).

امروزه روش فرآوری اسیدی برای هیدرولیز و تجزیه پلیمرهایی مانند نشاسته، لیگنوسولوز و پروتئین‌ها به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است (Trzcinsky & Stuckey, 2015). تغییرات ساختار و شکل پروتئین می‌تواند نقش بسیار مهمی در میزان حذف مواد ضد تغذیه‌ای موجود در کنجاله سویا داشته باشد (Huang & Xu, 2018). بر اساس یافته‌های Yuan *et al.* (2017) محلول‌های اسیدی ضعیف قادر به کاهش گلایسینین در پروتئین‌های جدا شده از سویا هستند. با توجه به نتایج این پژوهش‌ها می‌توان فرض کرد که استفاده از اسیدهای آلی مانند اسید استیک و اسید سیتریک به عنوان محلول‌های کاربردی برای تجزیه ترکیبات ضد تغذیه‌ای موجود در کنجاله سویا می‌توانند مد نظر قرار گیرند. اسیدهای آلی بر خلاف اسید کلریدریک و اسید سولفوریک خاصیت تخریب کنندگی شدیدی ندارند. زیرا این اسیدها، ضعیف هستند و می‌توانند سازگاری بالایی با اجزای خوراک دام داشته باشند (Zhang *et al.*, 2017). فزون بر این، فرآوری کنجاله سویا با اسیدهای آلی سبب غیر فعال سازی باکتری‌های بیماری‌زا می‌شود که برای ذخیره کنجاله سویا مفید است. از طرفی، سهولت در بازیافت اسیدهای آلی در این نوع فرآوری، می‌تواند این روش فرآوری کنجاله سویا را از نظر اقتصادی و زیست محیطی بسیار کاربردی نماید.

میزان احتیاج پروتئینی در ابتدای دوره رشد جوجه‌های گوشتی بالاتر است. با توجه به این که نزدیک به ۴۵ درصد از هزینه خوراک را پروتئین جیره به خود اختصاص می‌دهد، لذا به منظور کاهش هزینه خوراک از یک سو و جلوگیری از آلودگی زیست محیطی ناشی از افزایش دفع نیتروژن از سوی دیگر، پژوهش‌های زیادی در مورد کاهش سطوح پروتئین جیره در جوجه‌های گوشتی انجام شده است (Chrystal *et al.*, 2020). گزارش شده است که کاهش متوسط (کمتر از ۳ درصد) سطح پروتئین جیره همزمان با تأمین اسیدهای آمینه ضروری تأثیر منفی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی ندارد (Belloir *et al.*, 2017). با این وجود، کاهش سطح پروتئین جیره به میزان ۳ تا ۴ درصد حتی در صورت تأمین همه اسیدهای آمینه ضروری، می‌تواند راندمان رشد و صفات لاشه در جوجه‌های گوشتی را به شدت کاهش دهد (Wang *et al.*, 2020). بنابراین، هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر فرآوری اسیدی کنجاله سویا بر عملکرد رشد، ریخت‌شناسی روده، جمعیت میکروبی روده، فعالیت آنزیم‌های هضمی و قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف پروتئین بود.

مواد و روش‌ها

کنجاله سویا (دارای ۴۶/۴۶ درصد پروتئین) از یک کارخانه تولید خوراک دام و طیور در شهرستان قائم شهر خریداری شد. در این تحقیق برای تهیه کنجاله سویای فرآوری شده از اسید سیتریک در غلظت ۰/۵۰ درصد و بر اساس روش توصیه شده توسط Huang & Zho (2018) با اندکی تغییرات استفاده شد. ابتدا کنجاله سویا در کیسه‌های مشبک ریخته شد. سپس این کیسه‌های مشبک حاوی کنجاله سویا در گالن‌های حاوی اسید سیتریک و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۶۰ دقیقه قرار داده شدند. لازم به ذکر است که نسبت محلول موجود در گالن به مقدار کنجاله سویا نسبت حجمی ۵ به ۱ بود. در مرحله بعد کیسه‌های حاوی کنجاله سویا از گالن‌ها خارج و به مدت دو دقیقه با آب شستشو داده شدند. در انتها، کنجاله‌های سویای فرآوری شده از کیسه‌ها خارج و آفتاب خشک شدند.

این تحقیق در محل سالن مرغداری تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (با روش پرورش بر روی بستر) و در تابستان سال ۱۴۰۰ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و با آرایش فاکتوریل ۳×۲ انجام شد. عامل اول دو نوع کنجاله سویا با و بدون فرآوری اسیدی و عامل دوم سه سطح پروتئین جیره (۱۰۰، ۹۵ و ۹۰ درصد احتیاجات) بود. به ازای هر تیمار از ۵ تکرار ۱۰ قطعه ای جوجه گوشتی نر سویه تجاری راس ۳۰۸ استفاده شد. جیره‌های آزمایشی با سطح انرژی و سایر مواد مغذی مشابه به استثنای پروتئین خام، بر اساس توصیه راهنمای سویه راس ۳۰۸ (ROSS, Nutrition specifications,) برای دوره های آغازین (۱۰-۱ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) به شکل آردی تهیه و بصورت آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت (جداول ۱ و ۲).

خوراک و آب در طول دوره آزمایش به صورت آزاد در اختیار جوجه‌های گوشتی قرار داده شد و از یک برنامه نوری ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی نیز استفاده شد. صفات عملکرد رشد شامل افزایش وزن روزانه، خوراک مصرفی و نیز ضریب تبدیل غذایی محاسبه شدند. به منظور بررسی صفات مربوط به ریخت‌شناسی روده، جمعیت میکروبی و میزان فعالیت آنزیم‌های گوارشی، در انتهای آزمایش (روز ۴۲) و قابلیت هضم مواد مغذی در روز ۲۴ دوره آزمایش، دو قطعه پرنده از هر واحد آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب، وزن کشی و سپس به روش جابجایی مهره گردنی کشتار شدند.

به منظور بررسی ریخت‌شناسی روده جوجه‌های مورد آزمایش، پس از کشتار، بخش ژژنوم از روده باریک جدا شد. برای ارزیابی صفات ریخت‌شناسی روده از یک بخش ۳ سانتی متری از وسط ژژنوم استفاده شد. نمونه جدا شده از بخش میانی ژژنوم ابتدا جهت پاک شدن از محتویات گوارشی با سرم فیزیولوژیک شستشو داده شد و سپس با استفاده از محلول فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شد. سپس نمونه تثبیت شده طی سه مرحله آب‌گیری، شفاف‌سازی و آغشته‌سازی پاساژ بافتی داده شد. برش‌هایی از بافت‌های مورد نظر تهیه و رنگ‌آمیزی بافتی برای هر نمونه به روش هماتوکسیلین و ائوزین انجام شد. از این نمونه‌های رنگ‌آمیزی شده برای ارزیابی صفات ریخت‌شناسی روده شامل طول (ارتفاع) پرز، عرض پرز، عمق کریبت و نسبت بین طول پرز به عمق کریبت استفاده شد. پس از اندازه‌گیری صفات ریخت‌شناسی روده، مساحت پرز نیز به روش Sakamoto *et al.* (2000) تعیین شد.

به منظور بررسی جمعیت میکروبی روده شامل جمعیت لاکتوباسیلوس، اشریشیاکلی و کل باکتری‌ها جوجه‌های مورد آزمایش، در انتهای آزمایش، از هر تیمار یک قطعه جوجه با شرایط نزدیک به میانگین وزنی واحد آزمایشی، انتخاب و پس از توزین، کشتار شدند. پس از باز کردن حفره شکمی، روده‌های کور با قیچی استریل جدا و محتویات آنها در داخل قوطی‌های استریل قرار داده شد. از این نمونه‌ها برای بررسی جمعیت باکتری‌های مثبت (لاکتوباسیلوس‌ها) و منفی (اشریشیاکلی) استفاده شد.

برای آماده‌سازی نمونه‌ها، ابتدا یک گرم از محتویات روده کور با ۹ میلی لیتر سرم فیزیولوژی مخلوط شد و پس از همگن کردن نمونه‌ها، رقت‌های متوالی (10^{-1} تا 10^{-7}) تهیه و برای کشت آماده شدند. پس از انکوباسیون تعداد کلنی‌ها مورد شمارش قرار گرفتند و سپس کلنی‌های مربوط به هر پلیت در فاکتور رقت (معکوس ضریب رقت) ضرب و به عنوان شمار واحد‌های تشکیل‌دهنده کلنی (CFU) در هر گرم محتویات هضمی منظور شد و در نهایت داده‌های CFU به شکل Log_{10} گزارش شد.

به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های گوارشی آمیلاز، لیپاز و پروتئاز در روده جوجه‌های گوشتی، در انتهای آزمایش از هر تیمار یک قطعه جوجه گوشتی با وزن نزدیک به میانگین واحد آزمایشی، انتخاب و کشتار شدند. پس از باز کردن حفره شکمی، یک بخش ۱۰ سانتی متری از انتهای ژژنوم (قبل از زائده مکل) انتخاب و پس از جدا کردن آن با یک قیچی، دو طرف این قطعه با نخ سترون محکم بسته شد. سپس محتویات هر نمونه جدا شده در داخل قوطی‌های استریل ریخته شدند و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های گوارشی برای هر نمونه در آزمایشگاه انجام شد. فعالیت آمیلاز، لیپاز و پروتئاز به ترتیب با استفاده از روش‌های پیشنهادی توسط Somogyi (1960)، Tietz & Fiereck (1966) و Lynn & Clevette-Radford (1984) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱. اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های بر پایه کنجاله سویای خام و سطوح مختلف پروتئین خام

۲۵ تا ۴۲ روزگی			۱۱ تا ۲۴ روزگی			۱ تا ۱۰ روزگی			اقلام خوراکی (درصد)
۹۰	۹۵	۱۰۰	۹۰	۹۵	۱۰۰	۹۰	۹۵	۱۰۰	
۶۴/۳۹	۶۰/۶۰	۵۷/۱۳	۵۹/۹۷	۵۶/۰۲	۵۲/۰۹	۵۸/۷۹	۵۶/۰۵	۵۱/۸۲	دانه ذرت
۲۶/۸۳	۳۰/۱۲	۳۳/۱۸	۳۱/۵۳	۳۵/۰۳	۳۸/۵۳	۳۲/۲۳	۳۳/۴۹	۳۷/۲۴	کنجاله سویا (۴۶/۴۶ درصد)
-	-	-	-	-	-	۱/۵۰	۳/۰۰	۳/۰۰	کنجاله گلوتن ذرت
۴/۳۶	۴/۹۸	۵/۵۶	۳/۶۰	۴/۲۶	۴/۹۱	۱/۹۹	۲/۱۲	۲/۸۳	روغن سویا
۱/۰۳	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۱۱	۱/۱۱	۱/۱۰	۱/۲۲	۱/۲۳	۱/۲۲	سنگ آهک
۱/۶۱	۱/۵۹	۱/۵۸	۱/۸۰	۱/۷۹	۱/۷۷	۲/۰۲	۲/۰۱	۲/۰۰	دی کلسیم فسفات
-/۲۶	-/۲۶	-/۲۶	-/۲۸	-/۲۸	-/۲۸	-/۲۸	-/۲۸	-/۲۸	نمک
-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	بیکربنات سدیم
-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	مکمل ویتامینه ^۱
-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	مکمل معدنی ^۲
-/۳۵	-/۳۲	-/۳۰	-/۳۹	-/۳۶	-/۳۳	-/۴۴	-/۳۹	-/۳۶	دی ال - متیونین
-/۴۲	-/۳۱	-/۲۱	-/۴۴	-/۳۲	-/۲۱	-/۶۰	-/۵۴	-/۴۲	ال - لیزین هیدروکلراید
-/۱۵	-/۱۰	-/۰۶	-/۱۸	-/۱۳	-/۰۸	-/۲۳	-/۱۹	-/۱۳	ال - ترئونین
ترکیب شیمیایی محاسبه شده									
۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	انرژی قابل متابولیسم (کیلو کالری/کیلوگرم)
۱۷/۵۵	۱۸/۵۲	۱۹/۵۰	۱۹/۳۵	۲۰/۴۲	۲۱/۵۰	۲۰/۷۰	۲۱/۸۵	۲۳/۰۰	پروتئین خام
-/۷۹	-/۷۹	-/۷۹	-/۸۷	-/۸۷	-/۸۷	-/۹۶	-/۹۶	-/۹۶	کلسیم
-/۳۹	-/۳۹	-/۳۹	-/۴۳	-/۴۳	-/۴۳	-/۴۸	-/۴۸	-/۴۸	فسفر قابل دسترس
-/۱۸	-/۱۸	-/۱۸	-/۱۹	-/۱۹	-/۱۹	-/۱۹	-/۱۹	-/۱۹	سدیم
۱/۱۶	۱/۱۶	۱/۱۶	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۴۴	۱/۴۴	۱/۴۴	لیزین
-/۵۹	-/۵۸	-/۵۷	-/۶۵	-/۶۴	-/۶۲	-/۷۲	-/۷۰	-/۷۰	متیونین
-/۹۱	-/۹۱	-/۹۱	-/۹۹	-/۹۹	-/۹۹	۱/۰۸	۱/۰۸	۱/۰۸	متیونین + سیستین
-/۷۸	-/۷۸	-/۷۸	-/۸۸	-/۸۸	-/۸۸	-/۹۷	-/۹۷	-/۹۷	ترئونین
۵۵/۱۱	۵۶/۳۳	۵۳/۲۱	۵۸/۳۶	۵۹/۸۲	۵۷/۳۷	۶۲/۵۳	۵۹/۷۶	۶۱/۶۰	ظرفیت بافری
ترکیب شیمیایی اندازه‌گیری شده									
۹۰/۸۷	۹۱/۰۹	۸۹/۹۹	۹۰/۱۱	۹۰/۸۵	۹۱/۰۳	۹۰/۷۶	۹۰/۰۹	۸۹/۹۷	ماده خشک
۱۷/۱۹	۱۸/۴۵	۱۹/۷۱	۱۸/۹۶	۲۰/۰۱	۲۰/۴۱	۲۰/۱۳	۲۱/۶۷	۲۲/۸۶	پروتئین خام
۷/۰۹	۷/۳۱	۷/۷۵	۶/۳۱	۶/۹۴	۷/۱۶	۴/۷۱	۴/۹۱	۵/۱۲	چربی خام

۱. مکمل ویتامینه در هر کیلوگرم جیره تامین کننده: ویتامین A: ۹۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین D3: ۲۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین E: ۱۲/۵ واحد بین المللی، ویتامین K: ۱/۷۶ میلی گرم، بیوتین: ۰/۱۲ میلی گرم، تیامین: ۱/۲ میلی گرم، ریوفلاوین: ۳/۲ میلی گرم، پانتوتنات کلسیم: ۶/۴ میلی گرم، پیریدوکسین: ۱/۹۷ میلی گرم، نیاسین: ۲۸ میلی گرم، سیانوکوبالامین: ۰/۰۱ میلی گرم، کولین کلراید: ۳۲۰ میلی گرم و فولیک اسید: ۰/۳۸ میلی گرم در هر کیلوگرم می‌باشد.
 ۲. مکمل معدنی در هر کیلوگرم جیره تامین کننده: ۶۰ میلی گرم منگنز، ۸۰ میلی گرم آهن، ۵۱/۷۴ میلی گرم روی، ۸ میلی گرم مس، ۰/۸ میلی گرم ید و ۰/۲ میلی گرم سلنیوم بود.

جدول ۲. اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های بر پایه کنجاله سویای فرآوری شده و سطوح مختلف پروتئین خام

۲۵ تا ۴۲ روزگی			۱۱ تا ۲۴ روزگی			۱ تا ۱۰ روزگی			اقلام خوراکی (درصد)
۹۰	۹۵	۱۰۰	۹۰	۹۵	۱۰۰	۹۰	۹۵	۱۰۰	
۶۵/۵۳	۶۲/۱۰	۵۸/۶۵	۶۱/۴۱	۵۷/۶۳	۵۳/۸۴	۶۰/۲۶	۵۶/۲۲	۵۳/۵۴	دانه ذرت
۲۵/۷۴	۲۸/۷۸	۳۱/۸۳	۳۰/۲۵	۳۳/۶۱	۳۶/۹۷	۳۰/۹۲	۳۴/۵۱	۳۵/۷۲	کنجاله سویا (۴۷/۴۸ درصد)
-	-	-	-	-	-	۱/۵۰	۱/۵۰	۳/۰۰	کنجاله گلوتن ذرت
۴/۱۶	۴/۷۳	۵/۳۰	۳/۳۶	۳/۹۹	۴/۶۲	۱/۷۴	۲/۴۲	۲/۵۴	روغن سویا
۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۲	۱/۱۲	۱/۱۱	۱/۱۱	۱/۲۳	۱/۲۲	۱/۲۲	سنگ آهک
۱/۶۱	۱/۶۰	۱/۵۹	۱/۸۰	۱/۷۹	۱/۷۸	۲/۰۳	۲/۰۱	۲/۰۰	دی کلسیم فسفات
-/۲۶	-/۲۶	-/۲۶	-/۲۸	-/۲۸	-/۲۸	-/۲۸	-/۲۸	-/۲۸	نمک
-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	-/۲۰	بیکربنات سدیم
-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	مکمل ویتامینه ^۱
-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۵	مکمل معدنی ^۲
-/۳۶	-/۳۳	-/۳۱	-/۴۰	-/۳۷	-/۳۴	-/۴۵	-/۴۲	-/۳۷	دی ال - متیونین
-/۴۵	-/۳۵	-/۲۶	-/۴۸	-/۳۷	-/۲۶	-/۶۴	-/۵۲	-/۴۷	ال - لیزین هیدروکلراید
-/۱۶	-/۱۲	-/۰۸	-/۲۰	-/۱۵	-/۱۰	-/۲۵	-/۲۰	-/۱۶	ال - ترئونین
ترکیب شیمیایی محاسبه شده									
۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	انرژی قابل متابولیسم (کیلو کالری/کیلوگرم)
۱۷/۵۵	۱۸/۵۲	۱۹/۵۰	۱۹/۳۵	۲۰/۴۲	۲۱/۵۰	۲۰/۷۰	۲۱/۸۵	۲۲/۰۰	پروتئین خام
-/۷۹	-/۷۹	-/۷۹	-/۸۷	-/۸۷	-/۸۷	-/۹۶	-/۹۶	-/۹۶	کلسیم
-/۳۹	-/۳۹	-/۳۹	-/۴۳	-/۴۳	-/۴۳	-/۴۸	-/۴۸	-/۴۸	فسفر قابل دسترس
-/۱۸	-/۱۸	-/۱۸	-/۱۹	-/۱۹	-/۱۹	-/۱۹	-/۱۹	-/۱۹	سدیم
۱/۱۶	۱/۱۶	۱/۱۶	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۴۴	۱/۴۴	۱/۴۴	لیزین
-/۵۹	-/۵۸	-/۵۷	-/۶۶	-/۶۴	-/۶۳	-/۷۳	-/۷۱	-/۷۰	متیونین
-/۹۱	-/۹۱	-/۹۱	-/۹۹	-/۹۹	-/۹۹	۱/۰۸	۱/۰۸	۱/۰۸	متیونین+سیستین
-/۷۸	-/۷۸	-/۷۸	-/۸۸	-/۸۸	-/۸۸	-/۹۷	-/۹۷	-/۹۷	ترئونین
۳۳/۶۵	۳۴/۷۰	۳۲/۷۵	۳۵/۸۷	۳۶/۳۰	۳۷/۳۵	۴۶/۵۹	۴۲/۲۱	۴۴/۳۴	ظرفیت بافبری
ترکیب شیمیایی اندازه‌گیری شده									
۹۰/۹۰	۹۱/۱۱	۹۰/۵۷	۹۱/۱۴	۹۰/۷۶	۸۹/۹۲	۹۰/۷۹	۹۱/۰۱	۹۰/۴۵	ماده خشک
۱۷/۳۲	۱۸/۵۳	۱۹/۲۱	۱۹/۱۶	۱۹/۹۹	۲۱/۳۹	۲۰/۴۳	۲۱/۸۱	۲۲/۸۴	پروتئین خام
۷/۰۷	۷/۴۱	۷/۶۱	۶/۰۸	۶/۷۳	۷/۰۲	۴/۶۹	۵/۰۱	۴/۹۸	چربی خام

۱. مکمل ویتامینه در هر کیلوگرم جیره تامین کننده: ویتامین A: ۹۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین D3: ۲۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین E: ۱۲/۵ واحد بین المللی، ویتامین K: ۱/۷۶ میلی گرم، بیوتین: ۰/۱۲ میلی گرم، تیامین: ۱/۲ میلی گرم، ریوفلاوین: ۳/۲ میلی گرم، پانتوتنات کلسیم: ۶/۴ میلی گرم، پیریدوکسین: ۱/۹۷ میلی گرم، نیاسین: ۲۸ میلی گرم، سیانوکوبالامین: ۰/۰۱ میلی گرم، کولین کلراید: ۳۲۰ میلی گرم و فولیک اسید: ۰/۳۸ میلی گرم در هر کیلوگرم می‌باشد. ۲. مکمل معدنی در هر کیلوگرم جیره تامین کننده: ۶۰ میلی گرم منگنز، ۸۰ میلی گرم آهن، ۵۱/۷۴ میلی گرم روی، ۸ میلی گرم مس، ۰/۸ میلی گرم ید و ۰/۲ میلی گرم سلنیوم در هر کیلوگرم می‌باشد.

در این تحقیق قابلیت هضم مواد مغذی شامل ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر جیره‌ها، به روش نمونه‌گیری از ایلئوم انجام شد. برای این منظور، ابتدا از هر تکرار دو پرند انتخاب (۱۰ قطعه جوجه به ازای هر تیمار) و به قفس‌های آزمایش قابلیت هضم انتقال داده شدند. سپس، مقدار سه گرم بر کیلوگرم اکسید کرومیک طی روزهای ۱۸ تا ۲۴ آزمایش به جیره این پرنده‌ها اضافه شد. سپس در انتهای روز ۲۴ پرنده‌ها به روش جابجایی گردن کشتار شدند. پس از بازگشایی اندام‌های گوارشی بخش ایلئوم (از زانده مکل تا ایلئو-سکال) جداسازی شد. محتویات این بخش با دقت در داخل

ظروف استریل شده ریخته شد و جهت خشک کردن در آون ۵۵ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند. برای اندازه‌گیری مقدار ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر در نمونه‌های کنجاله سویای خام و فرآوری شده از روش AOAC (2002) استفاده شد. تعیین غلظت اکسید کرومیک نمونه‌های ایلئومی نیز براساس روش Fenton & Fenton (1979) انجام شد. در پایان برای اندازه‌گیری قابلیت هضم هر یک از مواد مغذی از رابطه زیر استفاده شد.

$$D \text{ (درصد)} = 100 - 100 \cdot [(A/B) \times (C/E)]$$

D: قابلیت هضم (درصد)، A: غلظت اکسید کرومیک نمونه خوراک (درصد)، B: غلظت اکسید کرومیک نمونه فضولات (درصد)، C: غلظت ماده مغذی نمونه فضولات (درصد)، E: غلظت ماده مغذی نمونه خوراک (درصد).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به دست آمده در آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل 3×2 با ۵ تکرار در هر تیمار و با نرم افزار SAS (2002) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. عامل اول دو نوع سویای خام و فرآوری شده و عامل دوم سه سطح احتیاجات پروتئین ۱۰۰، ۹۵ و ۹۰ درصد بود. مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد رشد

نتایج مربوط به اثرات نوع کنجاله سویا (خام و عمل‌آوری شده با اسید سیتریک ۰/۵۰ درصد) و سطوح مختلف پروتئین جیره بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ گزارش شده است. اثر متقابل بین نوع کنجاله سویا و سطوح مختلف پروتئین برای صفات افزایش وزن روزانه و مقدار خوراک مصرفی معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بر این اساس استفاده از سطوح بالاتر پروتئین در جیره‌های بر پایه کنجاله سویای فرآوری شده سبب افزایش وزن و خوراک مصرفی بیشتری در جوجه‌های گوشتی شد. اثر اصلی نوع کنجاله سویا برای صفت ضریب تبدیل غذایی معنی‌دار بود. کمترین ضریب تبدیل مربوط به جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی کنجاله سویای فرآوری شده بود. از طرفی، اثر اصلی سطح پروتئین جیره نیز برای ضریب تبدیل غذایی معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بهبود معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی برای جیره‌های بر پایه ۱۰۰ و ۹۵ درصد پروتئین نسبت به جیره بر پایه ۹۰ درصد پروتئین مشاهده شد.

در زمینه اثر فرآوری اسیدی کنجاله سویا بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در مقایسه با کنجاله سویای خام اطلاعاتی در دسترس نبود تا مقایسه مستقیم انجام شود. اما، نتایج این تحقیق با گزارشات پیشین در زمینه تاثیر استفاده از اسیدهای آلی در جیره و آب آشامیدنی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی مطابقت داشت (Eftekhari et al., 2015; Roofchaei et al., 2019). بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی در نتیجه استفاده از اسیدهای آلی شاید به دلیل قابلیت دسترسی بهتر مواد مغذی در این جیره‌ها باشد (Khan & Iqbal, 2016). از طرفی، گزارش شده است که بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی در نتیجه استفاده از اسیدهای آلی در جیره احتمالاً به دلیل کاهش pH در خوراک و در نتیجه در دستگاه گوارش پرند و به دنبال آن کاهش تعداد کلونی‌های میکروارگانیزم‌های حساس به pH در دستگاه گوارش و در نتیجه افزایش راندمان استفاده از مواد مغذی می‌باشد (Ghazala et al., 2011). در مطالعه حاضر، اختلاف عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی بین کنجاله سویای خام و فرآوری شده با اسید سیتریک شاید به دلیل کمتر شدن ترکیبات ضد مغذی در کنجاله سویای فرآوری شده با اسید سیتریک نیز باشد (Noroz et al., 2022). در تایید این نتایج، فرآوری‌های شیمیایی و فیزیکی که سبب کاهش ترکیبات ضد مغذی در کنجاله سویا می‌شوند، اغلب سبب بهبود عملکرد رشد در پرند شده‌اند (Jazi et al., 2019). هر چند گزارشاتی نیز وجود دارند که نشان می‌دهند علیرغم کاهش سطح ترکیبات ضد مغذی در کنجاله سویا در نتیجه فرآوری تخمیر، عملکرد رشد پرند نسبت به جیره‌های حاوی کنجاله سویای تخمیر شده مثبت نبود (Guo et al., 2020).

جدول ۳. اثر جیره‌های حاوی کنجاله سویای فرآوری شده با اسید سیتریک و سطوح مختلف پروتئین خام بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی

تیمار	سطح پروتئین	صفت		
		افزایش وزن (گرم)	خوراک مصرفی (گرم)	ضریب تبدیل غذایی (گرم:گرم)
نوع فرآوری خام	۱۰۰	۲۴۹۳/۱	۴۰۴۱/۱	۱/۶۲
خام	۹۵	۲۳۱۶/۸	۳۸۸۱/۵	۱/۶۷
خام	۹۰	۲۱۶۸/۹	۳۸۶۴/۳	۱/۷۸
فرآوری شده	۱۰۰	۲۵۴۷/۱	۴۰۶۶/۶	۱/۶۰
فرآوری شده	۹۵	۲۵۴۶/۳	۴۰۹۵/۳	۱/۶۱
فرآوری شده	۹۰	۲۱۷۷/۴	۳۷۵۲/۵	۱/۷۲
اشتباه معیار اثرات اصلی		۳۴/۶۰	۳۷/۴۹	۰/۰۱
خام		۲۳۲۶/۲ ^b	۳۹۲۸/۹	۱/۶۹ ^a
فرآوری شده		۲۴۲۳/۶ ^a	۳۹۷۱/۵	۱/۶۴ ^b
اشتباه معیار		۱۹/۹۳	۲۱/۶۰	۰/۰۰۷
	۱۰۰	۲۵۲۰/۱ ^a	۴۰۵۲/۸ ^a	۱/۶۱ ^b
	۹۵	۲۴۳۱/۵ ^b	۳۹۸۸/۴ ^a	۱/۶۴ ^b
	۹۰	۲۱۷۳/۱ ^c	۳۸۰۸/۴ ^b	۱/۷۵ ^a
اشتباه معیار		۲۴/۴۱	۲۶/۴۶	۰/۰۰۹
سطح احتمال				
نوع فرآوری		۰/۰۰۲	۰/۱۷	۰/۰۰۰۱
سطح پروتئین		۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
اثرات متقابل		۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۹	۰/۳۲

در هر ستون، میانگین‌هایی که فاقد حروف مشترک هستند با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

در مطالعه حاضر، کاهش شدید پروتئین جیره (سطح ۹۰ درصد احتیاجات) تاثیر منفی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی داشت. این نتایج با یافته‌های قبلی در زمینه استفاده از جیره‌های کم پروتئین علیرغم تامین اسیدهای آمینه ضروری مانند لیزین، متیونین، ترئونین و تریپتوفان در این جیره‌ها، مطابقت نشان داد (Law et al., 2018; Awad et al., 2014). براساس این گزارشات بخشی از کاهش عملکرد رشد در جیره‌های با پروتئین کم، مربوط به عدم تامین و قابلیت دسترسی به اسیدهای آمینه غیر ضروری مانند گلیسین، سرین و یا حتی گلوتامیک اسید می‌باشد. همسو با این گزارش، Dean et al. (2006) عنوان کردند که همزمان با کاهش سطح پروتئین جیره، سطوح اسیدهای آمینه گلیسین و سرین نسبت به سایر اسیدهای آمینه کمتر از حد نیاز تامین می‌شود و این مسئله می‌تواند سبب کاهش رشد در پرند شود. همچنان که افزودن اسید آمینه گلیسین در جیره‌های کم پروتئین سبب بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی گردید (Ospina et al., 2014). از طرفی، گزارش شده است که کاهش سطح پروتئین جیره سبب کاهش مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Awad et al., 2014) که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. این کاهش مصرف خوراک را می‌توان به نقش بعضی از اسیدهای آمینه در تنظیم مصرف خوراک در طیور نسبت داد (Law et al., 2018). بر اساس یافته‌های Van Harn et al. (2019) بعضی از اسیدهای آمینه نسبت به پروتئین خام جیره، به تنهایی در کنترل مصرف خوراک در طیور نقش دارند و عدم توازن این اسیدهای آمینه می‌تواند سبب کاهش مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی شود. در جیره‌های کم پروتئین مقدار اسیدهای آمینه آزاد موجود در پلاسما خون پرند افزایش یافته و سبب عدم توازن اسیدهای آمینه در خون می‌شود (Aftab et al., 2006) و در نتیجه عدم توازن اسیدهای آمینه در پلاسما خون جوجه‌های گوشتی نیز سبب کاهش مصرف خوراک می‌شود.

ریخت‌شناسی روده

نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات ریخت‌شناسی ژژنوم جوجه‌های گوشتی در جدول ۴ گزارش شده است. اثر متقابل بین نوع کنجاله سویا و سطح پروتئین جیره برای صفات ریخت‌شناسی ژژنوم معنی‌دار نبود. از طرفی، اثر اصلی نوع

کنجاله سویا و سطح پروتئین جیره بر طول پرز معنی دار بود ($P < 0.05$). بیشترین طول پرز مربوط به جوجه‌های تغذیه شده با جیره دارای کنجاله سویای فرآوری شده و نیز سطح ۱۰۰ درصد احتیاجات پروتئین بود. همچنین اثر اصلی سطح پروتئین جیره برای نسبت طول پرز به عمق کریپت معنی دار بود ($P < 0.05$) و جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۱۰۰ درصد احتیاجات پروتئینی بیشترین نسبت را به خود اختصاص دادند. در مورد مساحت پرز نیز اثر اصلی سطح پروتئین معنی دار بود ($P < 0.05$). به این ترتیب که سطوح ۱۰۰ و ۹۵ درصد پروتئین جیره اختلاف معنی داری با سطح ۹۰ درصد داشت و کمترین مساحت پرز مربوط به تیمار دارای ۹۰ درصد احتیاجات پروتئینی بود.

سلامت و توسعه دستگاه گوارش در جوجه‌های گوشتی یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر عملکرد بهینه رشد می‌باشد. فرآوری اسیدی کنجاله سویا با اسید سیتریک در آزمایش حاضر سبب بهبود صفات ریخت‌شناسی ژژنوم در جوجه‌های گوشتی نسبت به کنجاله سویای خام گردید. این نتایج با یافته‌های حاصل از اثر اسیدهای آلی در خوراک بر بهبود صفات ریخت‌شناسی روده کوچک در جوجه‌های گوشتی همخوانی دارد (Emami *et al.*, 2017). از طرفی و در مطابقت با نتایج آزمایش اخیر، Awad *et al.*, (2014) گزارش کردند که اسیدهای آلی در خوراک سبب بهبود نسبت طول پرزها به عمق کریپت شده و در نتیجه با افزایش سطح جذبی روده، هضم و جذب مواد مغذی در جوجه گوشتی افزایش می‌یابد. همچنین یافته‌های مطالعه دیگری (Garcia *et al.*, 2007) حاکی از اثرات مفید استفاده از اسیدهای آلی در جیره بر افزایش طول پرزها، سطح جذبی و نسبت طول پرز به عمق کریپت در روده کوچک جوجه‌های گوشتی بود. مکانیسم اثر اسیدهای آلی بر بهبود خصوصیات ریخت‌شناسی روده در جوجه‌های گوشتی توسط Emami *et al.*, (2017) تشریح شده است. این محققین گزارش کردند که اسیدهای آلی از طریق کاهش تعداد کل باکتری‌ها، همزمان با افزایش تعداد کلونی باکتری‌های مفید سبب کاهش تولید سموم در دیواره روده کوچک شده و منجر به بهبود یکپارچگی بافت مخاطی روده و توسعه بهینه آن می‌شوند.

جدول ۴. اثر جیره‌های حاوی کنجاله سویای فرآوری شده با اسید سیتریک و سطوح مختلف پروتئین خام بر ریخت‌شناسی ژژنوم (میکرومتر) جوجه‌های گوشتی

تیمار	ارتفاع پرز	عرض پرز	عمق کریپت	ارتفاع پرز به عمق کریپت	مساحت پرز (میلی متر مربع)
نوع کنجاله	سطح پروتئین				
خام	۱۸۷۴/۶۴ ^b	۱۷۷/۴۰	۳۷۴/۱۵	۵/۰۲	۱/۰۴
فرآوری شده	۱۹۹۶/۶۷ ^a	۱۷۷/۰۰	۳۸۷/۵۰	۵/۱۸	۱/۱۰
خطای استاندارد میانگین	۲۳/۵۷	۱/۲۲	۷/۸۶	۰/۰۹	۰/۰۲
۱۰۰	۲۰۹۸/۷۴ ^a	۱۷۹/۰۴	۳۷۹/۴۴	۵/۵۵ ^a	۱/۱۸ ^a
۹۵	۱۹۶۴/۴۶ ^b	۱۷۶/۸۸	۳۹۲/۴۰	۵/۰۲ ^b	۱/۰۹ ^a
۹۰	۱۷۴۳/۷۷ ^c	۱۷۵/۷۰	۳۷۰/۶۵	۴/۷۳ ^b	۰/۹۶ ^b
خطای استاندارد میانگین	۲۸/۸۷	۱/۵۰	۹/۶۳	۰/۱۱	۰/۰۳
اثر متقابل نوع کنجاله و سطح پروتئین					
خام	۲۰۵۳/۶۴	۱۷۹/۳۲	۳۸۱/۵۳	۵/۳۹	۱/۱۵
خام	۱۸۹۷/۹۸	۱۷۸/۰۹	۳۸۸/۸۶	۴/۹۰	۱/۰۶
خام	۱۶۷۲/۲۸	۱۷۴/۸۰	۳۵۲/۰۶	۴/۷۶	۰/۹۱
فرآوری شده	۲۱۴۳/۸۳	۱۷۸/۷۵	۳۷۷/۳۵	۵/۷۱	۱/۲۰
فرآوری شده	۲۰۳۰/۹۳	۱۷۵/۶۷	۳۹۵/۹۳	۵/۱۴	۱/۱۱
فرآوری شده	۱۸۱۵/۲۵	۱۷۶/۶۰	۳۸۹/۲۲	۴/۶۹	۱/۰۰
خطای استاندارد میانگین	۴۰/۹۱	۲/۱۳	۱۳/۶۴	۰/۱۶	۰/۰۴
سطح احتمال معنی داری					
نوع کنجاله	۰/۰۰۱	۰/۹۴	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۱۱
سطح پروتئین	۰/۰۰۰۱	۰/۸۷	۰/۲۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
اثر متقابل نوع کنجاله و سطح پروتئین	۰/۷۹	۰/۹۵	۰/۳۱	۰/۴۷	۰/۹۱

در هر ستون، میانگین‌هایی که فاقد حروف مشترک هستند با یکدیگر اختلاف معنی داری دارند ($P < 0.05$)

در مطالعه حاضر استفاده از سطح بسیار پایین پروتئین در جیره (۹۰ درصد احتیاجات) سبب کاهش توسعه صفات ریخت‌شناسی ژژنوم در جوجه‌های گوشتی شد. این نتایج با یافته‌های Ding *et al.*, (2016) مطابقت داشت. در اغلب مطالعات انجام شده در زمینه استفاده از جیره‌های کم پروتئین در تغذیه جوجه‌های گوشتی، کاهش رشد و توسعه صفات ریخت‌شناسی روده گزارش شده است. مکانیسم تاثیر گذار بر کاهش توسعه مخاط روده در جیره‌های کم پروتئین می‌تواند مربوط به عدم تأمین بعضی از ریزمغذی‌ها مانند اسیدهای آمینه غیر ضروری در جیره باشد (Law *et al.*, 2018). بر اساس این گزارش کمبود اسیدهای آمینه غیر ضروری و به ویژه اسیدهای آمینه گلیسین، گلوتامین و پرولین که نقشی کلیدی در توسعه و رشد ساختار اپی تلیال روده دارند، می‌تواند یکی از دلایل احتمالی کاهش توسعه شاخص‌های ریخت‌شناسی روده در جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های کم پروتئین باشد.

جمعیت میکروبی

جدول ۵ نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلوس، اشریشیاکلی و کل باکتری‌های روده کور در جوجه‌های گوشتی را نشان می‌دهد. نتایج این جدول نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار برای همه این صفات از نظر اثرات اصلی و اثرات متقابل بود. اطلاعاتی در زمینه تاثیر فرآوری اسیدی خوراک بر جمعیت میکروبی انتهای روده در طیور گزارش نشده است. لذا مقایسه مستقیم در این بخش وجود ندارد. اما بر خلاف نتایج به دست آمده در این آزمایش، گزارشاتی درباره تاثیر مفید کنجاله سویای حرارت داده شده و یا تخمیر شده در جیره بر اکوسیستم انتهای روده جوجه‌های گوشتی وجود دارد (Soumeh *et al.*, 2019; Jazi *et al.*, 2019). مکانیسم این اثرات هنوز به درستی مشخص نشده است (Yousaf *et al.*, 2017). هرچند، گزارشاتی وجود دارند که این اثرات را به میزان پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای موجود در کنجاله سویا خام و فرآوری شده نسبت می‌دهند (Choct *et al.*, 2010). همچنین نقش مثبت اسیدهای آلی بر پویایی جمعیت باکتری‌های مفید و کاهش باکتری‌های مضر در جوجه‌های گوشتی کاملاً اثبات شده است (Khan & Iqbal 2016; Roofchaei *et al.*, 2019). این اثرات مفید به استفاده از اسکلت کربنی اسیدهای آلی توسط باکتری‌هایی مانند لاکتوباسیلوس‌ها و در نتیجه افزایش رشد آنها و نیز قدرت نفوذپذیری اسیدهای آلی به شکل تفکیک نشده از دیواره باکتری‌های مهاجم و در نتیجه کاهش رشد این دسته از باکتری‌ها در نتیجه اختلال در متابولیسم انرژی آنها نسبت داده شده است (افتخاری و همکاران، ۲۰۱۵). از طرفی گزارشات اندکی در مورد تاثیر استفاده از جیره‌های کم پروتئین بر تغییر جمعیت میکروبی روده در جوجه‌های گوشتی وجود دارد. تنها در یک پژوهش (De Cesare *et al.*, 2019) کاهش ۷ درصدی پروتئین خام جیره در جوجه‌های گوشتی سبب افزایش جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلوس در روده‌های کور شد که با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد. این پژوهشگران دلیلی برای این تغییر جمعیت میکروبی در این مطالعه گزارش نکردند.

قابلیت هضم مواد مغذی

نتایج مربوط به تاثیر جیره‌های حاوی کنجاله‌های سویای خام و فرآوری شده با اسید سیتریک همراه با سطوح مختلف پروتئین جیره بر قابلیت هضم مواد مغذی در جدول ۶ خلاصه شده است. به استثنای پروتئین خام، اثرات متقابل و اصلی تیمارها بر قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام و خاکستر معنی‌دار نبود. استفاده از کنجاله سویای فرآوری شده در جیره نسبت به کنجاله سویای خام قابلیت هضم پروتئین را به طور معنی‌داری افزایش داد ($P < 0.05$). همچنین جیره‌های بر پایه ۱۰۰ و ۹۵ درصد احتیاجات پروتئین نسبت به جیره بر پایه ۹۰ درصد احتیاجات پروتئین دارای قابلیت هضم بیشتری بودند ($P < 0.05$).

جدول ۵. اثر جیره‌های حاوی کنجاله سویای فرآوری شده با اسید سیتریک و سطوح مختلف پروتئین خام بر جمعیت میکروبی روده های کور (Log cfu/g) جوجه‌های گوشتی

تیمار	لاکتوباسیلوس	اثریشیاکلی	کل باکتری‌ها
نوع کنجاله	سطح پروتئین		
خام	۶/۰۸	۵/۹۱	۷/۲۰
فرآوری شده	۶/۱۷	۵/۶۳	۷/۲۴
خطای استاندارد میانگین	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۰۹
	۶/۱۵	۵/۸۰	۷/۱۷
	۶/۱۰	۵/۹۱	۷/۱۷
	۶/۱۴	۵/۶۱	۷/۳۱
	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۲
خطای استاندارد میانگین			
اثر متقابل نوع کنجاله و سطح پروتئین			
خام	۶/۱۲	۵/۸۵	۷/۱۴
خام	۶/۱۰	۵/۹۷	۷/۲۵
خام	۶/۰۱	۵/۹۳	۷/۲۱
فرآوری شده	۶/۱۷	۵/۷۶	۷/۲۰
فرآوری شده	۶/۰۸	۵/۸۶	۷/۰۹
فرآوری شده	۶/۲۸	۵/۲۹	۷/۴۲
خطای استاندارد میانگین	۰/۱۸	۰/۲۷	۰/۱۷
سطح احتمال معنی‌داری			
نوع کنجاله	۰/۵۲	۰/۲۲	۰/۷۶
سطح پروتئین	۰/۹۵	۰/۵۳	۰/۶۴
اثر متقابل نوع کنجاله و سطح پروتئین	۰/۶۹	۰/۵۱	۰/۵۶

در هر ستون، میانگین‌هایی که فاقد حروف مشترک هستند با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

جدول ۶. اثر جیره‌های حاوی کنجاله سویای فرآوری شده با اسید سیتریک و سطوح مختلف پروتئین خام بر قابلیت هضم (درصد) جوجه‌های گوشتی

تیمار	ماده خشک	ماده آلی	پروتئین خام	چربی خام
نوع کنجاله	سطح پروتئین			
خام	۷۷/۶۵	۷۱/۰۴	۶۷/۱۳ ^b	۷۸/۰۷
فرآوری شده	۷۷/۹۹	۷۲/۱۰	۷۰/۹۷ ^a	۷۷/۳۳
خطای استاندارد میانگین	۰/۲۲	۰/۹۸	۱/۰۸	۱/۸۸
	۷۸/۱۵	۷۲/۹۸	۷۲/۱۶ ^a	۷۹/۹۱
	۷۸/۰۴	۷۲/۵۹	۷۱/۶۷ ^a	۷۹/۱۷
	۷۷/۲۷	۶۹/۱۵	۶۳/۳۱ ^b	۷۴/۰۱
	۰/۲۷	۱/۲۰	۱/۳۲	۲/۳۱
خطای استاندارد میانگین				
اثر متقابل نوع کنجاله و سطح پروتئین				
خام	۷۷/۷۹	۷۱/۸۷	۶۸/۹۳	۷۹/۴۵
خام	۷۷/۷۴	۷۰/۸۶	۷۰/۲۶	۷۹/۴۰
خام	۷۷/۴۴	۷۰/۴۰	۶۲/۲۱	۷۵/۳۷
فرآوری شده	۷۸/۵۲	۷۴/۰۸	۷۵/۴۱	۸۰/۳۸
فرآوری شده	۷۸/۳۴	۷۴/۳۲	۷۳/۰۸	۷۸/۹۵
فرآوری شده	۷۷/۱۱	۶۷/۸۹	۶۴/۴۲	۷۲/۶۴
خطای استاندارد میانگین	۰/۳۸	۱/۷۰	۱/۸۷	۳/۲۷
سطح احتمال معنی‌داری				
نوع کنجاله	۰/۲۹	۰/۴۵	۰/۰۱	۰/۷۸
سطح پروتئین	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۱۶
اثر متقابل نوع کنجاله و سطح پروتئین	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۴۷	۰/۸۵

در هر ستون، میانگین‌هایی که فاقد حروف مشترک هستند با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

فرآوری اسیدی کنجاله سویا با اسید سیتریک سبب بهبود قابلیت هضم پروتئین در آزمایش حاضر شد. با توجه به کاهش قابل ملاحظه مقدار بازدارنده تریپسین کنجاله سویا در نتیجه فرآوری اسیدی با اسید سیتریک در مطالعه قبلی (Norozi et al., 2022)، این نتایج قابل پیش بینی بود. در این راستا و همسو با نتایج این تحقیق، اثر منفی بازدارنده‌های پروتئاز بر قابلیت هضم پروتئین کاملاً مشخص شده است (Ahsan et al., 2018). علاوه بر این، در سالهای اخیر به نقش تخریب دیواره سلولی در نتیجه فرآوری‌های شیمیایی و افزایش نفوذپذیری آنزیم‌های پروتئاز بر افزایش قابلیت هضم پروتئین‌های سویا نیز پرداخته شده است (Zahir et al., 2020). بر اساس این گزارش بخش اعظمی از بهبود قابلیت هضم پروتئین در دانه و کنجاله سویای فرآوری شده مربوط به پیش هضم پروتئین‌های ذخیره ای آن در نتیجه فرآوری و تبدیل آنها به پپتیدهای کوچکتر می‌باشد. همسو با این گزارش Kentawa & Ogawa (2019) در مطالعه دیگری بیان کردند که هیدرولیز ملکول‌های بزرگ پروتئینی به پپتیدهای کوچکتر و یا الیگوپپتیدها و یا حتی تجزیه این پپتیدها به اسیدهای آمینه می‌تواند دلیلی بر هضم بهتر پروتئین بعد از فرآوری تخمیری سویا باشد. همچنین بر اساس یافته‌های Biggs & Parsons (2008)، افزودن اسید سیتریک به جیره جوجه‌های گوشتی سبب افزایش قابلیت هضم پروتئین خام شد. این محققین افزایش قابلیت هضم پروتئین را به دلیل کاهش بیشتر pH در سنگدان و پیش معده و در نتیجه عملکرد بهتر پپسین گزارش کردند. از طرفی، ثابت شده است که عملکرد بهتر پپسین و در نتیجه تولید بیشتر پپتیدهای کوچکتر در بخش‌های ابتدایی دستگاه گوارش پرند، سبب تحریک و ترشح بیشتر هورمون‌هایی مانند گاسترین و کوله سیستوکینین و در نتیجه ترشح بیشتر پروتئازهای پانکراس و افزایش هضم پروتئین در روده می‌گردد (Afsharmaneh & Pourreza, 2005).

همچنین استفاده از سطوح کمتر پروتئین نسبت به جیره استاندارد سبب کاهش قابلیت هضم پروتئین در جوجه‌های گوشتی شد. این نتایج با یافته‌های حاصل از برخی مطالعات پیشین مطابقت نشان می‌دهد (Ting et al., 2021). همچنین در راستای این نتایج، Ding et al., (2016) گزارش کردند که کاهش سطح پروتئین جیره (تا ۳ درصد) سبب کاهش ۵/۲۰ درصدی قابلیت هضم پروتئین در جوجه‌های گوشتی شد. از طرفی و بر خلاف نتایج این مطالعه، گزارش شده است که استفاده از جیره‌های کم پروتئین سبب بهبود استفاده از ازت (قابلیت هضم پروتئین) در جوجه‌های گوشتی می‌گردد (Aletor et al., 2000). اثر کاهشی جیره‌های کم پروتئین بر قابلیت هضم پروتئین در این آزمایشات به کاهش دسترسی پاتوژن‌ها به منابع ازت و در نتیجه بهبود فلور میکروبی روده و هضم و جذب بیشتر مواد مغذی گزارش شده است (Drew et al., 2004).

فعالیت آنزیم‌های هضمی

بر اساس نتایج جدول ۷ اثر متقابل بین نوع کنجاله سویای مصرفی و سطوح متفاوت پروتئین جیره برای میزان فعالیت پروتئاز در جوجه‌های گوشتی معنی‌دار بود ($P < 0.05$). استفاده از جیره‌های دارای کنجاله سویای فرآوری شده با ۱۰۰ درصد احتیاجات پروتئینی سبب افزایش معنی‌دار میزان فعالیت پروتئاز در جوجه‌های گوشتی گردید. کمترین میزان فعالیت پروتئازی نیز مربوط به پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی کنجاله سویای خام همراه با ۹۰ درصد احتیاجات پروتئینی بود. از طرفی، اثر اصلی نوع کنجاله سویا و نیز سطح احتیاجات پروتئین جیره بر میزان فعالیت آنزیم آمیلاز در روده جوجه‌های گوشتی معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بر این اساس، استفاده از جیره‌های بر پایه کنجاله سویای فرآوری شده سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آمیلاز نسبت به جیره دارای کنجاله سویای خام شد. همچنین جیره‌های تنظیم شده بر اساس ۱۰۰ و ۹۵ درصد احتیاجات پروتئینی نیز سبب بهبود معنی‌دار فعالیت آمیلاز نسبت به جیره بر پایه ۹۰ درصد احتیاجات پروتئین شدند.

فرآوری اسیدی کنجاله سویا با اسید سیتریک سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی پروتئاز و آمیلاز در جوجه‌های گوشتی شد. با عنایت به کاهش معنی‌دار بازدارنده‌های پروتئاز در کنجاله سویای فرآوری شده با اسیدهای آلی در مطالعه اخیر (Norozi et al., 2022)، این نتایج برای فعالیت پروتئاز قابل پیش بینی بود. در تایید این نتایج، Giesting & Easter (1985) گزارش کردند که اسیدی کردن جیره با اسید سیتریک سبب افزایش فعالیت پروتئولیتیکی در روده کوچک و در نتیجه افزایش قابلیت هضم

پروتئین و اسیدهای آمینه می گردد. از طرفی، *Ao et al.* (2009) افزایش قابلیت هضم پروتئین جیره را در نتیجه افزایش فعالیت پروتولیتیکی آنزیم‌های مترشحه از پانکراس و در پاسخ به اسیدی کردن جیره با اسید سیتریک گزارش کردند. بر اساس یافته‌های *Feng et al.* (2007) کاهش غلظت مواد بازدارنده موجود در کنجاله سویا به ویژه بازدارنده تریپسین و پروتئین‌های آلرژیک گلايسینین^۱ و بتا کانگلايسینین^۲ در نتیجه تخمیر یکی از دلایل اصلی بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی در روده کوچک می‌باشد. همچنین *Zhang et al.* (2013) در مطالعه دیگری کاهش فعالیت همه آنزیم‌های گوارشی در پاسخ به سطوح بالای بتا کانگلايسینین در جیره ماهی را گزارش کردند. هرچند مکانیسم تاثیر پروتئین‌های آلرژیک بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی هنوز به درستی مشخص نشده است، ولی این محققان تاثیر احتمالی پروتئین‌های آلرژیک و به ویژه بتا کانگلايسینین را بر تنظیم فیدبک منفی هورمون کوله سیستوکینین (CCK) دلیل احتمالی این اثرات منفی عنوان کرده اند.

جدول ۷. اثر جیره‌های حاوی کنجاله سویای فرآوری شده با اسید سیتریک و سطوح مختلف پروتئین خام بر فعالیت آنزیم‌های هضمی (U/mg) جوجه‌های گوشتی

تیمار	پروتئاز	لیپاز	امیلاز
نوع کنجاله			
سطح پروتئین			
خام	۸۰/۲۱ ^b	۲۰/۳۱	۸/۳۵ ^b
فرآوری شده	۸۹/۰۷ ^a	۲۰/۳۷	۸/۶۷ ^a
خطای استاندارد میانگین	۰/۱۹	۰/۰۳	۰/۰۷
۱۰۰	۸۹/۹۰ ^a	۲۰/۳۳	۸/۷۰ ^a
۹۵	۸۵/۷۴ ^b	۲۰/۳۷	۸/۶۷ ^a
۹۰	۷۸/۲۹ ^c	۲۰/۳۲	۸/۱۴ ^b
خطای استاندارد میانگین	۰/۲۳	۰/۰۴	۰/۰۹
اثر متقابل نوع کنجاله و سطح پروتئین			
خام	۸۲/۲۳ ^c	۲۰/۲۸	۸/۵۵
خام	۸۰/۴۳ ^d	۲۰/۳۵	۸/۵۴
خام	۷۸/۹۸ ^e	۲۰/۳۱	۷/۹۶
فرآوری شده	۹۷/۵۷ ^a	۲۰/۴۰	۸/۸۶
فرآوری شده	۹۱/۰۵ ^b	۲۰/۳۹	۸/۸۱
فرآوری شده	۷۸/۵۹ ^e	۲۰/۳۲	۸/۳۳
خطای استاندارد میانگین	۰/۳۳	۰/۰۶	۰/۱۳
سطح احتمال معنی‌داری			
نوع کنجاله	۰/۰۰۰۱	۰/۲۹	۰/۰۱
سطح پروتئین	۰/۰۰۰۱	۰/۶۲	۰/۰۰۱
اثر متقابل نوع کنجاله و سطح پروتئین	۰/۰۰۰۱	۰/۶۶	۰/۹۲

در هر ستون، میانگین‌هایی که فاقد حروف مشترک هستند با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

کاهش سطح احتیاجات پروتئین جیره سبب کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیمی پروتئاز در این آزمایش شد. این نتایج با یافته‌های *Sonoyama et al.* (1994) مبنی بر کاهش فعالیت آنزیم‌های هضم کننده پروتئین در پاسخ به جیره‌های کم پروتئین مطابقت نشان می‌دهد. از طرفی گزارش شده است که استفاده از جیره‌های با سطوح کمتر از احتیاجات جوجه‌های گوشتی سبب کاهش فعالیت تریپسین در روده کوچک گردید (*Ding et al.*, 2016). اخیرا گزارش شده است که سطوح مختلف پروتئین جیره سبب تغییر در میزان فعالیت همه آنزیم‌های مترشحه از پانکراس از جمله تریپسین در روده کوچک می‌شوند و همزمان با افزایش

1. Glycinin
2. Beta-conglycinin

سطح پروتئین جیره، فعالیت این آنزیم ها نیز در روده افزایش یافت (کیان و همکاران، ۲۰۲۲). بر اساس گزارش این محققین، یکی از دلایل احتمالی کاهش فعالیت آنزیم های پروتئاز در پاسخ به کاهش سطح پروتئین، کاهش میزان اسیدهای آمینه مورد نیاز برای ترشح و فعالیت این آنزیم ها می باشد. از طرفی، گزارش شده است که سطح پروتئین جیره بیان ژن های مربوط به آنزیم های پروتئاز به استثنای پروکربوکسی پپتیداز را تنظیم می کند (Santos et al., 2020). در همین راستا، Zhao et al., (2007) میزان مواد مغذی موجود در جیره و به ویژه سطح پروتئین جیره را یکی از عوامل اصلی تنظیم بیان ژن های مرتبط با تولید و فعالیت آنزیم های گوارشی در اردک گزارش کردند.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، می توان نتیجه گیری کرد که استفاده از کنجاله سویای فرآوری شده با اسید سیتریک ۵۰/۰ درصد در مقایسه با کنجاله سویای خام سبب افزایش معنی دار عملکرد رشد، صفات ریخت شناسی ژژنوم، فعالیت آنزیم های پروتئاز و آمیلاز و نیز قابلیت هضم پروتئین در جوجه های گوشتی شد. همچنین، کاهش ۱۰ درصدی احتیاجات پروتئین خام جیره (سطح ۹۰ درصد) سبب کاهش معنی دار صفات عملکرد رشد، ریخت شناسی ژژنوم، فعالیت آنزیم های پروتئاز و آمیلاز و همچنین کاهش قابلیت هضم ایلئومی پروتئین خام در جوجه های گوشتی در مقایسه با سطح پروتئین خام توصیه شده گردید.

REFERENCES

- Afsharmanesh, M., & Pourreza, J. (2005). Effects of calcium, citric acid, ascorbic acid, vitamin D3 on the efficacy of microbial phytase in broiler starters fed wheat-based diets I. Performance, bone mineralization and ileal digestibility. *International Journal of Poultry Science*, 4(6), 418-427.
- Aftab, U., Ashraf, M., & Jiang, Z. (2006). Low protein diets for broilers. *World's Poultry Science Journal*, 62, 688-701.
- Ahsan, F., Imran, M., Gilani, S.A., Bashir, S., Khan, A.A., Khalil, A.A., Shah, F.-u.H., & Mughal, M.H. (2018). Effects of dietary soy and its constituents on human health: A review. *Biomedical Journal*, 1, 6.
- Aletor, V.A., Hamid, I.I., Niess, E., & Pfeffer, E. (2000). Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition and efficiencies of nutrient utilisation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 547-554.
- Ao, T., Cantor, A., Pescatore, A., Ford, M., Pierce, J., & Dawson, K. (2009). Effect of enzyme supplementation and acidification of diets on nutrient digestibility and growth performance of broiler chicks. *Poultry Science*, 88, 111-117.
- AOAC. (2002). Association of official analytical chemists. *Official methods of analysis*. 17th ed. AOAC, Washington, DC.
- Awad, E.A., Zulkifli, I., Farjam, A.S., & Chwen, L.T. (2014). Amino acids fortification of low-protein diet for broilers under tropical climate. 2. Nonessential amino acids and increasing essential amino acids. *Italian Journal of Animal Science*, 13, 3297.
- Belloir, P., Méda, B., Lambert, W., Corrent, E., Juin, H., Lessire, M., & Tesseraud, S. (2017). Reducing the CP content in broiler feeds: impact on animal performance, meat quality and nitrogen utilization. *Animal*, 11, 1881-1889.
- Biggs, P., & Parsons, C. (2008). The effects of several organic acids on growth performance, nutrient digestibilities, and cecal microbial populations in young chicks. *Poultry Science*, 87, 2581-2589.
- Choct, M., Dersjant-Li, Y., McLeish, J., & Peisker, M. (2010). Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 23, 1386-1398.

- Chrystal, P.V., Moss, A.F., Khoddami, A., Naranjo, V.D., Selle, P.H., & Liu, S.Y. (2020). Effects of reduced crude protein levels, dietary electrolyte balance, and energy density on the performance of broiler chickens offered maize-based diets with evaluations of starch, protein, and amino acid metabolism. *Poultry Science*, 99, 1421-1431.
- Dean, D., Bidner, T., & Southern, L. (2006). Glycine supplementation to low protein, amino acid-supplemented diets supports optimal performance of broiler chicks. *Poultry Science* 85, 288-296.
- De Cesare, A., do Valle, I. F., Sala, C., Sirri, F., Astolfi, A., Castellani, G., & Manfreda, G. 2019. Effect of a low protein diet on chicken ceca microbiome and productive performances. *Poultry science*, 98(9), 3963-3976.
- Ding, X., Li, D., Li, Z., Wang, J., Zeng, Q., Bai, S., Su, Z., & Zhang, K. (2016). Effects of dietary crude protein levels and exogenous protease on performance, nutrient digestibility, trypsin activity and intestinal morphology in broilers. *Livestock Science*, 193, 26-31.
- Drew, M., Syed, N., Goldade, B., Laarveld, B., & Van Kessel, A. (2004). Effects of dietary protein source and level on intestinal populations of *Clostridium perfringens* in broiler chickens. *Poultry Science*, 83, 414-420.
- Eftekhari, A., Rezaei pour, V., & Abdollahpour, R. (2015). Effects of acidified drinking water on performance, carcass, immune response, jejunum morphology, and microbiota activity of broiler chickens fed diets containing graded levels of threonine. *Livestock Science*, 180, 158-163.
- Emami, N.K., Daneshmand, A., Naeini, S.Z., Graystone, E., & Broom, L. (2017). Effects of commercial organic acid blends on male broilers challenged with *E. coli* K88: Performance, microbiology, intestinal morphology, and immune response. *Poultry Science*, 96, 3254-3263.
- Fenton, T., & Fenton, M. (1979). An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Canadian Journal of Animal Science* 59, 631-634.
- Garcia, V., Catala-Gregori, P., Hernandez, F., Megias, M., & Madrid, J. (2007). Effect of formic acid and plant extracts on growth, nutrient digestibility, intestine mucosa morphology, and meat yield of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 16, 555-562.
- Ghazala, R., Tabinda, A., & Yasar, A. (2011). Growth response of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fed isocaloric diets with variable protein levels. *Journal of Animal and Plant Science* , 21, 850-856.
- Giesting, D., & Easter, R. (1985). Response of starter pigs to supplementation of corn-soybean meal diets with organic acids. *Journal of Animal Science*, 60, 1288-1294.
- Guo, S., Zhang, Y., Cheng, Q., Xv, J., Hou, Y., Wu, X., Du, E., & Ding, B. (2020). Partial substitution of fermented soybean meal for soybean meal influences the carcass traits and meat quality of broiler chickens. *Animals*, 10, 225.
- Huang, L., & Xu, Y. (2018). Effective reduction of antinutritional factors in soybean meal by acetic acid-catalyzed processing. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42, e13775.
- Jazi, V., Mohebodini, H., Ashayerizadeh, A., Shabani, A., & Barekatin, R. (2019). Fermented soybean meal ameliorates *Salmonella* Typhimurium infection in young broiler chickens. *Poultry science*, 98, 5648-5660.
- Khan, S.H., & Iqbal, J. (2016). Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research*, 44, 359-369.
- Law, F.L., Zulkifli, I., Soleimani, A.F., Liang, J.B., & Awad, E.A. (2018). The effects of low-protein diets and protease supplementation on broiler chickens in a hot and humid tropical environment. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 31, 1291.
- Lynn, K.R. & N.A. Clevette-Radford. (1984). Purification and characterization of hevin, a serin protease from *Heveabrazilliensis*. *Biochemical Journal*, 2, 963-964.
- Mukherjee, R., Chakraborty, R., & Dutta, A. (2016). Role of fermentation in improving nutritional quality of soybean meal. A review. *Asian-Australasian journal of animal science*, 29, 1523.
- Norozi, M., Rezaei, M., & Kazemifard, M. (2022). Effect of different acid processing methodologies on the nutritional value and reduction of anti-nutrients in soybean meal. *Journal of Food*

- processing and Preservation*, 46(1), e16205.
- Ospina-Rojas, I., Murakami, A., Duarte, C., Eying, C., Oliveira, C., & Janeiro, V. (2014). Valine, isoleucine, arginine and glycine supplementation of low-protein diets for broiler chickens during the starter and grower phases. *British Poultry Science*, 55, 766-773.
- Palacios, M., Easter, R., Soltwedel, K., Parsons, C., Douglas, M., Hymowitz, T., & Pettigrew, J. (2004). Effect of soybean variety and processing on growth performance of young chicks and pigs. *Journal of Animal Science*, 82, 1108-1114.
- Roofchaei, A., Rezaei-pour, V., Vatandour, S., & Zaefarian, F. (2019). Influence of dietary carbohydrases, individually or in combination with phytase or an acidifier, on performance, gut morphology and microbial population in broiler chickens fed a wheat-based diet. *Animal Nutrition*, 5, 63-67.
- Sakamoto, K., Hirose, H., Onizuka, A., Hayashi, M., Futamura, N., Kawamura, Y., & Ezaki, T. (2000). Quantitative study of changes in intestinal morphology and mucus gel on total parenteral nutrition in rats. *Journal of Surgical Research*, 94, 99-106.
- Santos, W.M., Costa, L.S., López-Olmeda, J.F., Costa, N.C.S., Santos, F.A., Gamarano, P.G., Silva, W.S., Rosa, P.V., Luz, R.K., & Ribeiro, P.A. (2020). Effects of dietary protein levels on activities of protease and expression of ingestion and protein digestion-related genes in Nile tilapia juveniles. *Aquaculture Research*, 51, 2973-2984.
- SAS Institute. 2008. *SAS/STAT users guide: statistics*. Version 9.2. Ed. SAS institute. Inc Cary, Nc. USA.
- Somogyi, M. (1960). Modifications of two methods for the assay of amylase. *Clinical Chemistry*, 6: 23-35.
- Sonoyama, K., Kiriya, S., & Niki, R. (1994). Effect of dietary protein level on intestinal aminopeptidase activity and mRNA level in rats. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 5, 291-297.
- Soumei, E., Mohebodini, H., Toghyani, M., Shabani, A., Ashayerizadeh, A., & Jazi, V. (2019). Synergistic effects of fermented soybean meal and mannan-oligosaccharide on growth performance, digestive functions, and hepatic gene expression in broiler chickens. *Poultry Science*, 98, 6797-6807.
- Tietz N.W & E.A. Fiereck. (1966). A specific method for serum lipase determination. *Clinica Chemical Acta*, 13: 352-358.
- Trzcinski, A.P., & Stuckey, D.C. (2015). Contribution of acetic acid to the hydrolysis of lignocellulosic biomass under abiotic conditions. *Bioresource Technology* 185, 441-444.
- Valencia, D., Serrano, M., Lázaro, R., Latorre, M., & Mateos, G. (2008). Influence of micronization (fine grinding) of soya bean meal and fullfat soya bean on productive performance and digestive traits in young pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 147, 340-356.
- Van Harn, J., Dijkslag, M., & Van Krimpen, M. (2019). Effect of low protein diets supplemented with free amino acids on growth performance, slaughter yield, litter quality, and footpad lesions of male broilers. *Poultry Science*, 98, 4868-4877.
- Wang, W.-W., Wang, J., Wu, S.-G., Zhang, H.-J., & Qi, G.H. (2020). Response of broilers to gradual dietary protein reduction with or without an adequate glycine plus serine level. *Italian Journal of Animal Science*, 19, 127-136.
- Yousaf, M., Goodarzi Boroojeni, F., Vahjen, W., Männer, K., Hafeez, A., Ur-Rehman, H., Keller, S., Peris, S., & Zentek, J. (2017). Encapsulated benzoic acid supplementation in broiler diets influences gut bacterial composition and activity. *British Poultry Science*, 58, 122-131.
- Yuan, L., Chang, J., Yin, Q., Lu, M., Di, Y., Wang, P., Wang, Z., Wang, E., & Lu, F. (2017). Fermented soybean meal improves the growth performance, nutrient digestibility, and microbial flora in piglets. *Animal Nutrition*, 3, 19-24.
- Zahir, M., Fogliano, V., & Capuano, E. (2020). Effect of soybean processing on cell wall porosity

- and protein digestibility. *Food and function*, 11, 285-296.
- Zhang, H., Zhou, X., Xu, Y., & Yu, S. (2017). Production of xylooligosaccharides from waste xylan, obtained from viscose fiber processing, by selective hydrolysis using concentrated acetic acid. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 37, 1-9.
- Zhang, J.-X., Guo, L.-Y., Feng, L., Jiang, W.-D., Kuang, S.-Y., Liu, Y., Hu, K., Jiang, J., Li, S.-H., & Tang, L. (2013). Soybean β -conglycinin induces inflammation and oxidation and causes dysfunction of intestinal digestion and absorption in fish. *PLoS One*, 8, e58115.
- Zhao, F., Hou, S., Zhang, H., & Zhang, Z. (2007). Effects of dietary metabolizable energy and crude protein content on the activities of digestive enzymes in jejunal fluid of Peking ducks. *Poultry Science*, 86, 1690-1695.