

Effect of processed corn on performance, immune response and nutrients digestibility in Arian broiler chicken

Abstract

In this study, 750 Arian broiler chickens were used in a completely randomized design with five treatments, five replicates and 30 chicks per each replicate from 1 to 40 d of age. The experimental treatments contained 0%, 25%, 50%, 75% and 100% processed corn instead of unprocessed corn in the diet. The processed corn was prepared prior to this experiment through several processing steps including fermentation, cooking and infrared irradiation. All diets were formulated based on the recommendations of the Arian guideline and were nutritionally identical. The results showed that the use of processed corn throughout the rearing period (1 to 40 d of age) had no effect on growth performance, carcass characteristics, blood biochemical traits and antibody titers against sheep red blood cells and Newcastle disease virus. Nevertheless, observations at specific time points indicated that, increasing the level of processed corn at 35 days of age led to a linear and quadratic improvement in body weight and feed conversion ratio, while feed intake improved quadratically from 1 to 28 days of age. Additionally, a higher relative breast weight was observed in a linear and quadratic manner. ~~leal~~ digestibility of protein and energy, as well as antibody titer against influenza, increased linearly and quadratically with higher levels of processed corn in the diet ($P<0.05$). Overall, Processing corn positively affected growth at certain points, with 75% replacement showing better results than other levels.

keywords: Arian, broiler, performance, processed corn

اثر ذرت فراوری شده بر عملکرد، پاسخ ایمنی و قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه گوشتی آراین

چکیده

در این تحقیق از ۷۵۰ قطعه جوجه گوشتی آراین در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار، پنج تکرار و ۳۰ قطعه جوجه در هر تکرار از یک تا ۴۰ روزگی استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطح صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ذرت فراوری شده به جای ذرت معمولی (فراوری نشده) در جیره بود. ذرت فراوری شده قبل از شروع این آزمایش و طی چند مرحله از جمله تخمیر، پخت و تاباندن اشعه مادون قرمز آماده شد. نتایج نشان داد که استفاده از ذرت فراوری شده در کل دوره پرورش (۱ تا ۴۰ روزگی) تأثیری بر عملکرد رشد، درصد زنده ماندن، شاخص تولید، خصوصیات لاشه، فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون و تیترا آنتی بادی علیه گلبول قرمز گوسفندی و نیوکاسل ندارد. با افزایش سطح ذرت فراوری شده در ۳۵ روزگی، وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک به ترتیب به صورت خطی و درجه دوم و در یک تا ۲۸ روزگی مصرف خوراک به صورت درجه دوم بهبود یافت و وزن نسبی سینه بالاتری به صورت خطی و درجه دوم موجب شد. قابلیت هضم ایلئومی پروتئین، انرژی و تیترا آنتی بادی علیه آنفلوآنزا با افزایش ذرت فراوری شده در جیره به صورت خطی و درجه دوم افزایش یافت ($P<0.05$). در کل، فراوری ذرت تنها در برخی از سنین دوره رشد تأثیر مطلوبی بر عملکرد رشد داشت و جایگزین نمودن ۷۵ درصد از ذرت معمولی جیره با ذرت فراوری شده نتایج بهتری را در مقایسه با دیگر سطوح جایگزینی نشان داد.

کلید واژه‌ها: آراین، جوجه گوشتی، ذرت فراوری شده، عملکرد

مقدمه

پیشینه پژوهش

ذرت حاوی مقادیر بالایی از نشاسته و روغن است و به همین دلیل، منبع مناسبی برای تامین انرژی در طیور محسوب می شود. این دانه خوش خوراک ترین غلات به شمار می رود و ارزش غذایی سایر غلات معمولاً با آن مقایسه می شود (Fathi, 2011). امروزه برای بهبود کیفیت و قابلیت هضم مواد خوراکی از استراتژی های مختلفی استفاده می شود. روش های فراوری از جمله شستن، خیساندن در آب، کراکینگ، آسیاب نمودن، خشک کردن، اعمال فرایند حرارتی، غلطک زدن، پلت کردن و تخمیر، با هدف بهبود ارزش تغذیه ای و افزایش مدت زمان نگهداری خوراک بکار گرفته می شوند. این روش ها می توانند به صورت فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی به تنهایی یا به صورت توأم مورد استفاده قرار گیرند. فراوری خوراک، علاوه بر اینکه بر بهبود کیفیت و قابلیت هضم مواد خوراکی، بسته به نوع فرایند کردن بر کاهش و افزایش هزینه های تولید نیز تاثیرگذار باشد (Kermanshahi et al., 2014). نتایج مطالعات اخیر بر اهمیت فراوری خوراک در جوجه گوشتی نشان داد، که فراوری ذرت به روش های اکسپند و اکستروژن کردن (Ljubojević et al., 2011; Massuquetto et al., 2020) بر وزن بدن جوجه گوشتی تاثیری نداشت، اما تخمیر ذرت باعث افزایش وزن در جوجه ها شد (Ali, 2019; YAŞAR et al., 2016). در خصوص ضریب تبدیل خوراک، اکستروژن کردن ذرت (Ljubojević et al., 2011) و تخمیر ذرت (Ali, 2019; YAŞAR et al., 2016) تاثیری بر ضریب تبدیل خوراک در جوجه های گوشتی ندارد، اما اکسپند کردن ذرت موجب کاهش ضریب تبدیل خوراک شد (Massuquetto et al., 2020). همچنین، فراوری سایر اقلام خوراکی از جمله اکستروژن کردن کنجاله سویا و باقلا (Jahanian et al., 2019; Hejdysz et al., 2019; Rasouli & Hejdysz, 2016) سبب کاهش ضریب تبدیل خوراک و بهبود عملکرد رشد شد، اما میکرونیزه کردن آفتابگردان، کتان و کاملینا (Zajac et al., 2021) و اکستروژن کردن باقلا (Hejdysz et al., 2019) بر وزن بدن جوجه گوشتی تاثیری نداشت. مطالعات پیشین تنها به مطالعه تاثیر یک نوع فراوری بر عملکرد پرداخته اند اما در این مطالعه ذرت طی چندین مرحله (تخمیر، پخت و تاباندن اشعه مادون قرمز) توسط یک خط تولید پیوسته تحت فراوری قرار گرفت و در سطوح مختلف (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) در اختیار پرندۀ قرار داده شد تا اثرات آن بر عملکرد، پاسخ ایمنی و قابلیت هضم مواد مغذی در مقایسه با مطالعات قبلی بررسی شود.

روش شناسی پژوهش

این پژوهش با ۷۵۰ قطعه جوجه گوشتی آرین به صورت مخلوط نر و ماده در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در ۵ تیمار، ۵ تکرار و در هر تکرار ۳۰ قطعه پرندۀ انجام شد. جیره های آزمایشی شامل جایگزینی سطوح صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ذرت فراوری به جای ذرت معمولی بود. در واقع ذرت قبل از شروع آزمایش در مرحله اول توسط هاپر ورودی به خط تولید وارد سیفتر و خاکه آن جدا شد. سپس وارد مخازن فراوری با دمای ۳۰ تا ۳۵ درجه و رطوبت ۲۰ تا ۲۵ درصد شد و ضمن تزریق شیرابه تخمیری به مدت حداقل ۸ ساعت نگهداری شد (هدف تکثیر میکروب های مفید و تولید محصولات جانبی میکروبی، پیش از آماده سازی دانه برای پخت است). در مرحله دوم ذرت توسط الواتور مخصوص، وارد دیگ های پخت با دمای ۹۰ تا ۹۵ درجه سانتی گراد، به مدت ۱۵ دقیقه و فشار بخار ۱٫۵ بار پخت شد. سپس در مرحله سوم پس از پخت با بخار دانه ذرت نرم شده، وارد دستگاه پرتودهی سه طبقه ای امواج مادون قرمز با دمای ۸۰ درجه و زمان تقریبی ۲ تا ۳ دقیقه شد (هدف خشک شدن رطوبت سطحی و پخت تکمیلی دانه ذرت بود). در مرحله چهارم ذرت که نشاسته آن کاملاً ژلاتینه بود، وارد دستگاه های فلیکر شده و تحت فشار و سایش تبدیل به یک ورقه نازک تبدیل شد. در مرحله پنجم ذرت ورقه شده وارد دستگاه خشک کن شد و

با جریان معکوس هوا رطوبت مازاد خود را از دست داد. البته قبل از ورود به این دستگاه اسپری میکروب‌های مخصوص روی آن انجام شد و در مرحله آخر ذرت توسط یک مارپیچ به آسیاب منتقل شده و پس از پودر شدن در بچینگ دان فرموله و دان مورد نظر در میکسر مخلوط و در نهایت به صورت پلت کیسه‌گیری شد. جهت تأمین احتیاجات غذایی جوجه‌های مورد آزمایش از جداول مربوط به کاتالوگ سویه آرین استفاده شد. در طول دوره پرورش از سه نوع جیره غذایی، آغازین (یک تا ۱۴ روزگی)، رشد (۱۵ تا ۲۸ روزگی) و پایانی (۲۹ تا ۴۰ روزگی) استفاده شد (جدول ۱). از نرم افزار^۱ UFFDA برای تنظیم جیره‌های آزمایشی استفاده شد.

جدول ۱- ترکیب مواد خوراکی جیره آغازین (یک تا ۱۴ روزگی)، رشد (۱۵ تا ۲۸ روزگی) و پایانی (۲۹ تا ۴۰ روزگی)

جیره آغازین (یک تا ۱۴ روزگی)	جیره رشد (۱۵ تا ۲۸ روزگی)	جیره پایانی (۲۹ تا ۴۰ روزگی)	ماده خوراکی (درصد)
شاهد	شاهد	شاهد	کنجاله سویا
۳۸/۸۵	۳۳/۶	۲۸/۲۵	ذرت ^۲
۵۵/۱	۶۰/۲۳	۶۵/۹۸	نمک
۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۷	دی کلسیم فسفات
۰/۶	۰/۷	۰/۴	روغن سویا
۱/۵	۲	۲	کربنات کلسیم
۰/۷	۰/۷	۰/۶	کنسانتره ۲/۵ درصد ^۱
۳	۲/۵	۲/۵	نوع ماده مغذی
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)
۲۸۵۹	۲۹۵۵	۳۰۲۹	پروتئین خام (نیترژن × ۶/۲۵)
۲۲	۲۰	۱۸	لیزین
۱/۳۰۰	۱/۱۵۲	۱/۰۱۸	متیونین+سیستین
۰/۹۳۸	۰/۸۴۲	۰/۸۰۱	ترئونین
۰/۸۹۲	۰/۸۱۱	۰/۷۳۴	اسید لینولئیک
۱/۸۷۸	۱/۷۱۲	۱/۵۴۷	کلسیم
۰/۹۸۴	۰/۹۱۴	۰/۸۰۰	فسفر غیر فیتات
۰/۴۸۲	۰/۴۴۹	۰/۳۹۳	سدیم
۰/۱۷۹	۰/۱۷۷	۰/۱۷۷	پتاسیم
۰/۹۳۳	۰/۸۴۲	۰/۷۵۱	کلر
۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۰	DEB (میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم)
۲۶۱	۲۳۴	۳۱۰	

۱. آنالیز کنسانتره: انرژی قابل متابولیسم ۹۵۰ کیلوکالری بر گرم، پروتئین خام ۱۵/۵ درصد، لیزین قابل هضم: ۳/۰۷ درصد، متیونین قابل هضم: ۷/۹ درصد، ترئونین قابل هضم: ۰/۸ درصد، متیونین+سیستین قابل هضم ۸/۲ درصد، کلسیم: ۱۶/۱ درصد، فسفر غیر فیتات: ۸/۸۵ درصد، سدیم: ۲/۱۶.

مکمل ویتامینی به ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر ذیل را تأمین نمود: ویتامین A ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D₃ ۱۸۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E ۳۶ میلی‌گرم؛ ویتامین K₃ ۵ میلی‌گرم؛ ویتامین B₁₂ ۱/۶ میلی‌گرم؛ تیامین، ۱/۵۳ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۷/۵ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۳۰ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۱/۵۳ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۰۳ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۱ میلی‌گرم؛ اسید پانتوتنیک، ۱۲/۲۴ میلی‌گرم و اتوکسی کوئین، ۰/۱۲۵ میلی‌گرم.

مکمل مواد معدنی به ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر ذیل را تأمین نمود: آهن، ۲۵۰ میلی‌گرم؛ سولفات روی، ۸۴ میلی‌گرم؛ سولفات منگنز، ۱۶۰ میلی‌گرم؛ ید، ۱/۶ میلی‌گرم؛ سولفات مس، ۲۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۲ میلی‌گرم و کبالت، ۰/۴ میلی‌گرم.

۲. در جیره‌های آغازین، رشد و پایانی ذرت فراوری شده در مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد جایگزین ذرت معمولی شد.

^۱. User Friendly Feed Formulation-Done Again

^۲. Dietary Electrolyte Balance

بررسی عملکرد رشد، لاشه و اندام‌های داخلی

وزن بدن و خوراک مصرفی هر واحد آزمایشی به طور هفتگی اندازه‌گیری و تعداد و وزن تلفات هر روز در طول دوره ثبت شد. افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک هر پرنده به صورت هفتگی محاسبه شد. در انتهای دوره (روز ۴۰)، دو پرنده از هر تکرار، وزن و ذبح شده و وزن لاشه و همچنین سینه، ران، چربی حفره شکمی، کبد، قلب، طحال، بورس، سنگدان و پیش‌معه اندازه‌گیری و وزن نسبی آنها به صورت نسبیتی از وزن زنده محاسبه شد.

بررسی عملکرد سیستم ایمنی

برای بررسی عملکرد سیستم ایمنی هومورال پرنده‌ها، نیم میلی‌لیتر محلول سوسپانسیون حاوی ۱۰ درصد گلبول قرمز خون گوسفند استریل شده به عنوان یک آنتی‌ژن غیر بیماری‌زا به ورید بال یک جوجه از هر تکرار در سن ۲۸ روزگی تزریق شد. هفت روز پس از تزریق (در سن ۳۵ روزگی) از جوجه‌ها خون‌گیری شد. نمونه‌های خون به مدت یک روز در شرایط آزمایشگاهی نگهداری و سرم خون آنها جدا شده (خون به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شده و سرم جدا شد) و بلافاصله سرم‌ها در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. و همچنین برای اندازه‌گیری تیترا پاسخ کل (IgM + IgG) از روش هم‌آگلوتیناسیون میکروتیتر استفاده شد (Ambrose & Donner, 1973). برای خنثی شدن سیستم کمپلمان و جلوگیری از تداخل آن با پادتن ضد گلبول قرمز گوسفند نمونه‌های سرم به مدت ۳۰ دقیقه در گرم‌خانه در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد گذاشته شد. وقتی نمونه‌ها خوانده شد لگاریتم در مبنای دو عکس آخر رقتی که در آن هم‌آگلوتیناسیون دیده شد به عنوان عیار پادتن ثبت شد. برای اندازه‌گیری IgM⁺ و IgG⁺ که اجزاء پاسخ به SRBC^۵ هستند با جدا کردن آنتی‌بادی مقاوم به مرکپتاتانول که در واقع IgG هست و این مقدار از پاسخ کل آنتی‌بادی حساس به مرکپتاتانول بدست آمد که معرف IgM است (Delhanty & Solomon, 1966).

بررسی تیترا آنتی‌بادی علیه نیوکاسل و آنفلوآنزا

در ۷ روزگی، جوجه‌ها به روش قطره چشمی و زیر جلدی (تزریق در پشت گردن) علیه نیوکاسل و آنفلوآنزا (H9N2, Ulster.2c) واکسینه شدند. واکسیناسیون علیه نیوکاسل مجدداً در سن ۱۲ روزگی (B₁) و ۱۹ و ۲۶ روزگی (لا سوتا به صورت آشامیدنی) انجام شد. و در ۳۵ روزگی، نمونه خون یک پرنده از هر واحد آزمایشی از سیاهرگ زیر بال جمع‌آوری و پس از جداسازی سرم، برای ارزیابی تیترا آنتی‌بادی نیوکاسل و آنفلوآنزا به روش مهار هم‌آگلوتیناسیون^۶، به آزمایشگاه منتقل شد (Khalifeh et al., 2009).

3. Immunoglobulin G

4. Immunoglobulin M

5. Sheep Red Blood Cell

6. hemagglutination inhibition

اندازه‌گیری قابلیت هضم ایلئومی

برای سنجش قابلیت هضم ایلئومی، از اکسید کروم به مقدار سه گرم در هر کیلوگرم جیره‌های آزمایشی در هفته آخر دوره پرورش به عنوان نشانگر استفاده شد. پس از هفت روز عادت‌پذیری، دو قطعه پرنده از هر واحد آزمایشی با وزن بدن نزدیک به میانگین وزن واحد آزمایشی، انتخاب، وزن کشی و کشتار شدند و پس خارج کردن دستگاه گوارش از محوطه شکمی، نمونه‌هایی از ایلئوم برای اندازه‌گیری ماده خشک، پروتئین خام و انرژی خام و کروم گرفته شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه ارسال شده و بلافاصله در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای آنالیز ماده خشک نمونه‌ها در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و برای آنالیز پروتئین خام از روش کلدال، انرژی خام با استفاده از بمب کالریمتر و کروم با طیف سنجی جذب اتمی تعیین شد. برای سنجش قابلیت هضم مواد مغذی از فرمول زیر استفاده شد (Rodrigues *et al.*, 2005):

$$\text{قابلیت هضم ماده مغذی (درصد)} = 100 - [100 \times ((M_{\text{digesta}} \times N_{\text{diet}}) / (M_{\text{diet}} \times N_{\text{digesta}}))] =$$

درصد مارکر (اکسید کروم) در محتویات ایلئوم = M_{digesta} ؛ درصد ماده مغذی در محتویات ایلئوم = N_{digesta} ؛ درصد مارکر (اکسید کروم) در جیره = M_{diet} ؛ درصد ماده مغذی در جیره = N_{diet}

اندازه‌گیری فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون

جهت بررسی تاثیر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون در سن ۳۵ روزگی از سه قطعه پرنده در هر واحد آزمایشی به طور تصادفی به میزان سه میلی‌لیتر از ورید زیر بال خون گرفته شد. نمونه‌های سرم بعد از جداسازی و انتقال آن به میکروتیوب، تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. مقادیر فرستاده شده و مقدار پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین خون با کم کردن غلظت آلبومین از کل پروتئین همان نمونه، تری‌گلیسرید و کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL-c) و لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL-c) با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (شرکت پارس آزمون) و دستگاه طیف سنج خودکار (Jenway 7300) بر اساس دستور العمل شرکت سازنده سنجیده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۵ تکرار با استفاده از مدل خطی عمومی (GLM) و با نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه و تحلیل شد. از آنجا که سطوح ذرت فراوری شده به صورت خطی در تیمارهای این تحقیق افزایش یافته بود روند خطی و درجه دوم سطوح افزایشی ذرت فراوری شده بررسی شد.

یافته‌های پژوهش و بحث

عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی

استفاده از سطوح افزایشی ذرت چند مرحله فراوری شده در تمام دوره‌های مختلف پرورش بر عملکرد رشد اثری نداشت. با وجود این در خصوص وزن بدن (جدول ۲) در سن ۲۱ روزگی و در ۳۵ روزگی به ترتیب به صورت درجه دوم و خطی سبب بهبود وزن بدن شده ($P < 0.05$) و بیشترین وزن بدن مربوط به جیره حاوی ۷۵ درصد ذرت فراوری شده بود. در سایر دوره‌ها تفاوت معنی‌داری بر وزن بدن جوجه‌ها مشاهده نشد.

جدول ۲- اثر جیره‌های آزمایشی بر وزن بدن جوجه‌های گوشتی (گرم)

تیمار	۷ روزگی	۱۴ روزگی	۲۱ روزگی	۲۸ روزگی	۳۵ روزگی	۴۰ روزگی
صفر درصد ذرت فراوری شده	۱۴۷	۳۰۴	۶۰۲	۱۰۵۳	۱۵۱۰	۱۸۶۵
۲۵ درصد ذرت فراوری شده	۱۴۸	۳۱۲	۶۰۲	۱۰۲۸	۱۵۶۱	۱۸۶۷
۵۰ درصد ذرت فراوری شده	۱۵۰	۳۰۸	۶۱۹	۱۰۶۶	۱۵۶۶	۱۹۳۳
۷۵ درصد ذرت فراوری شده	۱۵۴	۳۱۳	۶۰۴	۱۰۸۸	۱۶۶۴	۱۹۷۴
۱۰۰ درصد ذرت فراوری شده	۱۵۰	۳۰۱	۵۸۰	۱۰۲۴	۱۵۸۱	۱۹۷۳
خطای استاندارد میانگین	۴/۱	۱۱/۶	۱۴/۸	۲۴/۷	۱۵/۷	۶۸/۸
سطح معنی داری						
کل تیمارها	۰/۵۶۹	۰/۷۴۷	۰/۱۰۲	۰/۱۰۰	۰/۰۲۲	۰/۱۶۴
خطی	۰/۲۳۹	۰/۸۵۹	۰/۱۶۸	۰/۹۶۶	۰/۰۱۵	۰/۲۷۶
درجه دوم	۰/۴۷۱	۰/۲۷۴	۰/۰۳۴	۰/۱۷۶	۰/۱۲۶	۰/۸۵۶

در آزمایشی فراوری ذرت به روش‌های اکسپند و اکستروژن کردن (Massuquetto et al., 2020; Ljubojević et al., 2011) و اکستروژن کردن با قلا (Hejdysz et al., 2019) همچنین میکرونیزه کردن آفتابگردان، کتان و کاملینا تأثیری بر افزایش وزن بدن نداشت (Zajac et al., 2021)، که این نتایج با طرح آزمایشی حاضر در برخی از دوره‌های پرورش یکسان است. فراوری تخمیری (حاصل از میکروارگانیزم‌ها) اقلام خوراکی، که یکی از فراوری‌های استفاده شده در طرح آزمایشی حاضر است، در ذرت، گندم و جو سبب بهبود افزایش وزن شد (Ali, 2019; YAŞAR et al., 2016). اکستروژن کردن کنجاله سویا سبب بهبود افزایش وزن در جوجه گوشتی شد (Jahanian & Rasouli, 2016). با وجود این، در مطالعه حاضر نتایج نشان داد، استفاده از سطوح افزایشی ذرت فراوری شده در کل دوره پرورش به طور مشابهی اثرگذار نبود. همچنین در انتهای دوره تولید تأثیری در مقایسه با ذرت فراوری نشده (ذرت معمولی) مشاهده نشد و این ممکن است تحت تأثیر سن پرنده‌ها باشد، به‌طوری‌که با افزایش سن در ۳۵ روزگی اثر معنی‌دار سطوح افزایشی ذرت فراوری شده بر وزن بدن مشاهده می‌شود.

استفاده از سطوح افزایشی ذرت چند مرحله فراوری شده از یک تا ۱۴ روزگی و یک تا ۲۸ روزگی به ترتیب به صورت درجه دوم و خطی اثر معنی‌داری بر مصرف خوراک ($P < 0.05$) داشت (جدول ۳).

جدول ۳- اثر جیره‌های آزمایشی بر مصرف جوجه‌های گوشتی (گرم)

تیمار	۷ تا ۱ روزگی	۱۴ تا ۱ روزگی	۲۱ تا ۱ روزگی	۲۸ تا ۱ روزگی	۳۵ تا ۱ روزگی	۴۰ تا ۱ روزگی
صفر درصد ذرت فراوری شده	۱۵۴	۳۹۵	۸۶۷	۱۶۴۳	۲۵۸۸	۳۳۹۹
۲۵ درصد ذرت فراوری شده	۱۴۷	۳۵۱	۷۷۴	۱۴۸۷	۲۴۸۳	۳۲۸۶
۵۰ درصد ذرت فراوری شده	۱۴۶	۳۴۰	۸۱۱	۱۵۸۵	۲۵۷۰	۳۴۳۳
۷۵ درصد ذرت فراوری شده	۱۵۷	۳۷۷	۸۲۳	۱۵۷۷	۲۶۱۷	۳۲۸۹
۱۰۰ درصد ذرت فراوری شده	۱۶۴	۳۷۹	۸۳۱	۱۵۵۸	۲۵۸۹	۳۵۳۴
خطای استاندارد میانگین	۷/۰	۱۲/۵	۳۸/۰	۱۵/۸	۷۱/۸	۱۱۰/۲
سطح معنی داری						
کل تیمارها	۰/۱۰۹	۰/۰۰۱	۰/۲۳۷	۰/۰۲۳	۰/۳۴۴	۰/۲۳۶
خطی	۰/۰۷۳	۰/۸۵۸	۰/۷۸۴	۰/۰۲۳	۰/۳۴۴	۰/۲۳۶
درجه دوم	۰/۰۴۸	<۰/۰۰۱	۰/۰۹۹	۰/۱۴۴	۰/۵۲۴	۰/۱۷۳

در آزمایشی اکسپند کردن ذرت سبب کاهش مصرف خوراک شد، اما در تحقیقی دیگر اکسپند کردن ذرت اثری بر مصرف خوراک نداشت (Massuquetto et al., 2020; Çolak & Cufadar, 2018) که با نتایج طرح حاضر که از چندین روش برای فراوری ذرت استفاده شد، در برخی سنین مطابق داشت. فراوری تخمیری (حاصل از میکروارگانیزم‌ها) ذرت برخلاف نتایج طرح حاضر، سبب افزایش مصرف خوراک در جوجه گوشتی شد (Ali, 2019). همچنین اکستروژن کردن کنجاله سویا سبب افزایش مصرف خوراک شد (Jahanian & Rasouli, 2016)، اما اکستروژن کردن با قلا عکس کنجاله سویا کاهش مصرف خوراک

در جوجه‌های گوشتی موجب شد (Hejdysz *et al.*, 2019). میکرونیزه کردن آفتابگردان، کتان و کاملینا، تأثیری بر مصرف خوراک جوجه گوشتی نداشت (Zajac *et al.*, 2021). با وجود این، در مطالعه حاضر استفاده از سطوح افزایشی ذرت فراوری شده در تمام طول دوره پرورش به طور مشابهی اثرگذار نبود و در انتهای دوره تولید تأثیری در مقایسه با ذرت فراوری نشده (ذرت معمولی) مشاهده نشد و اثر افزایش ذرت فراوری شده بر کاهش مصرف خوراک در سن‌های مختلف ممکن است ناشی از دریافت مواد مغذی بیشتر توسط پرنده در اثر مصرف ذرت چند مرحله فراوری شده باشد.

در خصوص ضریب تبدیل خوراک (جدول ۴) استفاده سطوح افزایشی ذرت چند مرحله فراوری شده از ابتدای دوره تا ۳۵ روزگی به صورت درجه دوم اثر معنی داری ($P < 0.05$) نشان داد.

جدول ۴- اثر جیره‌های آزمایشی بر ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی

تیمار	۱ تا ۷ روزگی	۱ تا ۱۴ روزگی	۱ تا ۲۱ روزگی	۱ تا ۲۸ روزگی	۱ تا ۳۵ روزگی	۱ تا ۴۰ روزگی
صفر درصد ذرت فراوری شده	۱/۰۵	۱/۳۰	۱/۴۴	۱/۵۶	۱/۷۱	۱/۸۲
۲۵ درصد ذرت فراوری شده	۰/۹۹	۱/۱۲	۱/۲۹	۱/۴۵	۱/۵۹	۱/۷۶
۵۰ درصد ذرت فراوری شده	۰/۹۷	۱/۱۰	۱/۳۰	۱/۴۹	۱/۶۴	۱/۷۸
۷۵ درصد ذرت فراوری شده	۱/۰۲	۱/۲۰	۱/۳۶	۱/۴۵	۱/۵۷	۱/۶۷
۱۰۰ درصد ذرت فراوری شده	۱/۱۰	۱/۲۶	۱/۴۳	۱/۵۲	۱/۶۴	۱/۷۹
خطای استاندارد میانگین	۰/۰۴۰	۰/۰۱۸	۰/۰۷۱	۰/۰۴۶	۰/۰۱۵	۰/۰۵۰
سطح معنی داری						
کل تیمارها	۰/۹۳	۰/۰۰۱	۰/۰۸۸	۰/۰۷۴	۰/۰۱۸	۰/۱۶۴
خطی	۰/۲۲۳	۰/۹۸۴	۰/۷۰۸	۰/۵۱۷	۰/۰۶۵	۰/۲۷۶
درجه دوم	۰/۰۱۲	<۰/۰۰۱	۰/۰۱۰	۰/۰۱۷	۰/۰۲۳	۰/۱۳۵

در آزمایشی فراوری ذرت به روش اکسپند سبب کاهش ضریب تبدیل خوراک در جوجه گوشتی شد (Massuquetto *et al.*, 2020; Çolak & Cufadar, 2018). اما اکسترود کردن ذرت بر ضریب تبدیل خوراک تأثیری نداشت (Ljubojević *et al.*, 2011). اکسترود کردن کنجاله سویا و باقلا همانند اکسپند کردن ذرت سبب کاهش ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی شد (Jahanian & Rasouli, 2016; Hejdysz *et al.*, 2019). همچنین استفاده از فراوری تخمیری (حاصل از میکروارگانیسم‌ها) در گندم و جو کاهش ضریب تبدیل خوراک موجب شد، اما در ذرت و یولاف تأثیری بر ضریب تبدیل خوراک در جوجه گوشتی نداشت (Ali, 2019; Yaşar *et al.*, 2016). همچنین میکرونیزه کردن آفتابگردان، کتان و کاملینا عکس ذرت و یولاف تخمیری سبب کاهش ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی شد (Zajac *et al.*, 2021). با وجود این، فراوری اقلام خوراکی با توجه به مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر سبب کاهش ضریب تبدیل خوراک شد و با نتایج مطالعه حاضر در برخی از سنین دوره پرورش هماهنگ می‌باشد و این ممکن است ناشی از کاهش مصرف و دریافت مواد مغذی بیشتر توسط پرنده، افزایش وزن و بهبود ضریب تبدیل در اثر استفاده سطوح افزایشی ذرت باشد.

در خصوص صفات لاشه (جدول ۵) اثر معنی‌دار سطوح افزایشی ذرت چند مرحله فراوری شده بر وزن نسبی سینه به صورت خطی و درجه دوم و حفره شکمی به صورت درجه دوم مشاهده شد ($P < 0.05$). بر سایر اندام‌ها از جمله قلب، طحال، بورس، سنگدان و پیش‌معه سطوح افزایشی ذرت چند مرحله فراوری شده اثر معنی‌داری نداشت.

جدول ۵- اثر جیره‌های آزمایشی بر بازده لاشه، وزن نسبی اجزای لاشه و برخی از اندام‌های داخلی (درصد نسبت به وزن بدن) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۰ روزگی

تیمار	بازده لاشه	سینه	ران	چربی حفره بطنی	کبد	قلب	طحال	بورس	سنگدان	پیش‌معه
صفر درصد ذرت فراوری شده	۶۹/۶	۲۰/۶	۲۱/۳	۰/۹۳	۲/۶۱	۰/۵۸۱	۰/۰۹۹	۰/۲۱۹	۲/۷۳	۰/۴۳۹
۲۵ درصد ذرت فراوری شده	۶۹/۳	۲۰/۶	۲۰/۱	۱/۳۹	۲/۳۲	۰/۵۷۴	۰/۰۹۷	۰/۱۹۳	۲/۸۵	۰/۴۵۷
۵۰ درصد ذرت فراوری شده	۶۸/۷	۱۹/۶	۲۰/۶	۱/۳۵	۲/۶۶	۰/۶۴۷	۰/۱۳۵	۰/۲۱۰	۲/۹۹	۰/۴۴۴
۷۵ درصد ذرت فراوری شده	۶۹/۷	۲۱/۱	۲۰/۶	۱/۰۴	۲/۶۴	۰/۶۱۲	۰/۱۰۱	۰/۱۸۲	۲/۶۸	۰/۴۹۹
۱۰۰ درصد ذرت فراوری شده	۷۱/۳	۲۴/۰	۲۰/۷	۱/۲۱	۲/۴۵	۰/۶۵۶	۰/۰۸۹	۰/۲۲۰	۲/۶۷	۰/۴۹۵
خطای استاندارد میانگین	۲/۱۴	۰/۳۱	۰/۸۰	۰/۱۳۹	۰/۰۶۱	۰/۰۵۰	۰/۰۱۴	۰/۰۲۱	۰/۲۹۵	۰/۰۵۶
سطح معنی داری										
کل تیمارها	۰/۸۳۹	۰/۰۰۲	۰/۷۸۱	۰/۰۲۷	۰/۰۹۱	۰/۵۰۱	۰/۱۵۵	۰/۵۸۳	۰/۸۵۶	۰/۵۱۹
خطی	۰/۴۵۹	۰/۰۰۲	۰/۷۸۱	۰/۵۴۸	۰/۹۸۶	۰/۱۴۱	۰/۶۶۴	۰/۸۷۷	۰/۶۸۵	۰/۱۲۶
درجه دوم	۰/۲۸۱	۰/۰۱۰	۰/۳۸۰	۰/۰۵۰	۰/۶۵۲	۰/۹۴۰	۰/۰۶۳	۰/۲۶۸	۰/۴۲۲	۰/۸۳۸

در آزمایشی تاثیر فراوری حرارتی ذرت (در دماهای ۵۵، ۷۰ و ۸۵ به مدت ۱۵۰ ثانیه) در جوجه گوشتی بررسی شد و نتایج آن حاکی از عدم تأثیرگذاری آن بر وزن نسبی لاشه، ران‌ها، سینه، کبد، قلب، طحال، بورس، چربی شکمی، سنگدان و پیش‌معه بود (Tiemouri et al., 2021). همچنین اکسپند کردن ذرت وزن لاشه را بهبود داده و بر وزن سینه و ران و چربی شکمی تأثیری نداشت (Massuquetto et al., 2020). در پژوهش دیگر، فراوری کنجاله سویا به روش اکسترودر بر وزن لاشه، ران و سینه تأثیری نداشت، اما سبب افزایش چربی حفره شکمی شد (Jahani & Rasouli, 2016). فراوری سویا به روش‌های اکسترودر، اشعه گاما و حرارت دادن (بررسی اثر هر فراوری به طور جداگانه)، تأثیری بر وزن زنده، وزن نسبی سینه، ران، کبد، طحال نداشت (Lehmali & Jafari, 2020). با این حال فراوری تخمیری گندم (تخمیر توسط باسیلوس سوبتیلیس و لاکتوباسیلوس پلاننتاروم) وزن نسبی لاشه و سینه را در جوجه گوشتی بهبود داد، اما تأثیری بر وزن ران‌ها نداشت (Sarreshtehdar et al., 2020). فراوری تخمیری کنجاله سویا تأثیری بر وزن نسبی لاشه، سینه، چربی حفره شکمی نداشت، اما در مقایسه با تیمار کنترل سبب کاهش وزن نسبی ران شد (Guo et al., 2020). فراوری دانه جو (پروتئینی با میکروویو و افزودن آنزیم بتاگلوکاناز) سبب افزایش نسبی چربی شکمی، سنگدان و کاهش وزن نسبی عضله ران در جوجه‌های گوشتی شد (Karimi et al., 2016). با وجود این مقایسه فراوری چند مرحله‌ای ذرت در طرح حاضر و نتایج بدست آمده از مطالعات پیشین (فراوری تک مرحله‌ای) نشان داد، نتایج در برخی از اجزا لاشه و اندام‌های داخلی با طرح حاضر مطابقت داشت، که این ممکن است ناشی از استفاده از اقلام خوراکی متفاوت و استفاده از تنها یک روش برای فراوری اقلام خوراکی باشد.

استفاده از سطوح افزایشی ذرت فراوری شده بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون (جدول ۶) از جمله کلسترول، تری‌گلیسرید، HDL، پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین و LDL تأثیر معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). در آزمایشی استفاده از کنجاله سویا اکسترودر شده تأثیری بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون در جوجه گوشتی نداشت (Taslimi et al., 2021)، که این با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت. استفاده از فراوری تخمیری که یکی از فراوری‌های مورد استفاده در طرح اخیر است در اقلام متفاوت از جمله کنجاله سویا تخمیری در جوجه گوشتی سبب افزایش کلسترول، پروتئین کل و HDL شد، اما تأثیری بر تری‌گلیسرید و آلبومین نداشت (Sembratowicz et al., 2020). در پژوهشی استفاده از کنجاله کلزا تخمیری سبب افزایش پروتئین کل، آلبومین و کاهش تری‌گلیسرید در جوجه گوشتی شد (Hu et al., 2016). استفاده از کنجاله کلزا تخمیری تأثیری بر فراسنجه‌های

بیوشیمیایی خون نداشت (Wu et al., 2022). استفاده از کنجاله پنبه دانه تخمیری در مقایسه با کنجاله پنبه دانه بدون تخمیر در جوجه گوشتی در ۴۲ روزگی سبب افزایش پروتئین کل، آلبومین و کاهش تری گلیسرید شد (Wang et al., 2017). همچنین فراوری دانه جو (پرتوتابی با میکروویو و افزودن آنزیم بتاگلوکاناز) باعث افزایش کلسترول، LDL و HDL سرم خون در جوجه گوشتی شد (Karimi et al., 2016).

جدول ۶- اثر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون

تیما	کلسترول	تری گلیسرید	HDL ^۸	پروتئین کل	آلبومین	گلوبولین	LDL ^۷
(mg/dL)	(mg/dL)	(mg/dL)	(mg/dL)	(g/dL)	(g/dL)	(g/dL)	(mg/dL)
صفر درصد ذرت فراوری شده	۱۰۸	۱۱۹	۴۵/۶	۳/۳۷	۱/۴۷	۱/۹	۶۲/۷
۲۵ درصد ذرت فراوری شده	۱۰۹	۹۴	۴۹/۱	۳/۳۷	۱/۲۷	۲/۰	۶۰/۲
۵۰ درصد ذرت فراوری شده	۹۵	۱۲۳	۴۳/۴	۳/۰۳	۱/۲۳	۱/۸	۴۸/۶
۷۵ درصد ذرت فراوری شده	۱۰۳	۱۲۵	۴۲/۲	۳/۲۳	۱/۴۷	۱/۸	۶۰/۸
۱۰۰ درصد ذرت فراوری شده	۱۱۴	۱۱۹	۵۲/۱۷	۳/۱۷	۱/۳۳	۱/۸	۶۱/۸
خطای استاندارد میانگین	۱۲/۵	۱۴/۲	۱۷/۰۲	۰/۳۲	۰/۲۳	۰/۲	۱۳/۶
سطح معنی داری							
کل تیمارها	۰/۶۹۱	۰/۳۱۵	۰/۵۵۷	۰/۷۷۴	۰/۴۹۲	۰/۵۶۹	۰/۷۴۸
خطی	۰/۸۷۳	۰/۳۸۶	۰/۶۵۱	۰/۴۷۷	۰/۸۵۸	۰/۲۹۷	۰/۹۶۴
درجه دوم	۰/۲۶۷	۰/۸۰۸	۰/۴۸۴	۰/۴۸۸	۰/۳۷۲	۰/۸۰۵	۰/۳۴۶

استفاده از سطوح افزایشی ذرت چند مرحله فراوری شده بر قابلیت هضم انرژی و پروتئین به طور خطی و درجه دوم اثر معنی داری داشت ($P < 0.05$)، اما سطوح افزایشی ذرت فراوری شده بر قابلیت هضم ماده خشک تأثیر نداشت (جدول ۷). در آزمایشی اکسپند کردن ذرت سبب بهبود قابلیت هضم پروتئین و ماده خشک شد (Massuquetto et al., 2020). همچنین اکستروژن کردن کنجاله سویا قابلیت هضم پروتئین را بهبود داد (Jahanian & Rasouli, 2016). اما فراوری حرارتی گندم (۵۵-۸۵ درجه سانتی گراد) بر قابلیت هضم پروتئین و ماده خشک تأثیری نداشت (Salavati et al., 2021). با وجود این نتایج قابلیت هضم مواد مغذی در برخی از مطالعات انجام شده، با در نظر گرفتن اقلام و فراوری‌های متفاوت (تک مرحله‌ای) با طرح آزمایشی حاضر (فراوری چند مرحله‌ای) همسو بوده است. اما مطالعه حاضر نشان داد، استفاده از سطوح افزایشی ذرت چند مرحله فراوری شده بر قابلیت هضم اثر مثبت داشته و جیره حاوی ۷۵ درصد ذرت فراوری شده بهترین نتیجه را نشان می‌دهد، که این با نتایج ضریب تبدیل خوراک و وزن بدن در مقطع ۳۵ روزگی هماهنگ می‌باشد.

^۷. Low-density lipoprotein

^۸. high-density lipoprotein

جدول ۷- اثر جیره‌های آزمایشی بر قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه گوشتی

تیمار	پروتئین	ماده خشک	انرژی
صفر درصد ذرت فراوری شده	۶۷/۴	۹۲/۹	۶۷/۴
۲۵ درصد ذرت فراوری شده	۶۹/۳	۹۳/۳	۶۹/۳
۵۰ درصد ذرت فراوری شده	۷۰/۸	۹۲/۹	۷۰/۸
۷۵ درصد ذرت فراوری شده	۷۸/۸	۹۴/۳	۷۸/۸
۱۰۰ درصد ذرت فراوری شده	۷۱/۸	۹۲/۸	۷۱/۸
خطای استاندارد میانگین	۰/۱۸	۰/۹۸	۰/۱۸
سطح معنی داری			
کل تیمارها	<۰/۰۰۱	۰/۴۳۳	<۰/۰۰۱
خطی	<۰/۰۰۱	۰/۶۶۹	<۰/۰۰۱
درجه دوم	<۰/۰۰۱	۰/۳۷۰	<۰/۰۰۱

با توجه به جدول (۸) استفاده از سطوح افزایشی ذرت چند مرحله فراوری شده اثر معنی‌داری بر تولید آنتی‌بادی کل و میزان ایمونوگلوبین G (IgG)، ایمونوگلوبین M (IgM) علیه گلبول قرمز گوسفندی و تیترا نیوکاسل نداشت ($P>0.05$) و تنها بر تیترا آنفلوآنزا به صورت خطی و درجه دوم اثر معنی‌دار ($P<0.05$) داشت. مطالعات اندکی در زمینه اثر فراوری اقلام خوراکی به‌ویژه ذرت بر ایمنی در جوجه گوشتی انجام شده، اما بررسی اثر کنجاله کلزای تخمیری بر ایمنی حاکی از عدم اثرگذاری آن بر ایمونوگلوبین G و M بود (Wu et al., 2022). در پژوهش دیگر استفاده از کنجاله پنبه دانه با و بدون تخمیر بر ایمنی در سن ۲۱ روزگی، سبب افزایش ایمونوگلوبین G و کاهش ایمونوگلوبین M در جوجه گوشتی شد، اما در سن ۴۲ روزگی تنها افزایش ایمونوگلوبین M موجب شد (Wang et al., 2017). همچنین استفاده از کنجاله سویای تخمیری در بوقلمون، نشانگر کاهش ایمونوگلوبین G و ایمونوگلوبین M بود (Chachaj et al., 2019).

جدول ۸- اثر جیره‌های آزمایشی بر تولید آنتی‌بادی کل و میزان ایمونوگلوبین G و ایمونوگلوبین M علیه گلبول قرمز گوسفندی و تیترا آنفلوآنزا و نیوکاسل

تیترا آنتی‌بادی علیه تزریق واکسن		تیترا آنتی‌بادی علیه گلبول قرمز گوسفندی			
نیوکاسل	آنفلوآنزا	IgM	IgG	آنتی بادی کل	تیمار
تیترا برحسب لگاریتم در مبنای ۲					
۶/۶۷	۲/۶۷	۲/۵۰	۶/۰۰	۸/۵۰	صفر درصد ذرت فراوری شده
۶/۳۳	۲/۳۳	۳/۲۰	۶/۰۰	۹/۲۰	۲۵ درصد ذرت فراوری شده
۶/۳۳	۲/۰۰	۲/۷۵	۶/۰۰	۸/۷۵	۵۰ درصد ذرت فراوری شده
۶/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۵/۷۵	۸/۷۵	۷۵ درصد ذرت فراوری شده
۶/۰۰	۶/۰۰	۳/۲۰	۵/۶۰	۸/۸۰	۱۰۰ درصد ذرت فراوری شده
۱/۱۵	۰/۵۷۷	۱/۱۱	۰/۵۷۷	۱/۰۳	خطای استاندارد میانگین
سطح معنی داری					
۰/۹۳۶	۰/۰۱۷	۰/۹۶۰	۰/۹۸۱	۰/۹۸۶	کل تیمارها
۰/۴۲۷	۰/۰۰۹	۰/۵۰۵	۰/۷۱۰	۰/۹۵۷	خطی
۰/۸۹۱	۰/۰۱۴	۰/۷۷۰	۰/۹۳۴	۰/۸۰۲	درجه دوم

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از سطح ۷۵ درصد ذرت فراوری شده تاثیری خوبی بر ضریب تبدیل خوراک در یک تا ۳۵ روزگی داشت و بالاترین قابلیت هضم مواد مغذی نیز با سطح ۷۵ درصد ذرت فراوری شده مشاهده شد. با این حال در خصوص صفات لاشه (سینه) و ایمنی (تیترا آنتی بادی علیه آنفلوآنزا) سطح ۱۰۰ درصد ذرت فراوری شده در مقایسه با سایر سطوح اثرات بهتری را نشان داد.

سپاس گذاری

از همکاری شرکت اکسیر پویای هیراد به خاطر تامین منابع مالی این پروژه، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم. این همکاری ارزشمند نقش مهمی در پیشرفت تحقیق و دستیابی به اهداف پروژه داشته است.

منابع

- پوررضا، جواد (۱۳۹۲). *اصول علمی و عملی پرورش طیور*. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد اصفهان، اصفهان، ایران.
- تیموری، محسن؛ حسن آبادی، احمد؛ نصیری مقدم، حسن؛ و گلیان، ابوالقاسم (۱۴۰۰). تعیین انرژی قابل متابولیسم ذرت فرآوری شده در دماهای مختلف و اثر آن در جیره‌های با و بدون مکمل آنزیمی بر عملکرد رشد و مورفولوژی روده کوچک جوجه های گوشتی در دوره ۲۴-۱ روزگی. *پژوهش‌های علوم دامی ایران*. ۱۱۳(۳): ۳۸۸-۳۶۹.
- سرشته‌دار، فروزان؛ متقی طلب، مجید؛ شناور، علیرضا؛ و درمانی کوهی، حسن (۱۳۹۹). عملکرد، کیفیت لاشه و ریخت‌شناسی روده جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با گندم خام یا تخمیر شده با باسیلوس سوبتیلیس و لاکتوباسیلوس پلاننتاروم. *نشریه علوم دامی ایران*. ۵۱(۴): ۲۸۳-۲۷۵.
- صلواتی، سیدمحمدرضا؛ حسن آبادی، احمد؛ تیموری، محسن؛ و سالاری، علی اکبر (۱۴۰۰). بررسی تاثیر استفاده از گندم فرآوری شده با حرارت در جیره بر عملکرد جوجه‌های گوشتی. *تولیدات دامی*. ۲۳(۲): ۲۶۷-۲۵۵.
- فتحی، محمد حسن (۱۳۹۰). *ارزیابی جامع خوراک های دام و طیور*. چاپ اول انتشارات آبیژ تهران.
- کریمی، کاظم؛ گنجی، پیمان؛ و رضایی پور، وحید (۱۳۹۵). مقایسه اثرات دو شیوه فرآوری دانه جو (پرتوتایی با مایکروویو و افزودن آنزیم) بر راندمان رشد صفات لاشه و فراسنجه‌های خونی در جوجه‌های گوشتی. *پژوهش‌های علوم دامی* ۷(۱۴): ۶۰-۵۲.
- کرمانشاهی، حسن؛ عطار، امیر؛ عباسی‌پور، علیرضا؛ و بیات، عصمت (۱۳۹۳). *راهنمای جامع تکنولوژی و فراوری خوراک دام، طیور و آبزیان*. تالیف، چاپ اول، انتشارات تهران ترجمان خرد.

Ali, J. H. (2019). Effect of Corn Fermented by *Saccharomyces cerevisiae* in Diets on Production Performance of Broiler Chicks. *J Pure Appl Microbiol*, 13(2), 1025-1030.

Ambrose, C. T., & Donner, A. (1973). Application of the analysis of variance to hemagglutination titrations. *Journal of immunological methods*, 3(2), 165-209.

Chachaj, R., Sembratowicz, I., Krauze, M., Stępniewska, A., Rusinek-Prystupa, E., Czech, A., ... & Ognik, K. (2019). The effect of fermented soybean meal on performance, biochemical and immunological blood parameters in turkeys. *Annals of animal science*, 19(4), 1035-1049.

Çolak, A., & Cufadar, Y. (2018). The Effect of Rations Containing Different Levels of Expanded Corn on Performance in Broiler. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(3), 412-414.

- Delhanty, J. J., & Solomon, J. B. (1966). The nature of antibodies to goat erythrocytes in the developing chicken. *Immunology*, 11(2), 103.
- Guo, S., Zhang, Y., Cheng, Q., Xu, J., Hou, Y., Wu, X., ... & Ding, B. (2020). Partial substitution of fermented soybean meal for soybean meal influences the carcass traits and meat quality of broiler chickens. *Animals*, 10(2), 225.
- Hejdysz, M., Kaczmarek, S. A., Kubiś, M., Adamski, M., Perz, K., & Rutkowski, A. (2019). The effect of faba bean extrusion on the growth performance, nutrient utilization, metabolizable energy, excretion of sialic acids and meat quality of broiler chickens. *animal*, 13(8), 1583-1590.
- Jahanian, R., & Rasouli, E. (2016). Effect of extrusion processing of soybean meal on ileal amino acid digestibility and growth performance of broiler chicks. *Poultry science*, 95(12), 2871-2878.
- Jin, S., Chen, S., Li, H., Lu, Y., Zhang, D., Ji, C., ... & Yang, N. (2013). Polymorphisms in the transforming growth factor $\beta 3$ gene and their associations with feed efficiency in chickens. *Poultry science*, 92(7), 1745-1749.
- Khalifeh, M. S., Amawi, M. M., Abu-Basha, E. A., & Yonis, I. B. (2009). Assessment of humoral and cellular-mediated immune response in chickens treated with tilmicosin, florfenicol, or enrofloxacin at the time of Newcastle disease vaccination. *Poultry Science*, 88(10), 2118-2124.
- Lehmali, I. F., & Jafari, M. A. (2020). Soybean processing effects on the performance, carcass traits, and blood metabolites of broiler chickens. *Indian J. Anim. Sci*, 90, 1134-1139.
- Ljubojević, D. B., Milošević, N., Bjedov, S., & Stanaćev, V. (2011). The nutritive value of extruded corn in nutrition of broiler chickens. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(4), 1733-1740.
- Massuquetto, A., Durau, J. F., Barrilli, L. N. E., Dos Santos, R. O. F., Krabbe, E. L., & Maiorka, A. (2020). Thermal processing of corn and physical form of broiler diets. *Poultry Science*, 99(6), 3188-3195.
- Rodriguez, M. L., Ortiz, L. T., Alzueta, C., Rebole, A., & Trevino, J. (2005). Nutritive value of high-oleic acid sunflower seed for broiler chickens. *Poultry science*, 84(3), 395-402.
- Sembratowicz, I., Chachaj, R., Krauze, M., & Ognik, K. (2020). The effect of diet with fermented soybean meal on blood metabolites and redox status of chickens. *Annals of Animal Science*, 20(2), 599-611.
- Taslimi, K., Jafarikhoshidi, K., Irani, M., & Kioumars, H. (2021). The Effect of Substitution of Extruded Soybean Meal (ESM) on Growth Performance, Carcass Characteristics, Immune Responses, Biochemical Variables of Blood, and Nutrient Digestibility of Ileal in Broiler Chickens. *South Asian Res J Agri Fish*, 3(3), 40-51.
- Wu, Z., Chen, J., Ahmed Pirzade, S., Haile, T. H., Cai, H., & Liu, G. (2022). The effect of fermented and raw rapeseed meal on the growth performance, immune status and intestinal morphology of broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 106(2), 296-307.
- Wang, Y., Deng, Q., Song, D., Wang, W., Zhou, H., Wang, L., & Li, A. (2017). Effects of fermented cottonseed meal on growth performance, serum biochemical parameters, immune functions, antioxidative abilities, and cecal microflora in broilers. *Food and Agricultural Immunology*, 28(4), 725-738.
- YAŞAR, S., GÖK, M. S., & GÜRBÜZ, Y. (2016). Performance of broilers fed raw or fermented and redried wheat, barley, and oat grains. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 40(3), 313-322.
- Zajac, M., Kiczorowska, B., Samolińska, W., Kowalczyk-Pecka, D., Andrejko, D., & Kiczorowski, P. (2021). Effect of inclusion of micronized camelina, sunflower, and flax seeds in the broiler chicken diet on performance productivity, nutrient utilization, and intestinal microbial populations. *Poultry Science*, 100(7), 101118.

Extend Abstract

Introduction

Corn is widely regarded as an excellent energy source in poultry diets due to its abundant starch and oil content. As the most palatable cereal grain, it is frequently used as a benchmark for assessing the nutritional value of other grains. To enhance feed quality and nutrient availability, numerous processing methods are applied, including washing, soaking, cracking, grinding, drying, heat treatment, rolling, pelleting, and fermentation. These techniques whether physical, chemical, or microbiological can improve nutritional properties, extend shelf life, and impact production costs depending on the method employed. Research on broiler chickens has revealed that certain processing techniques, such as expansion and extrusion, do not significantly influence body weight, whereas fermented corn has been linked to increased weight gain. While feed conversion ratio (FCR) remains unaffected by extrusion and fermentation, it has been shown to improve with the use of expanded corn. Processing other feed components has yielded varied results: for example, extruded soybean meal and faba beans have been shown to enhance growth performance and reduce FCR, whereas micronized sunflower, flaxseed, camelina, and extruded faba beans have not demonstrated a significant effect on body weight. In contrast to previous studies that examined the impact of individual processing methods, but the present study explores the effects of multiple processing techniques, including fermentation, cooking and infrared irradiation application on corn, used at different inclusion levels (0%, 25%, 50%, 75%, and 100%). The objective is to assess their combined influence on broiler growth performance, immune response, and nutrient digestibility, offering a more holistic comparison to earlier research.

Materials and Methods

In this study, 750 Arian broiler chickens were used in a completely randomized design with five treatments, five replicates and 30 chicks per each replicate from 1 to 40 d of age. The experimental treatments contained 0, 25, 50, 75 and 100% processed corn instead of unprocessed corn in the diet. The processed corn was prepared prior to this experiment through several processing steps, including fermentation, cooking and infrared irradiation. All diets were formulated based on the recommendations of the Arian guideline and were nutritionally identical.

Results and Discussion

The results indicated that using processed corn throughout the entire growth period (1 to 40 d of age) had no significant effect on growth performance, carcass characteristics, blood biochemical parameters, or antibody titers against sheep red blood cells and Newcastle disease. Nevertheless, observations at specific time points indicated that gradually increasing the level of processed corn in the diet improved body weight (linear), which was likely influenced by the age of the birds. Notably, as the birds age, their digestive systems developed and digestion improve, reducing the need for processed corn toward the end of the rearing period. This improvement in digestive function was also reflected in the results related to nutrient digestibility. The FCR was improved quadratically at 35 d age, likely due to reduced feed intake and more efficient nutrient absorption, leading to higher weight. Increased feed intake between 1-28 d of age was likely a result of greater nutrient absorption from the higher processed corn levels. Additionally, the inclusion of processed corn resulted in higher relative breast weight (linear and quadratic). The ileal digestibility of crude protein and energy, and antibody titers against avian influenza were increased linearly and quadratically with higher levels of processed corn in the diet. The 75% processed corn replacement showed the most significant improvements across all parameters compared to the other levels.

Conclusion

Overall, corn processing had a beneficial effect on growth performance just at certain stages of the growing period, and replacing 75% unprocessed corn with processed corn showed better results than other replacements.