تاثیر پودر پر آب‌کافت قلیائی بر عملکرد، برخی صفات مورفولوژی روده و اکسیداسیون گوشت جوجه‌های گوشتی آرین در دوره رشد و پایانی

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر عملکرد، مورفولوژی روده، پراکسیداسیون گوشت جوجه‌های گوشتی آرین از سن ۱۵ – ۴۲ روزگی انجام گردید. تعداد ۴۸۰ قطعه جوجه یک روزه مخلوط دو جنس (نسبت برابر) به صورت تصادفی بین ۲۴ پن توزیع شدند. تیمارهای مورد استفاده، چهار عدد و شش تکرار به ازای هر تیمار و ۲۰ قطعه جوجه به ازای هر تکرار بودند. جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف ۰، ۲، ۴ و ۵ درصد پودر پر بود. به کار بردن چهار و پنج درصد پودر پر در دوره رشد، منجر به کاهش وزن‌گیری و افزایش ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با گروه شاهد گردید. سطح پنج درصد مصرف خوراک را در دوره رشد افزایش داد (P<۰/۰۵). در کل دوره سطح چهار درصد پودر پر، افزایش وزن بدن را در مقایسه با شاهد کاهش داد و مصرف خوراک در گروه دو درصد پودر پر کاهش یافت (P<۰/۰۵). ضریب تبدیل غذایی در کل دوره تفاوتی نداشت. ارتفاع پرز ژژونوم در همه سطوح و ایلئوم در سطوح چهار و پنج درصد پودر پر کاهش و تراکم سلول‌های جامی در سطح پنج درصد افزایش یافت (P<۰/۰۵). با افزایش سطح پودر پر غلظت مالون دی‌آلدئید در گوشت سینه و ران تازه کاهش پیدا کرد به نحوی که گروه دریافت‌کننده پنج درصد پودر پر کمترین غلظت مالون دی‌آلدئید را داشت (P<۰/۰۱). سطح پنج درصد پودر پر رطوبت بستر را کاهش داد (P<۰/۰۵) و سطوح پودر پر بر غلظت آمونیاک بستر اثر نداشت. تاثیر تیمار سطوح پودر پر آب‌کافت قلیائی بر هیچ کدام از شاخص‌های تلفات، شاخص کارایی تولید و هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم وزن زنده معنی‌دار نشدند. به عنوان نتیجه‌گیری کلی، در جوجه‌های گوشتی آرین با استفاده از پودر پر آب‌کافت قلیائی وزن بدن کاهش و ضریب تبدیل غذایی افزایش یافت در حالیکه میزان تلفات و شاخص کارایی تولید تغییر نداشت، اما موجب بهبود پایداری اکسیداتیو گوشت شد.

کلیدواژه‌ها : پودر پر آب‌کافت قلیائی، جوجه‌گوشتی، کیفیت بستر

Effect of Alkaline Hydrolyzed Feather Meal on Performance, Intestinal Morphology, and Meat Oxidation of Arian Broiler Chickens

This study was conducted to investigate the effect of different levels of alkaline hydrolyzed feather meal (**AHFM**) on the performance, intestinal morphology, and meat oxidation of Arian broiler chickens from d 15 to 42. A total of 480 one-day-old chickens of two sexes (equal ratio) were randomly distributed among 24 pens (20 chicks per experimental unit). The four experimental diets contained different levels of feather meal (0, 2, 4, and 5 %), which were replicated six times. During the grower period, daily weight gain decreased and the feed conversion ratio increased at 4 and 5 % AHFM levels (P<0.05), also feed intake increased in birds fed on a 5 % AHFM diet (P<0.05). In the overall experimental period feeding 4 % AHFM decreased the body weight gain compared to control (P<0.05) and the feed intake was reduced in birds fed on 2 % AHFM (P<0.05). The feed conversion ratio has not been influenced by the level of AHFM 15-42 d. Diets with AHFM decreased the jejunum villi height, while this reduction in the ileum was observed at 4 and 5 % AHFM, and goblet cell density increased at 5 % AHFM (P<0.05). With the increase in the level of AHFM, the concentration of malondialdehyde in fresh breast, and thigh meat decreased so that the group receiving five percent of AHFM had the lowest concentration of malondialdehyde (P<0.01). The level of 5 % AHFM reduced the litter moisture (P<0.05) and the levels of AHFM did not affect the concentration of the litter ammonia. None of the mortality, production efficiency index, and feed cost per kilogram of live weight were significantly affected by experimental treatments. As a general conclusion, the use of AHFM reduced the body weight and increased the feed conversion ratio of Arian

broilers without affecting the mortality rate and production efficiency index, although meat oxidative stability improved.
Keywords: Alkaline Hydrolyzed Feather Meal, Broiler Chicken, Litter Quality.

مقدمه

صنعت طیور به دلیل اینکه نقش مهمی در تولید محصولاتی مانند تخم مرغ و گوشت دارد به سرعت در حال رشد می‌باشد (Thornton, 2010). این افزایش سرعت تولید و رشد صنعت طیور منجر به تولید محصولات جانبی مانند سر، پا، استخوان، پوست، پر و غیره می‌شود که برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست، این محصولات جانبی باید به درستی مدیریت شوند (Lasekan *et al.*, 2013). یکی از محصولات جانبی صنعت طیور که به میزان زیادی تولید می‌گردد، پر می‌باشد و از آن‌جایی که پر ۷–۵ درصد وزن زنده مرغ را تشکیل می‌دهد، عدم مدیریت این محصول به دلیل داشتن مقادیر بالای اسیدهای آمینه سیستئین، آرژنین، گلیسین و فنیل آلانین ضمن هدر رفت، می‌تواند باعث آلودگی گردد (Kumar *et al.*, 2012).

پروتئین موجود در پر، کراتین می‌باشد که دارای تعداد زیاد پیوندهای دی‌سولفیدی می‌باشد و از ۹۱ درصد بتاکراتین ساخته شده است. وجود پیوندهای دی‌سولفیدی به کراتین خاصیت مقاومت شیمیایی و مکانیکی بالا می‌دهد که می‌تواند در برابر آنزیم‌های پروتئولیتیک مانند تریپسین، پپسین و غیره مقاومت کند و از بدن دفع گردد (Suntornsuk & Suntornsuk, 2003). برای افزایش قابلیت هضم پر می‌توان از روش‌های فرآوری مانند هیدرولیز فیزیکی (Poel & El-Boushy, 1990)، هیدرولیز شیمیایی (Krilova & Popov, 1983) ، بویژه هیدرولیز قلیائی (Coward-Kelly *et al.*, 2006) و فرآوری بیولوژیکی – آنزیمی (Sharma & Rajak, 2003) استفاده کرد.

از روش هیدرولیز قلیائی کراتین پر می‌توان به دلیل عدم نیاز به دما و فشار بالا، زمان نسبتا کوتاه، عدم نیاز به تجهیزات تخصصی تحت فشار، قیمت مناسب و فراوانی هیدروکسید سدیم در کشور و عدم سمیت و استفاده متداول هیدروکسید سدیم در صنایع غذایی استفاده کرد. علیرغم چندین دهه استفاده از پودر پر متداول (فراوری شده با حرارت مرطوب و فشار) در تغذیه حیوانات اهلی، اطلاعات بسیار اندکی از مصرف خوراکی پودر پر آب‌کافت قلیائی در جوجه‌های گوشتی وجود دارد (Atabak *et al.*, 2021) و هیچ داده‌ای از سطح بهینه پودر پر آب‌کافت قلیائی در تغذیه جوجه‌های گوشتی و بویژه جوجه گوشتی سویه آرین منتشر نشده است.

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر عملکرد، مورفولوژی روده، شاخص‌های اقتصادی، پراکسیداسیون لیپیدی گوشت سینه و ران و کیفیت بستر جوجه‌های گوشتی سویه آرین انجام گردید.

پیشینه پژوهش

۱. پیشینه نظری

محققین برای افزایش قابلیت هضم پر به عنوان یک منبع پروتئینی قابل استفاده به عنوان خوراک از عمل‌آوری به روش‌های مختلف استفاده نموده‌اند تا پیوندهای مستحکم و مقاوم دی‌سولفیدی و هیدروژنی بین اسیدهای آمینه تشکیل دهنده کراتین به عنوان جزء پروتئینی اصلی تشکیل دهنده پر را از بین ببرند. در میان روش‌های تجربه شده روش آب‌کافت قلیائی علیرغم داشتن سابقه طولانی کمتر مورد توجه بوده است (Nagai & Nishikawa, 1970).

محققین تاثیر پپتیدهای زیست‌فعال را بررسی کردند و متوجه شدند که خواص آنتی‌اکسیدانی می‌تواند عمدتا به اسیدهای آمینه پرولین، گلیسین، سیستئین و آرژنین مربوط باشد. پودر پر غنی از اسیدهای آمینه آرژنین و سیستئین است که می‌تواند به واسطه داشتن این اسیدهای آمینه نقش آنتی‌اکسیدانی داشته باشد. به طور کلی فعالیت‌های زیستی هیدرولیزهای پروتئین مربوط به پپتیدهایی با ۲۰-۲ اسیدآمینه و جرم مولی کمتر از ۶ کیلودالتون است (Sarmadi & Ismail, 2010).

۲. پیشینه تجربی

فرآوری با هیدروکسید سدیم نقش مهمی در بهبود ارزش غذایی پر دارد. همچنین روشی مقرون به صرفه برای آماده‌سازی پودر پر است و این روش به دلیل فرآوری در دمای پایین و قابلیت حفظ اسیدهای آمینه حساس به حرارت مانند لیزین از اهمیت بالایی برخوردار است (Naveed *et al*., 2019).

مطالعه در ارتباط با هیدرولیز پر با هیدروکسید سدیم نشان داد که تمام اسیدهای آمینه ضروری به استثنای والین کاهش و اسیدهای آمینه غیرضروری به جز سرین افزایش یافت (Papadopoulos, 1984). با این حال لات شاو (۱۹۹۰)، نتیجه‌گیری کرد که افزایش pH از ۵ به ۹ باعث کاهش سیستئین و متیونین و افزایش لانتیونین می‌شود (Latshaw, 1990). در تحقیقی که ساپو و آلبرت (۲۰۱۸)، انجام دادند از هیدروکسید سدیم برای هیدرولیز کراتین پر استفاده کردند، سیستئین تجزیه شد و ارزش غذایی پرکاهش یافت (Csapó & Albert, 2018).

از روش هیدرولیز فیزیکی برای تجزیه کراتین پر استفاده شده است و این روش برای هیدرولیز پر مناسب نیست زیرا ارزش تغذیه‌ای پر فرآوری شده با این روش پایین است و تجزیه حرارتی بیش از اندازه باعث دناتوره شدن اسیدهای آمینه متیونین، لیزین و تریپتوفان و تشکیل اسیدهای آمینه غیر تغذیه‌ای مانند لیزینوآلانین و لانتیونین می‌شود (Karthikeyan *et al*., 2007).

برای فرآوری بیولوژیکی از میکروارگانیسم‌های کراتینولیتیک و آنزیم کراتیناز آن‌ها استفاده شده است. استفاده از این روش به دلیل آهسته بودن فرآیند هیدرولیز محدودیت دارد. برای هیدرولیز کراتین پر سه تا پنج روز برای واکنش باکتریایی و دو تا چهار هفته برای واکنش قارچی زمان نیاز است (Sharma & Rajak, 2003).

برای هیدرولیز شیمیایی کراتین پر از موادی مانند مرکاپتواستات، یدواستیک اسید، سدیم سولفات و غیره استفاده شده است. این مواد توانایی هیدرولیز کراتین پر به صورت کامل را دارند اما به شدت سمی هستند و مسئله مهم در این رابطه، باقی ماندن این مواد سمی در پر فرآوری شده و کاهش اسیدهای آمینه سیستئین، متیونین و سرین است (Kumar *et al*., 2012).

در تحقیقی پر را به وسیله باکتری *Bacillus subtilis* S1-4 تخمیر کردند و در نهایت یک پپتید با فعالیت آنتی‌اکسیدانی به عنوان Ser-Asn-Leu-Cys-Arg-Pro-Cys-Gly شناسایی کردند. خواص آنتی‌اکسیدانی این پپتید شامل مهار رادیکال‌های آزاد و کاهش قدرت و کیلاسیون Fe^{2+} بود. این پپتید قادر بود Fe^{3+} را به Fe^{2+} به روشی وابسته به دوز کاهش دهد و در نهایت این پپتید قادر است Fe^{2+} را کیلات کند. گزارش شده است که باقی مانده‌های سیستئین دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند زیرا یک گروه Cys-SH در یک پپتید به عنوان یک اهدا کننده هیدروژن موثر به رادیکال‌های آزاد عمل می‌کند. خواص آنتی‌اکسیدانی این پپتید خاص ممکن است به باقی مانده‌های اسیدآمینه خاص مانند پرولین، گلیسین، سیستئین و آرژنین در این پپتید نسبت داده شود که عمدتا فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن به اسیدآمینه سیستئین نسبت داده می‌شود (Wan *et al*., 2016).

روش‌شناسی پژوهش

برای تهیه پودر پر، پرهای خشک شده جوجه‌های گوشتی را با نسبت ۸ گرم هیدروکسید سدیم به ازای هر ۱۰۰ گرم پر خشک و ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مخلوط کرده و با همزن الکتریکی (Einhell, TC-MX 1400-2 E) تا انحلال پرها روی حرارت دائما مخلوط شدند. سپس مایع به دست آمده را به صورت لایه نازک روی صفحات نایلونی ریخته و با استفاده از جریان هوا خشک و آسیاب شد (Atabak et al., 2021). نمونه‌ای از پودر پر تهیه شده برای تجزیه مواد مغذی و اسیدهای آمینه استفاده شد (AOAC, 1999). آنالیز اسیدهای آمینه پودر پر با استفاده از HPLC (Waters, Milford, MA, USA) مجهز به ستون فاز معکوس C18 (Waters, 3.9× 150 mm) و فاز متحرک گرادیان آب–استونیتریل در دمای ثابت ۳۷/۵ °C انجام شد. ابتدا ۱۰ میلی‌-گرم پودر پر با استفاده از اسیدکلریدریک ۶ نرمال حاوی ۰/۰۶ درصد فنل، در ظروف مسدود و زیر گاز نیتروژن به مدت ۲۴ ساعت در

دمای ۱۱۰ °C آب‌کافت شد. مشتق سازی اسیدهای آمینه با استفاده از کیت معرف Waters AccQ·Tag™ (Waters, Cat. No. 186003836, Milford, MA, USA) انجام شد. آشکار ساز مورد استفاده فلوروسنت (Waters 474 series, Milford, MA, USA) با طول موج تابش ۲۵۰ نانومتر و بازتابش ۳۹۵ نانومتر بود. از محلول استاندارد اسیدهای آمینه (Waters Corporation prod No. WAT088122, Mildford, MA, USA) برای شناسایی اسیدهای آمینه پودر پر استفاده شد. آنالیز مواد مغذی پودر پر آب‌کافت قلیائی در جدول (۲) آورده شده است.

میزان انرژی پودر پر از رابطه (۱) استخراج گردید (NRC, 1994).

رابطه (۱) $$AMEn\ (kcal/kg) = Fat \times 57.53 + Crude\ protein \times 33.2$$

نمونه پرخام و پودر پر آب‌کافت قلیائی پس از آماده‌سازی برای تعیین عناصر و فلزات سنگین با استفاده از دستگاه ICP (PerkinElmer optima 8000) به پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران ارسال شد (جدول ۳). قابلیت هضم در پپسین در شرایط آزمایشگاهی بر اساس روش شماره ۹۷۱۰۲ از AOAC (2012) با برخی تغییرات مورد بررسی قرار گرفت.

تعداد ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه آرین (مخلوط جنس‌ها) به طور تصادفی بین ۲۴ پن به ابعاد ۲ متر در ۱ متر توزیع شدند. تعداد چهار تیمار و شش تکرار به ازای هر تیمار و در هر تکرار ۲۰ قطعه جوجه در نظر گرفته شد. پرورش طبق راهنمای پرورش جوجه گوشتی آرین انجام شد. با توجه به اینکه جوجه‌های گوشتی در سنین اولیه نیاز به منابع خوراکی با کیفیت بالا دارند و مقدار خوراک مصرفی تا سن ۱۴ روزگی اندک می‌باشد (حدود ۱۱ درصد از کل خوراک مصرفی)، برای نشان دادن بهتر پتانسیل پودر پر آب‌کافت قلیائی تاسن ۱۴ روزگی از جیره بدون پودر پر استفاده شد. با توجه به اینکه لازمه تهیه جیره حاوی شش درصد پودر پر استفاده از سطوح بالای ماده اینرت – ماسه بود، بنابراین برای این که جیره‌ها تا حد امکان کاربردی باشند حداکثر سطح پودر پر با یک درصد کاهش، پنج درصد در نظر گرفته شد. برای مقاطع ۲۴-۱۵، ۳۵-۲۵ و ۴۲-۳۶ روزگی، جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح ۰، ۲، ۴ و ۵ درصد پودر پر آب‌کافت قلیائی تنظیم شدند. جدول (۱). در تنظیم جیره های آزمایشی حتی المقدور سعی شد مواد مغذی جیره‌ها برابر باشند (انرژی قابل متابولیسم، پروتئین، لیزین، کلسیم، فسفر و تعادل آنیون – کاتیون)، اما به دلیل ویژگی‌های مواد مغذی پودر پر در مورد متیونین، ترئونین و سدیم جیره‌های اگرچه حداقل نیاز را تامین کرد ولی باهم یکسان نبودند.

جدول ۱. ترکیب جیره‌های آزمایشی و اقلام خوراکی

دوره آزمایشی (روز)	۱۴-۱	۲۴-۱۵				۳۵-۲۵				۴۲-۳۶			
گروه های آزمایشی	–	۰	۲	۴	۵	۰	۲	۴	۵	۰	۲	۴	۵
اجزاء تشکیل دهنده (درصد)													
ذرت	۴۷/۴۵	۵۴/۸۹	۵۵/۲۶	۵۵/۶۱	۵۵/۵۱	۶۲/۲۴	۶۲/۲۴	۶۲/۳۳	۶۲/۴۷	۶۳/۱۷	۶۳/۴۱	۶۳/۹۲	۶۴/۴۵
کنجاله سویا (۴۴ درصد CP)	۴۱/۷۴	۳۲/۹۹	۲۸/۳۰	۲۳/۶۰	۲۱/۲۶	۲۹/۴۰	۲۴/۶۸	۱۹/۹۷	۱۷/۶۱	۲۶/۳۳	۲۱/۶۳	۱۶/۹۵	۱۴/۹۵
سبوس گندم	۳/۶۳	۴/۸۳	۷/۳۴	۹/۸۵	۱۱/۱۰	۲/۳۲	۴/۸۴	۷/۳۶	۸/۶۲	۴/۰۰	۶/۵۱	۹/۰۰	۹/۲۴
پودر پر (۷۷/۶ درصد CP)	۰	۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۵/۰۰	۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۵/۰۰	۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۵/۰۰
روغن سویا	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰
کربنات کلسیم	۱/۰۶	۱/۰۹	۱/۱۵	۱/۰۸	۱/۰۰	۱/۰۱	۱/۰۶	۱/۰۶	۰/۹۷	۱/۰۳	۱/۰۸	۱/۰۷	۱/۰۰
دی کلسیم فسفات	۱/۸۲	۱/۶۴	۱/۵۶	۱/۴۸	۱/۴۵	۱/۴۳	۱/۳۵	۱/۳۵	۱/۲۳	۱/۴۲	۱/۳۴	۱/۲۷	۱/۲۴
*مکمل ویتامینی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
**مکمل معدنی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی- ال متیونین	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
ال- لیزین	۰/۰۹	۰/۲۰	۰/۳۲	۰/۴۴	۰/۵۰	۰/۱۹	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۴۹	۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۴۵	۰/۵۰
ال- ترئونین	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۱۷
نمک طعام	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۱۲	۰	۰/۰۳	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۲۰	۰/۱۵	۰	۰/۰۷
جوش شیرین	۰/۰۴	۰/۲۵	۰	۰	۰	۰/۳۰	۰	۰	۰	۰/۳۰	۰	۰	۰
کلرید کلسیم	۰	۰	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۸	۰	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۳	۰	۰	۰/۰۵	۰/۱۳
مقادیر محاسبه شده													
انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg)	۲۸۷۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۳۰۲۵	۳۰۲۵	۳۰۲۵	۳۰۲۵	۳۰۲۵	۳۰۲۵	۳۰۲۵	۳۰۲۵
پروتئین (درصد)	۲۲/۵۰	۱۹/۵۰	۱۹/۵۰	۱۹/۵۰	۱۹/۵۰	۱۸/۰۰	۱۸/۰۰	۱۸/۰۰	۱۸/۰۰	۱۷/۰۰	۱۷/۰۰	۱۷/۰۰	۱۷/۰۰
فیبر خام (درصد)	۴/۱۸	۳/۸۴	۳/۷۳	۳/۶۹	۳/۶۵	۳/۴۶	۳/۳۹	۳/۳۲	۳/۲۸	۳/۴۴	۳/۳۷	۳/۳۰	۳/۱۹
لیزین (درصد)	۱/۳۳	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴
متیونین (درصد)	۰/۶۷	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۰
متیونین + سیستین	۱	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲

(درصد)													
ترئونین (درصد)	۰/۸۹	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲
کلسیم (درصد)	۰/۹۶	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸
فسفر در دسترس (درصد)	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹
سدیم (درصد)	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۲۹	۰/۳۱
کلر (درصد)	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
تعادل آنیون – کاتیون (meq/kg)	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۳۵	۲۳۵	۲۳۵	۲۳۵	۲۲۶	۲۲۶	۲۲۶	۲۲۶

* هر کیلوگرم حاوی ۳۶۰۰۰۰۰ واحد ویتامین A، ۸۰۰۰۰۰ واحد ویتامین D3، ۱۴۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۸۰۰ میلی‌گرم ویتامین K3، ۷۱۰ میلی‌گرم B1، ۲۶۴۰ میلی‌گرم B2، ۱۱۷۶ میلی‌گرم B6، ۴۰۰ میلی‌گرم B9، ۶ میلی‌گرم B12، ۱۱۸۸۰ میلی‌گرم نیاسین، ۳۹۲۰ میلی‌گرم اسید پانتوتنیک، ۴۰ میلی‌گرم بیوتین و ۱۰۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید. ** هر کیلوگرم حاوی ۳۹۶۸۰ میلی‌گرم منگنز، ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۳۸۸۰ میلی‌گرم روی، ۴۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۳۹۷ میلی‌گرم ید، ۸۰ میلی‌گرم سلنیوم و ۱۰۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید.

افزایش وزن بدن روزانه، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های ۲۸-۱۵، ۴۲-۲۹ و ۴۲-۱۵ روزگی اندازه‌گیری شد. افزایش وزن بدن روزانه و ضریب تبدیل خوراک در هر یک از این دوره‌ها با در نظر گرفتن روز جوجه محاسبه شد. پرندگان تلف شده از هر پن به صورت روزانه جمع‌آوری و بعد از ثبت وزن، مشخصات پن و کالبدگشایی معدوم گشتند. در انتهای دوره درصد تلفات هر واحد آزمایشی نسبت به تعداد اولیه محاسبه شد. داده‌های تلفات به دو صورت درصدی و بعد از تبدیل $\text{Arcsine}\sqrt{\propto}$ (Ruiz *et al.*, 2008). گزارش شدند.

به عنوان شاخص ارزیابی اقتصادی از هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم وزن زنده طبق رابطه (۲) استفاده شد (Martins *et al.*, 2016).

قیمت اقلام خوراکی بر اساس اطلاعات روز بازار در هنگام اجرای آزمایش (آبان ۱۴۰۰) در نظر گرفته شد.

رابطه (۲). هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم وزن زنده = هزینه هر کیلوگرم خوراک آزمایشی × ضریب تبدیل غذایی

برای ارزیابی شاخص کارایی تولید اروپایی از رابطه (۳) استفاده شد.

رابطه (۳). شاخص کارایی تولید اروپایی = (درصد ماندگاری × وزن زنده (کیلوگرم) / ضریب تبدیل خوراک × سن (روز) × ۱۰۰ (Awad *et al.*, 2008).

برای بررسی ریخت‌شناسی روده در سن ۴۰ روزگی یک قطعه خروس با ظاهر سالم و وزن بدن نزدیک به میانگین وزن پن، از هر واحد آزمایشی انتخاب و پس از توزین و خون‌گیری از ورید وداج کشتار شد. پس از کشتار، روده کوچک را از اتصالات روده بند آزاد کرده سپس از قسمت‌های دودنوم، ژژونوم و ایلئوم روده قطعاتی به طول ۲-۱/۵ سانتی‌متر تهیه گردید. داخل قطعات جدا شده با استفاده از سرنگ و سرم فیزیولوژی به آرامی شستشو داده شد و پس از آن نمونه در فرمالین نمکی ۱۰ درصد ثابت شد. مراحل آب‌گیری، شفاف‌سازی، پارافین‌دهی، برش‌دهی طبق روش استاندارد بافت شناسی انجام شد (Giannenas *et al.*, 2010).

از روش تیوباربیتوریک اسید (TBA) برای تعیین پراکسیداسیون چربی در نمونه‌های گوشت سینه و ران شش پرنده کشتار شده از هر تیمار استفاده گردید. به این منظور از نمونه ها عصاره آبی در اسید تری کلرواستیک استخراج و پس واکنش با معرف TBA، جذب نوری محلول که متناسب با غلظت مالون دی‌آلدئید در نمونه‌ها است در طول موج ۵۲۱ نانومتر قرائت شد (Botsoglou *et al.*, 2003). به منظور تسریع و تشدید ایجاد اکسیداسیون چربی از سنجش مالون دی‌آلدئید تحت شرایط القاء شیمیایی اکسیداسیون با

استفاده از آسکوربیک اسید و سولفات آهن استفاده شد (Nielsen *et al*., 1977). به طور خلاصه نمونه ها ابتدا به مدت دو ساعت در معرض معرف اکسید کننده در ۳۷ درجه سلسیوس قرار گرفتند و سپس مانند شرح بالا مقدار مالون دی‌آلدئید موجود در نمونه‌ها تعیین شد.

برای سنجش کیفیت بستر در روز پایانی پرورش، نمونه‌های تازه کود از پنج قسمت از هر واحد آزمایشی اخذ و تا زمان تعیین فراسنجه‌های کیفی کود در فریزر ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. برای تعیین رطوبت بستر نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و رطوبت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس تعیین شد. برای سنجش گاز آمونیاک در روز ۴۰ آزمایش گاز آمونیاک با استفاده از لوله‌های شناساگر (Ammonia, 3La) و پمپ نمونه‌گیری گاز (GV-100S) و براساس دستورالعمل سازنده (Gastec, Japan) در فضای محصور شده توسط یک سطل مجهز شده به فن گردش هوا با گنجایش ۱۳ لیتر که به صورت وارونه به مدت ۵ دقیقه روی بستر قرار گرفته بود و پس از ۱۰ ثانیه مخلوط کردن گاز درون سطل سنجیده شد. تغییر رنگ محتوای لوله نشانگر از ارغوانی به زرد غلظت گاز را بر اساس ppm نشان داد.

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد.

کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار آماری (SAS 6.1, 2002) انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. برای تعیین چگونگی ارتباط بین متغیرهای مورد بررسی و سطوح افزایشی پودر پر آب-کافت قلیائی (تابعیت خطی و درجه دوم) از عبارت Contrast مربوط به رویه GLM استفاده شد. با توجه به نابرابر بودن سطوح استفاده از پودر پر ابتدا ضرایب مقایسه با استفاده از رویه IML و به کمک عبارت ORPOL محاسبه شد و سپس از این ضرایب برای تعیین تابعیت خطی و درجه دوم استفاده شد. برای تعیین سطح بهینه استفاده از پودر پر آب‌کافت قلیائی در مواردی که تابعیت به صورت درجه دوم معنی‌دار بود، معادله تابعیت درجه دوم تعیین و مشتق اول آن گرفته شد. با مساوی صفر قرار دادن مشتق معادله و حل آن سطح بهینه پودر پر تعیین شد.

یافته‌های پژوهش

نتایج آنالیز مواد مغذی پودر پر آب‌کافت قلیائی در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲. آنالیز مواد مغذی و قابلیت هضم برون تنی پودر پر آب‌کافت قلیائی (درصد)

ماده خشک	۹۲/۰۰	**ترئونین**	۲/۱۳
انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg)	۲۸۷۰	**سیستئین**	۴/۷۰
پروتئین خام	۷۷/۶۰	**آرژنین**	۶/۷۰
چربی خام	۵/۱۱	**والین**	۳/۶۰
متیونین	۰/۴۰	**لوسین**	۷/۶۰
لیزین	۱/۷۷	**قابلیت هضم در پپسین**	۹۶/۳۰

قابلیت هضم در پپسین پودر پر آب‌کافت قلیائی مورد استفاده در تحقیق در جدول (۲) آورده شده است. میانگین قابلیت هضم در پپسین پودر پر آب‌کافت قلیائی مورد استفاده در این تحقیق ۱/۰۰ ± ۹۶/۳۰ درصد بود.

آنالیز عناصر و فلزات سنگین در پودر پر آب‌کافت قلیائی و پرخام در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۳). محتوای عناصر و فلزات سنگین در پر خام و پودر پر آب‌کافت قلیائی

عنصر (mg/g)	مس (mg/g)	روی (mg/g)	کادمیوم (mg/g)	سرب (mg/g)	آرسنیک (mg/g)	سدیم (mg/l)
پر خام	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۵۷	<۰/۰۰۰۳۳	<۰/۰۰۰۳۳	<۰/۰۰۰۳۳	۱۳/۷
پودر پر آب‌کافت قلیائی	۰/۰۱۰۶	۰/۰۰۵۷	<۰/۰۰۰۳۳	۰/۰۵۸	<۰/۰۰۰۳۳	۴۸/۹

اثر پودر پر آب‌کافت قلیائی بر افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی در جدول ۴ آورده شده است. افزایش وزن در دوره ۲۸-۱۵ و کل دوره تحت تاثیر سطوح پودر پر قرار گرفت (P<۰/۰۵). در ۲۸-۱۵ روزگی بیشترین افزایش وزن روزانه در گروه شاهد وجود داشت و با افزایش سطح پودر پر در جیره، افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی به صورت خطی کاهش پیدا کرد (L= ۰/۰۰۴). در ۴۲-۲۹ روزگی، افزایش وزن روزانه تحت تاثیر سطوح مختلف پودر پر قرار نگرفت. در ۴۲-۱۵ روزگی سطح پنج درصد پودر پر بالاترین افزایش وزن روزانه را در بین سطوح مختلف پودر پر داشت و تابعیت افزایش وزن روزانه از سطوح مختلف پودر پر به صورت خطی و درجه دوم بود (Q=۰/۰۱ ، L=۰/۰۰۸). سطح بهینه استفاده از پودر پر آب‌کافت قلیائی در این دوره، ۳/۲۳ درصد محاسبه شد.

در ۲۸-۱۵ روزگی، با افزایش سطح پودر پر در جیره، مصرف خوراک به صورت خطی افزایش یافت (L= ۰/۰۰۱). در ۴۲-۲۹ روزگی، بالاترین مصرف خوراک در گروه شاهد وجود داشت اما در بین سطوح مختلف پودر پر، گروه دریافت‌کننده پنج درصد پودر پر بیشترین مصرف خوراک را داشت (P<۰/۰۵). تابعیت مصرف خوراک از سطوح مختلف پودر پر در ۴۲-۲۹ روزگی به صورت خطی و درجه دوم بود (Q=۰/۰۰۰۲ ، L=۰/۰۲). سطح بهینه استفاده از پودر پر آب‌کافت قلیائی برای کاهش مصرف خوراک در ۴۲-۲۹ روزگی، ۲/۸۶ درصد محاسبه شد. در ۴۲-۱۵ روزگی بیشترین مصرف خوراک در گروه شاهد و در بین سطوح مختلف پودر پر بیشترین مصرف

خوراک در گروه دریافت‌کننده پنج درصد پودر پر دیده شد و تابعیت مصرف خوراک از سطوح مختلف پودر پر به صورت درجه‌دوم بود (Q=۰/۰۰۰۹). سطح بهینه استفاده از پودر پر آب‌کافت قلیائی برای کاهش مصرف خوراک در ۴۲-۱۵ روزگی، ۲/۶۳ درصد محاسبه شد.

در ۲۸-۱۵ روزگی ضریب تبدیل غذایی تحت تاثیر سطوح پودر پر چهار و پنج درصد افزایش یافت (P<۰/۰۱) و با افزایش سطح پودر پر در جیره، ضریب تبدیل غذایی به صورت خطی افزایش داشت (L<۰/۰۰۰۱). در دوره‌های ۴۲-۲۹ و ۴۲-۱۵ روزگی ضریب تبدیل غذایی تحت تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی قرار نگرفت.

غیرقابل استناد

جدول ٤. تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی آرین از سن ۱۵ تا ۴۲ روزگی

سطوح پودر پر (درصد)	افزایش وزن (گرم)			مصرف خوراک (گرم)			ضریب تبدیل غذایی		
	سن (روز)								
	۱۵-۲۸	۲۹-۴۲	۱۵-۴۲	۱۵-۲۸	۲۹-۴۲	۱۵-۴۲	۱۵-۲۸	۲۹-۴۲	۱۵-۴۲
۰	۸۸۲/۲۰ ^{a}	۱۱۱۲/۸۶	۱۹۹۵/۰۶ ^{a}	۱۴۶۴/۶۴ ^{b}	۲۵۵۰/۰۶ ^{a}	۴۰۱۴/۷۰ ^{a}	۱/۶۶ ^{b}	۲/۳۰	۲/۰۱
۲	۸۶۱/۳۰ ^{ab}	۱۰۵۰/۱۹	۱۹۱۱/۴۹ ^{ab}	۱۴۹۵/۷۳ ^{ab}	۲۳۴۵/۸۶ ^{b}	۳۸۴۱/۶۰ ^{b}	۱/۷۴ ^{ab}	۲/۲۴	۲/۰۱
۴	۸۲۵/۷۷ ^{b}	۱۰۵۷/۸۲	۱۸۸۳/۵۹ ^{b}	۱۵۲۱/۳۷ ^{ab}	۲۳۵۸/۹۷ ^{b}	۳۸۸۰/۳۴ ^{ab}	۱/۸۴ ^{a}	۲/۲۴	۲/۰۶
۵	۸۲۳/۹۱ ^{b}	۱۱۰۲/۵۱	۱۹۲۶/۴۲ ^{ab}	۱۵۳۰/۰۰ ^{a}	۲۴۵۰/۴۸ ^{ab}	۳۹۸۰/۴۸ ^{ab}	۱/۸۵ ^{a}	۲/۲۳	۲/۰۷
SEM	۱۵/۳۰	۲۰/۱۶	۲۰/۲۶	۱۴/۰۸	۳۱/۵۴	۳۵/۳۵	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۳
P-Value	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۷	۰/۷۹	۰/۳۸
تابعیت									
خطی	۰/۰۰۴	۰/۵۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۴۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۳۷	۰/۱۲
درجه دوم	۰/۹۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۷۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۹	۰/۹۱	۰/۶۹	۰/۶۲

abc میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معناداری دارند (P< ۰/۰۵).

ریخت‌شناسی روده

نتایج تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر مورفولوژی روده در جدول ۵ گزارش شده است. ویژگی‌های ریخت شناسی دودنوم و ژژونوم تحت تاثیر سطوح پودر پر قرار گرفت (P<۰/۰۵). بالاترین ارتفاع پرز و بیشترین عمق کریپت در دودنوم گروه دریافت‌کننده پنج درصد پودر پر آب‌کافت قلیائی و کمترین ارتفاع پرز و تعداد سلول‌های جامی در گروه چهار درصد پودر پر مشاهده شد. تابعیت ارتفاع پرز از سطوح مختلف پودر پر در دودنوم به صورت درجه دوم (Q=۰/۰۰۴) بود و سطح بهینه استفاده از پودر پر آب‌کافت قلیائی، ۲/۵۹ درصد محاسبه شد. همچنین تابعیت عمق کریپت در دودنوم به صورت خطی (L= ۰/۰۱) بود. بیشترین تعداد سلول گابلت در دودنوم در گروه شاهد وجود داشت و تابعیت تعداد سلول‌های جامی از سطوح مختلف پودر پر به صورت خطی و درجه دوم بود (Q=۰/۰۰۹ ، L= <۰/۰۰۰۱) و سطح مناسب استفاده از پودر پر آب‌کافت قلیائی، ۱/۹۴ درصد محاسبه گردید.

ارتفاع پرز ژژونوم تحت تاثیر سطوح پودر پر کاهش یافت (P<۰/۰۱). تابعیت ارتفاع پرز در ژژونوم از سطوح پودر پر به صورت خطی و درجه دوم بود (L<۰/۰۱ و Q=۰/۰۰۶) و سطح مناسب استفاده از پودر پر، ۴/۰۳ درصد محاسبه شد. عمق کریپت ژژونوم تحت تاثیر سطوح پودر پر قرار گرفت (P<۰/۰۵). در سطح چهار درصد پودر پر در قیاس با سطح دو درصد عمق کریپت کاهش یافت. از نظر عمق کریپت ژژونوم در بین سایر سطوح تفاوتی مشاهده نشد. تراکم سلول‌های جامی ژژونوم تحت تاثیر سطوح پودر پر قرار گرفت (P<۰/۰۵). در سطح چهار درصد پودر پر در قیاس با سطح پنج درصد تراکم سلول‌های جامی ژژونوم کاهش یافت. از نظر تراکم سلول‌های جامی ژژونوم در بین سایر سطوح تفاوتی مشاهده نشد. تابعیت تراکم سلول‌های جامی ژژونوم از سطوح پودر پر در جیره به صورت درجه دوم بود (Q =۰/۰۲) و سطح مناسب استفاده از پودر پر، ۰/۷۲ درصد محاسبه گردید.

ارتفاع پرز ایلئوم تحت تاثیر سطوح پودر پر قرار گرفت (P<۰/۰۱). سطوح بیش از دو درصد پودر پر ارتفاع پرز ایلئوم را کاهش داد. تابعیت ارتفاع پرز ایلئوم از سطوح پودر پر به صورت خطی کاهشی بود (L=۰/۰۱). تاثیر پذیری عمق کریپت از سطوح پودر پر در جیره تمایل به کاهش داشت (P<۰/۰۸). تابعیت عمق کریپت ایلئوم از سطوح پودر پر به صورت خطی کاهشی بود (L=۰/۰۱). با افزایش سطح پودر پر در جیره، تعداد سلول‌های جامی در ایلئوم افزایش پیدا کرد (P<۰/۰۵). تابعیت تعداد سلول‌های جامی در ایلئوم به صورت خطی افزایشی بود (L=۰/۰۰۵).

جدول ۵. تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر ریخت‌شناسی روده در سن ۴۰ روزگی

	مورفولوژی روده								
	دودنوم			ژژنوم			ایلئوم		
سطوح پودر پر (درصد)	ارتفاع پرز (μm)	عمق کریپت (μm)	تراکم سلول جامی (No/100μm)	ارتفاع پرز (μm)	عمق کریپت (μm)	تراکم سلول جامی (No/100μm)	ارتفاع پرز (μm)	عمق کریپت (μm)	تراکم سلول جامی (No/100μm)
۰	۱۸۷۵/۰۰ a	۱۴۶/۶۷ b	۹/۶۰ a	۱۶۳۳/۳۳ a	۲۰۰/۰۰ ab	۸/۶۷ ab	۹۹۱/۶۷ a	۱۷۳/۳۳	۶/۶۷ b
۲	۱۷۸۳/۳۳ a	۲۳۶/۶۷ a	۸/۹۳ a	۱۳۵۵/۰۰ b	۲۵۳/۳۳ a	۸/۲۷ ab	۹۰۸/۳۳ ab	۱۶۳/۳۳	۷/۰۷ b
٤	۱۵۲۵/۰۰ b	۱۹۰/۰۰ ab	۷/۰۷ c	۱۳۸۳/۳۳ b	۱۷۳/۳۳ b	۷/۷۳ b	۸۳۳/۳۳ b	۱۵۰/۰۰	۸/۲۷ ab
٥	۱۹۸۳/۳۳ a	۲۴۰/۰۰ a	۸/۰۰ b	۱۳۲۵/۰۰ b	۲۰۳/۳۳ ab	۹/۴۷ a	۸۵۸/۳۳ b	۱۵۰/۰۰	۹/۲۰ a
SEM	۸۵/۷۵	۱۹/۴۰	۰/۲۸	۳۲/۶۱	۱۷/۵۶	۰/۴۲	۲۹/۱۷	۷/۰۲	۰/۴۸
P-Value	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۸	۰/۰۰۵
	تابعیت								
خطی	۰/۸۶	۰/۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۶
درجه دوم	۰/۰۰۴	۰/۳۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶	۰/۵۱	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۴۸	۰/۵۹

abc میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معناداری دارند (P< ۰/۰۵).

پراکسیداسیون لیپیدی گوشت سینه و ران

نتایج تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر پراکسیداسیون لیپیدی گوشت سینه و ران در جدول ۶ آورده شده است. اکسیداسیون چربی در فساد گوشت اهمیت زیادی دارد. میزان مالون دی‌آلدئید به عنوان نشانگر اکسیداسیون چربی در گوشت ران و سینه تازه تحت تاثیر سطح پودر پر قرار گرفت (P<۰/۰۱). با افزایش سطح پودر پر غلظت مالون دی‌آلدئید در گوشت سینه و ران تازه کاهش پیدا کرد به نحوی که گروه دریافت کننده پنج درصد پودر پر کمترین غلظت مالون دی‌آلدئید در گوشت سینه و ران تازه را دارد (P<۰/۰۱). تابعیت میزان مالون‌دی‌آلدئید در نمونه‌های گوشت تازه سینه و ران از سطوح پودر پر به صورت خطی و درجه دوم بود (L<۰/۰۱ و Q<۰/۰۰۱). سطح مناسب استفاده از پودر پر برای کاهش غلظت مالون دی‌آلدئید در سینه (۱/۹۰ درصد) و در ران تازه (۰/۴۸ درصد) محاسبه شد.

میزان مالون دی‌آلدئید در گوشت سینه با افزایش سطح پودر پر کاهش خطی نشان داد (P<۰/۰۱).

تغییر در میزان مالون دی‌آلدئید گوشت ران در شرایط القاء اکسیداسیون از روند درجه دوم تبعیت کرد و کمترین مقادیر مالون دی-آلدئید در گروه های چهار و پنج درصد پودر پر مشاهده شد (P<۰/۰۱). سطح مناسب استفاده از پودر پر آب‌کافت قلیائی برای کاهش غلظت مالون دی‌آلدئید در ران تازه با القای اکسیداسیون ۲/۴۴ درصد محاسبه گردید.

غیرقابل استناد

جدول ٦. تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر پراکسیداسیون لیپیدی گوشت سینه و ران (غلظت مالون دی‌آلدئید)

سطوح پودر پر (درصد)	گوشت سینه تازه (mg/kg)	گوشت ران تازه (mg/kg)	گوشت سینه با القاء اکسیداسیون (mg/kg)	گوشت ران با القاء اکسیداسیون (mg/kg)
۰	۰/۵۲ a	۰/۴۰ a	۴/۱۲ a	۲/۱۳ b
۲	۰/۵۶ a	۰/۳۹ a	۳/۷۹ a	۳/۰۷ a
۴	۰/۵۳ a	۰/۳۷ b	۲/۸۷ b	۲/۳۱ b
۵	۰/۳۸ b	۰/۳۴ c	۲/۵۵ b	۲/۲۸ b
SEM	۰/۰۲	۰/۰۰۴	۰/۱۰	۰/۰۴
P-value	۰/۰۰۰۲	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
		تابعیت		
خطی	۰/۰۰۰۷	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۴۱
درجه دوم	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۹	۰/۱۶	<۰/۰۰۰۱

abc میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معناداری دارند (P< ۰/۰۵).

کیفیت بستر

نتایج تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر کیفیت بستر جوجه‌های گوشتی در جدول ۷ آورده شده است. پودر پر آب‌کافت قلیائی علیرغم داشتن سدیم نسبتا بالا، حتی در بالاترین سطح استفاده (پنج درصد) میزان رطوبت بستر نه تنها افزایش نیافت، بلکه در مقایسه با گروه شاهد اندکی کاهش نشان داد (P<۰/۰۵). تابعیت میزان رطوبت بستر از سطوح پودر پر به صورت خطی کاهشی بود (L=۰/۰۰۴).

جدول ۷. تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر میزان رطوبت و گاز آمونیاک متصاعد شده از بستر

سطوح پودر پر (درصد)	رطوبت بستر (درصد)	گاز آمونیاک (ppm)
۰	۵۲/۷۹ a	۱۸/۶۰
۲	۵۲/۹۹ a	۱۸/۵۲
٤	۵۱/۰۱ ab	۱۵/۲۰
٥	۴۹/۱۶ b	۱۷/۵۰
SEM	۰/۶۹	۱/۰۴
P-value	۰/۰۱	۰/۱۰
	تابعیت	
خطی	۰/۰۰۴	۰/۱۲
درجه دوم	۰/۰۷	۰/۶۳

abc میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معناداری دارند (P< ۰/۰۵).

شاخص‌های اقتصادی و تلفات

نتایج تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر شاخص‌های اقتصادی و تلفات در جدول ۸ آورده شده است. هیچ کدام از شاخص‌های ذکر شده تحت تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی قرار نگرفتند.

جدول ۸. تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر شاخص‌های اقتصادی و تلفات

سطوح پودر پر آب‌کافت قلیائی (درصد)	تلفات (درصد)	شاخص کارایی تولید	هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم وزن زنده (تومان)
۰	۹/۱۷	۲۷۶/۳۳	۲۰۰۱۲
۲	۴/۱۷	۲۷۴/۶۷	۱۹۸۳۶
٤	۳/۳۳	۲۷۳/۱۷	۲۰۰۶۳
۵	۴/۱۷	۲۶۸/۱۷	۲۰۱۳۵
SEM	۲/۱۳	۷/۱۵	۲۳۲/۲۴
P-Value	۰/۲۳	۰/۸۶	۰/۸۲
		تابعیت	
خطی	۰/۰۹	۰/۵۶	۰/۶۰
درجه دوم	۰/۲۵	۰/۸۰	۰/۴۸

[abc] میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معناداری دارند (P< ۰/۰۵).

کاهش در مصرف سویا

نتایج تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر کاهش مصرف سویا در جدول ۹ آورده شده است. در تمام دوره‌های آزمایشی با افزایش سطح پودر پر آب‌کافت قلیائی در جیره، مصرف سویا کاهش پیدا کرده است و کمترین درصد مصرف سویا در گروه دریافت‌کننده پنج درصد پودر پر بود.

جدول ۹. تاثیر سطوح مختلف پودر پر آب‌کافت قلیائی بر کاهش مصرف سویا

	۱۵-۲٤ روزگی		۲۵-۳۵ روزگی		۳۶-٤۲ روزگی	
سطوح پودر پر	مقدار مصرف (درصد جیره)	مقدار کاهش (درصد)	مقدار مصرف (درصد جیره)	مقدار کاهش (درصد)	مقدار مصرف (درصد جیره)	مقدار کاهش (درصد)
۰	۳۳/۰۰	۰	۲۹/۴۰	۰	۲۶/۳۳	۰
۲	۲۸/۳۰	۱۴	۲۴/۶۸	۱۶	۲۱/۶۳	۱۷
۴	۲۳/۶۰	۲۸	۱۹/۹۷	۳۲	۱۹/۹۵	۳۶
۵	۲۱/۲۶	۳۵	۱۷/۶۱	۴۰	۱۴/۷۶	۴۴

بحث

پروتئین و انرژی قابل متابولیسم پودر پر آب‌کافت قلیائی (به ترتیب ۷۷/۶۰ درصد و ۲۸۷۰ کیلوکالری بر کیلوگرم) نسبت به کنجاله سویا (به ترتیب ۴۴ درصد و ۲۵۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم) بالاتر است. مقدار لیزین (۳/۲۲ درصد) و متیونین آن نیز از کنجاله سویا (۰/۷۲ درصد) کمتر است. مقدار آرژنین پودرپر از کنجاله سویا (۳/۶ درصد)، بیشتر و همچنین مقدار ترئونین پودر پر نیز از کنجاله سویا (۱/۹۶ درصد)، بیشتر است (Leeson & Summers, 2000). با توجه به سطوح انرژی و پروتئین خام و فراوان بودن تولید پر

مرغ در کشور و جهان می‌توان از آن به‌عنوان منبع پروتئینی بهره‌برداری کرد. با توجه به اینکه، پودر پر آب‌کافت قلیائی از نظر اسیدهای آمینه متیونین و لیزین کمبود دارد، باید هنگام استفاده از آن در جیره، به استفاده از مکمل لیزین و متیونین توجه گردد. با توجه به اینکه برای هیدرولیز پودرپر از هیدروکسید سدیم استفاده شده است برای ایجاد تعادل الکترولیتی در جیره از کلریدکلسیم استفاده گردید. مقدار سدیم پودر پر آب‌کافت قلیائی (۴۸/۹ میلی‌گرم/لیتر) از پر خام (۱۳/۷ میلی‌گرم/لیتر) بیشتر است که به دلیل استفاده از هیدروکسید سدیم برای هیدرولیز پر است.

مقدار مس در پودر پر (۰/۰۱۰۶ میلی‌گرم/گرم) بیشتر از پرخام، مقادیر روی، کادمیوم و آرسنیک با پرخام برابر است (<۰/۰۰۰۳۳ میلی‌گرم/گرم) و مقدار سرب پودر پر (۰/۰۵۸ میلی‌گرم/گرم) از پرخام بیشتر است که علت آن می‌تواند انتقال این عناصر از هیدروکسید سدیم یا آب مورد استفاده برای هیدرولیز باشد. حداکثر سطوح قابل تحمل عناصر و فلزات سنگین ذکر شده در جوجه‌های گوشتی به این صورت است. سرب (۰/۰۳ میلی‌گرم/گرم)، مس (۰/۳ میلی‌گرم/گرم)، روی (۱ میلی‌گرم/گرم)، کادمیوم (۰/۵ میلی‌گرم/گرم) و آرسنیک (۰/۱ میلی‌گرم/گرم) است (Henry & Miles, 2001). با توجه به اعداد ذکر شده، مقادیر عناصر و فلزات سنگین پودر پر آب‌کافت قلیائی از حداکثر سطح قابل تحمل این عناصر توسط جوجه‌های گوشتی کمتر است و می‌توان بدون نگرانی در رابطه با عناصر سمی از پودرپر آب‌کافت قلیائی در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده کرد. به این ترتیب یکی از عوامل محدود کننده مصرف پودر پر که نگرانی از انتقال سطوح غیر مجاز عناصر و فلزات سنگین است در مورد این فراورده می‌باشد منتفی است.

در ۲۸-۱۵ روزگی، با افزایش سطح پودر پر در جیره، افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی به صورت خطی کاهش پیدا می‌کند که می‌تواند به دلیل ظرفیت جذب پایین دستگاه گوارش در سنین پایین‌تر و عدم تعادل اسیدهای آمینه پودر پر باشد (Jackson & Diamond, 1995). در ادامه رشد جوجه‌های گوشتی در دوره ۴۲-۱۵ روزگی، بیشترین افزایش وزن روزانه نیز در گروه شاهد وجود دارد اما در بین گروه‌های دریافت‌کننده پودر پر، گروه دریافت‌کننده پنج درصد پودر پر بالاترین افزایش وزن روزانه را دارد که می‌تواند به دلیل افزایش ظرفیت هضم و جذب دستگاه گوارش و نقش ضد میکروبی پپتیدهای زیست‌فعال پودر پر و ایجاد نوعی رشد جبرانی در جوجه‌های گوشتی و در نتیجه افزایش وزن روزانه بیشتر گردد (Alahyaribeik *et al*., 2022). کنجاله سویا به دلیل اینکه اسیدهای آمینه متعادل و ضروری دارد و از طرفی پودر پر مورد استفاده در این تحقیق دارای قابلیت هضم در پپسین ۹۶/۳۰ درصد است. کاهش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی گروه‌های مصرف‌کننده پودر پر می‌تواند به دلیل عدم تعادل اسیدهای آمینه پودر پر و افزایش وزن روزانه بیشتر گروه شاهد می‌تواند به دلیل خوش خوراکی و تعادل اسیدهای آمینه بهتر کنجاله سویا در جیره شاهد باشد (Naveed *et al*., 2019; Odetallah *et al*., 2003)

در ۲۸-۱۵ روزگی کمترین مصرف خوراک در گروه شاهد دیده می‌شود و با افزایش سطح پودر پر در جیره مصرف خوراک به صورت خطی بالا می‌رود که مصرف خوراک بیشتر جوجه‌های گوشتی ممکن است به دلیل محدودیت تعادل اسیدهای آمینه پودر پر نسبت به کنجاله سویا باشد. در دوره‌های ۴۲-۲۹ و ۴۲-۱۵ روزگی، بیشترین مصرف خوراک در گروه‌های دریافت‌کننده پودر پر در گروه دریافت‌کننده پنج درصد وجود دارد که می‌تواند به دلیل ذکر شده باشد. مشابه با نتایج حاضر نشان داده شده که سه درصد پودر پر فرآوری شده در جایگزینی با شش درصد کنجاله سویا جیره، می‌تواند بدون هیچ گونه تاثیر منفی بر مصرف خوراک در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده گردد (Ochetim, 1992).

در دوره رشد، با افزایش سطح پودر پر آب‌کافت قلیائی در جیره، ضریب تبدیل غذایی به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند به نحوی که بالاترین ضریب تبدیل غذایی در گروه دریافت کننده پنج درصد پودر پر وجود دارد و از آن جایی که ضریب تبدیل غذایی با افزایش وزن و مقدار مصرف خوراک در ارتباط است و از طرفی جوجه‌های گوشتی گروه دریافت‌کننده پنج درصد پودر پر بیشترین مصرف خوراک را در دوره رشد داشته‌اند، می‌تواند باعث افزایش ضریب تبدیل غذایی در این دوره گردد. در تحقیقی پودرپر تولید شده را به وسیله هیدروکسید سدیم هیدرولیز کردند و به این نتیجه رسیدند که ضریب تبدیل خوراک در پرندگان تغذیه شده با پودر پر فرآوری شده با هیدروکسید سدیم، تفاوت چشمگیری با تیمار شاهد نداشت و بیان کردند که می‌توان از پودر پر هیدرولیز شده با هیدروکسید سدیم بدون تاثیر منفی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی استفاده کرد (Naveed *et al*., 2019).

در تحقیق روی بلدرچین تخمگذار سطح نه درصد پودر پر آب‌کافت قلیائی کمترین مصرف خوراک را داشت، اما در تحقیق حاضر سطح پنج درصد پودر پر آب‌کافت قلیائی بیشترین مصرف خوراک را در بین سطوح پودر پر دارد و در تحقیق آن‌ها کمترین ضریب تبدیل غذایی در گروه شاهد و بیشترین ضریب تبدیل غذایی در گروه دریافت کننده نه درصد پودر پر وجود دارد که این نتیجه مشابه تحقیق حاضر است. پودر پر به‌کار رفته با پودر پر مورد استفاده در این تحقیق برابر است (Khodaparast *et al*., 2019).

بالاترین ارتفاع پرز در ژژونوم و ایلئوم که محل‌های جذب هستند در گروه شاهد وجود دارد. گروه شاهد دارای بیشترین مقدار متیونین در جیره می‌باشد (جدول ۱). اسیدآمینه متیونین در سنتز پلی‌آمین‌ها مانند پوترسین، اسپرمین و اسپرمیدین نقش دارد که این پلی-آمین‌ها باعث تکثیر، تمایز و رشد سلول‌های روده می‌گردند. این ترکیبات ممکن است باعث افزایش ارتفاع پرز گردند که پرز بلندتر باعث افزایش جذب مواد هضم شده و جلوگیری از عبور سریع مواد از روده می‌گردد که نهایتا باعث بهبود رشد و ضریب تبدیل خوراک می‌گردد (Finkelstein, 1990; Teshfam *et al*., 2005).در تحقیق انجام شده توسط اللهیاری‌بیک و همکاران (۲۰۲۲)، ارتفاع پرزهای دوازدهه و ایلئوم در جوجه‌هایی که پپتیدهای زیست فعال بدست آمده از پر دریافت کردند بیشتر از گروه شاهد بود، اما در تحقیق حاضر بالاترین ارتفاع پرز در ژژونوم و ایلئوم در گروه شاهد وجود دارد(Alahyaribeik *et al*., 2022) .

پودر پر دارای مقدار زیادی اسیدهای آمینه ترئونین و سرین می‌باشد که ممکن است باعث تحریک ساخت سلول‌های گابلت و همچنین افزایش ترشح موسین در دستگاه گوارش گردد. مخاط روده نقش مهمی در محافظت از سطوح اپیتلیال در برابر عوامل بیماری‌زا، حمایت از کلونیزاسیون باکتری‌های مفید و دائمی، حفظ محیط مناسب برای هضم و همچنین تسهیل انتقال مواد مغذی از لومن به اپیتلیوم زیرین ایفا می‌کند. لایه مخاطی در طیور توسط سلول‌های گابلت ترشح کننده موسین تولید و حفظ می‌شود که به سرعت در پاسخ به محرک‌های خارجی از جمله عوامل محیطی، میکروبیوتای روده و همچنین فاکتورهای غذایی رشد می‌کنند. رشد سلول‌های گابلت بر ترکیب و ترشح موسین تاثیر می‌گذارد و باعث تغییر در خواص فیزیکوشیمیایی لایه مخاطی می‌شود. مخاط روده با خاصیت ضد باکتریایی خود (بتا–دیفنسین و لیزوزیم) از هجوم پاتوژن‌ها به اپیتلیوم جلوگیری می‌کند و یک سد فیزیکی با توانایی محافظت از اپیتلیوم در برابر عوامل بیماری‌زا ایجاد می‌کند همچنین پپتیدهای زیست فعال موجود در پودر پر توانایی ضدمیکروبی دارند و می‌توانند با کاهش میکروارگانیسم‌های مضر درون دستگاه گوارش به سلامتی دستگاه گوارش کمک کنند (Alahyaribeik *et al*., 2022; Duangnumsawang *et al*., 2021). اسیدهای آمینه خاصی از جمله ترئونین، پرولین و سرین به دلیل نقشی که در ستون فقرات آمینواسیدهای موسین ایفاء می‌کنند مورد توجه می‌باشند. ترئونین یکی از آمینواسیدهای ضروری است که توسط طیور

سنتز نمی‌شود و باید از طریق جیره تامین شود. مشخص شده است که کاهش ترئونین جیره به میزان ۶۰ و ۳۰ درصد از نیاز جوجه‌های گوشتی باعث کاهش غلظت موسین خام در فضولات به میزان ۵۰ و ۲۰ درصد می‌شود (Ravindran *et al*., 2008; Visscher *et al*., 2018).

مالون دی‌آلدئید یکی از محصولات اصلی اکسیداسیون لیپید است که توجه زیادی را به عنوان نشانگری برای ارزیابی میزان اکسیداسیون لیپید به خود جلب کرده است (Raharjo & Sofos, 1993). غلظت آن در گوشت و محصولات ماهی می‌تواند به ۳۰۰ میکرومول یا بیشتر برسد (Kanner, 2007). این ترکیب نگرانی خاصی دارد زیرا نشان داده شده است که جهش‌زا و سرطان‌زا است (Csallany *et al*., 1984). اثرات مضر مالون دی‌آلدئید شامل: استرس اکسیداتیو درون سلولی القاء شده، ایجاد ضایعات غشایی در گلبول‌های قرمز است. این ترکیب می‌تواند با DNA واکنش نشان دهد و ترکیبات افزایشی بسیار جهش زا در سلول‌های انسانی و حیوانی تشکیل دهد (Okolie *et al*., 2009). پودر پر دارای مقدار زیادی اسیدآمینه سیستئین می‌باشد و سیستئین برای کاهش پراکسیداسیون لیپید، افزایش سطح تری پپتید گلوتاتیون در کبد و اریتروسیت‌ها و افزایش فعالیت آنزیم‌های مرتبط با گلوتاتیون در سرم، اریتروسیت‌ها و کبد نقش دارد (Skrzydlewska & Farbiszewski, 1999). از باکتری *Chryseobacterium* sp. Kr6 برای هضم و خالص سازی پر استفاده کردند که یک باکتری کارآمد برای تجزیه پر است و در این تحقیق پنج توالی پپتیدی از پودر پر هیدرولیزشده شناسایی شد که شامل ۱۲-۸ باقی مانده اسیدآمینه هستند و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پپتید LPGPILSSFPQ تایید شد. گزارش شد که تمام غلظت‌های پر هیدرولیز شده باعث کاهش آنی در نورتابی شیمیایی لومینول می‌شود که نشان‌دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تمام نمونه‌های آزمایش شده است. نتایج نشان دادند که افزایش هیدرولیز منجر به کاهش بیشتر Fe^{3+} به Fe^{2+} شد و گزارش کردند که فعالیت‌های اصلی آنتی‌اکسیدانی پودر پر می‌تواند مربوط به اهدای اتم‌های هیدروژن، انتقال الکترون و مهار رادیکال‌های هیدروکسیل باشد (Fontoura *et al*., 2019). همچنین پودر پر دارای پپتیدهای زیست‌فعال می‌باشد که این اسیدآمینه و پپتیدهای زیست‌فعال می‌توانند نقش آنتی‌اکسیدانی داشته و پراکسیداسیون لیپید و غلظت مالون دی‌آلدئید در گوشت را کاهش دهد. در تحقیقی دیگر اثر پپتیدهای زیست‌فعال به دست آمده از کراتین پر را بر روی جوجه‌های گوشتی بررسی کردند و پپتیدهای زیست‌فعال پر غلظت مالون دی‌آلدئید در گوشت را کاهش دادند که این نتیجه مشابه نتیجه به دست آمده در تحقیق حاضر است (Alahyaribeik & Nazarpour, 2022).

گاز آمونیاک متصاعد شده از بستر تحت تاثیر سطوح پودر پر در جیره قرار نگرفت. با توجه به ایزونیتروژن بودن جیره‌های آزمایشی این نتیجه قابل پیش‌بینی است. از سوی دیگر به نظر می‌رسد که عدم تعادل اسیدهای آمینه جیره‌های حاوی سطوح پودر پر به اندازه‌ای نبوده که منجر به افزایش دفع نیتروژن و تصاعد آمونیاک از بستر شود. گزارش شده است که کاهش پروتئین جیره اثرات مطلوبی بر رطوبت بستر و کاهش مقدار آن دارد (Li *et al*., 2018). در تحقیق حاضر تاثیر سطوح مختلف پودر پر بر انتشار گاز آمونیاک از بستر جوجه‌های گوشتی معنی‌دار نمی‌باشد. افزایش سدیم دریافتی پرنده نیز می‌تواند باعث دفع آبکی شود، با توجه به محتوای سدیم موجود در پودر پر آب‌کافت قلیائی (جدول ۳)، نتیجه‌گیری می‌شود که حتی در بالاترین سطح استفاده از پودر پر (پنج درصد)، مشکل خیسی بستر رخ نداده است، به عبارت دیگر افزایش سطح سدیم ناشی از مصرف پودر پر آب‌کافت قلیائی در این تحقیق یک عامل محدود کننده سطح مصرف آن نیست. کاهش سطح کنجاله سویا از طریق جایگزینی سایر منابع پروتئینی در جیره بوقلمون‌ها رطوبت بستر را کاهش داد (Hocking *et al*., 2018). کنجاله سویا با داشتن مقدار زیادی پتاسیم و آلفا-گالاکتوزید می‌تواند

موجب افزایش دریافت آب توسط پرنده و در نتیجه خیسی بستر شود. بنابراین استفاده از پودر پر از طریق جایگزینی نسبی کنجاله سویا در جیره توانسته است که مانع افزایش رطوبت در بستر شود.

نتیجه‌گیری

استفاده از پودر پر آب‌کافت قلیائی در جیره جوجه‌های گوشتی آرین وزن بدن و مصرف خوراک را در مقایسه با گروه شاهد کاست بدون آنکه بر میزان تلفات یا شاخص کارایی تولید اثری داشته باشد. با در نظر گرفتن مجموع متغیرهای مورد بررسی و همچنین اهمیت این متغیرها، استفاده از سطح دو درصد پودر پر کمترین تاثیر منفی را بر ویژگی‌های عملکردی جوجه‌های گوشتی در مقایسه با جیره‌های بدون پر دارد. استفاده از پودر پر غلظت مالون دی‌آلدئید و پراکسیداسیون لیپید را در گوشت سینه و ران کاهش داد و نقش آنتی‌اکسیدانی خود را نشان داد. بنابراین استفاده از پودر پر آب‌کافت قلیائی می‌تواند نقش آنتی‌اکسیدانی در گوشت داشته و باعث بهبود کیفیت گوشت گردد.

منابع

Alahyaribeik, S., & Nazarpour, M. (2022). Effects of bioactive peptides derived from feather keratin on small intestinal function, meat quality, and performance of broiler chicks. http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-1174008/v1

Alahyaribeik, S., Nazarpour, M., Tabandeh, F., Honarbakhsh, S., & Sharifi, S. D. (2022). Effects of bioactive peptides derived from feather keratin on plasma cholesterol level, lipid oxidation of meat, and performance of broiler chicks. *Tropical Animal Health and Production*, *54*(5), 1–9. https://doi.org/10.1007/s11250-022-03244-1

AOAC International. (1999). *Official methods of analysis*, 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington.

AOAC International. (2012) *Official Method of Analysis:* Association of Analytical Chemists. 19th Edition, Washington DC, 121-130.

Atabak, A. H., Karimi Torshizi, M. A. and Rahimi, Sh. (2021). Effect of supplementation of different levels of alkaline hydrolyzed feather meal with dried corn steep liquor on performance and anti-oxidation indices of broiler chicken. *Iranian Journal of Animal Science*. 52(3), 202-215. https://doi.org/10.22059/ijas.2021.312300.653807.

Awad, W. A., Ghareeb, K., Nitsch, S., Pasteiner, S., Abdel-Raheem, S., & Böhm, J. (2008). Effects of dietary inclusion of prebiotic, probiotic and synbiotic on the intestinal glucose absorption of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, *7*(7), 686–691.

Botsoglou, N. A., Govaris, A., Botsoglou, E. N., Grigoropoulou, S. H., & Papageorgiou, G. (2003). Antioxidant activity of dietary oregano essential oil and α-tocopheryl acetate supplementation in long-term frozen stored turkey meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(10), 2930–2936. https://doi.org/10.1021/jf021034o

Coward-Kelly, G., Agbogbo, F. K., & Holtzapple, M. T. (2006). Lime treatment of shrimp head waste for the generation of highly digestible animal feed. *Bioresource Technology*, *97*(13), 1515–1520. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.06.014

Csallany, A. S., Guan, M. Der, Manwaring, J. D., & Addis, P. B. (1984). Free malonaldehyde determination in tissues by high-performance liquid chromatography. *Analytical Biochemistry*, *142*(2), 277–283. https://doi.org/10.1016/0003-2697(84)90465-2

Csapó, J., & Albert, C. (2018). Methods and procedures for the processing of feather from poultry slaughterhouses and the application of feather meal as antioxidant. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, *11*(1), 81–96. https://doi.org/10.2478/ausal-2018-0005

Duangnumsawang, Y., Zentek, J., & Goodarzi Boroojeni, F. (2021). Development and functional properties of intestinal mucus layer in poultry. *Frontiers in Immunology*, *12*. https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.745849

Finkelstein, J. D. (1990). Methionine metabolism in mammals. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *1*(5), 228–237. https://doi.org/10.1016/0955-2863(90)90070-2

Fontoura, R., Daroit, D. J., Corrêa, A. P. F., Moresco, K. S., Santi, L., Beys-da-Silva, W. O., Yates, J. R., Moreira, J. C. F., & Brandelli, A. (2019). Characterization of a novel antioxidant peptide from feather keratin hydrolysates. *New Biotechnology*, *49*, 71–76. https://doi.org/10.1016/j.nbt.2018.09.003

Giannenas, I., Tontis, D., Tsalie, E., Chronis, E. F., Doukas, D., & Kyriazakis, I. (2010). Influence of dietary mushroom agaricus bisporus on intestinal morphology and microflora composition in broiler chickens. *Research in Veterinary Science*, *89*(1), 78–84. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2010.02.003

Henry, P. R., & Miles, R. D. (2001). Heavy metals–vanadium in poultry. *Ciência Animal Brasileira*, *2*(1), 11–26.

Hocking, P. M., Vinco, L. J., & Veldkamp, T. (2018). Soya bean meal increases litter moisture and foot pad dermatitis in maize and wheat based diets for turkeys but maize and non-soya diets lower body weight. *British Poultry Science*, *59*(2): 227-231. https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1423675

Jackson, S., & Diamond, J. (1995). Ontogenetic development of gut function, growth, and metabolism in a wild bird, the red jungle fowl. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, *269*(5 38-5), R1163–R1173. https://doi.org/10.1152/ajpregu.1995.269.5.r1163

Kanner, J. (2007). Dietary advanced lipid oxidation endproducts are risk factors to human health. *Molecular Nutrition and Food Research*, *51*(9), 1094–1101. https://doi.org/10.1002/mnfr.200600303

Karthikeyan, R., Balaji, S., & Sehgal, P. K. (2007). Industrial applications of keratins–a review. *Journal of Scientific and Industrial Research*, *66* (9): 710-715.

Khodaparast, D., Karimi Torshizi, M. A & Rahimi, S. (2019). Effect of alkaline hydrolyzed feather meal on performance and lipid oxidation of meat and eggs of laying quails. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 129,* 87-100 (in persian).

Krilova, V., & Popov, V. (1983). A method for production of protein hydrolysate from a keratin source. *SU Patent*, *1*, 64–161.

Kumar, D. J. M., Priya, P., Balasundari, S. N., Devi, G. S. D. N., Rebecca, A. I. N., & Kalaichelvan, P. T. (2012). Production and optimization of feather protein hydrolysate from *bacillus sp . mptkK6* and its antioxidant potential. *Middle-East Journal of Scientific Research*, *11*(7), 900–907.

Lasekan, A., Abu Bakar, F., & Hashim, D. (2013). Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste Management*, *33*(3), 552–565. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.08.001

Latshaw, J. D. (1990). Quality of feather meal as affected by feather processing conditions. *Poultry Science*, *69*(6), 953–958. https://doi.org/10.3382/ps.0690953

Leeson, S., & Summers, J. D. (2000). *Commercial poultry nutrition*. Nottingham University Press.

Li, C., Lesuisse, J., Schallier, S., Clímaco, W., Wang, Y., Bautil, A., Everaert, N., & Buyse, J. (2018). The effects of a reduced balanced protein diet on litter moisture, pododermatitis and feather condition of female broiler breeders over three generations. *Animal*, *12*(7), 1493–1500. https://doi.org/10.1017/S1751731117002786

Martins, J. M. da S., Carvalho, C. M. C., Litz, F. H., Silveira, M. M., Moraes, C. A., Silva, M. C. A., Fagundes, N. S., & Fernandes, E. A. (2016). Productive and economic performance of broiler chickens subjected to different nutritional plans. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*, *18*(2), 209–216. https://doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0037

Nagai, Y., & Nishikawa, T. (1970). Alkali solubilization of chichken feather keratin. *Agricultural and Biological Chemistry*, *34*(1), 16–22. https://doi.org/10.1271/bbb1961.34.16

National Research Council (NRC) (1994) Nutrient requirements of poultry. 9th edition, national academy press, washington DC.

Naveed, A., Sharif, M., & Ji, S. (2019). Biological evaluation of NaOH treated and un-treated feather meal in broilerchicks. *Austin J Nutr Metab.*, *6*(2), 1069–1073.

Nielsen, F., Mikkelsen, B. B., Nielsen, J. B., Andersen, H. R., & Grandjean, P. (1997). Plasma malondialdehyde as biomarker for oxidative stress: reference interval and effects of life-style factors. *Clinical Chemistry*, *43*(7), 1209–1214. https://doi.org/10.1093/clinchem/43.7.1209

Ochetim, S. (1992). Nutrient characteristics of some locally available feed resources in fiji. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *5*(1), 97–100. https://doi.org/10.5713/ajas.1992.97

Odetallah, N. H., Wang, J. J., Garlich, J. D., & Shih, J. C. H. (2003). Effect of keratinase on growth performance of broiler chicks fed starter diets. *Poultry Science*, *82*, 664–670.

Okolie, N. P., Akioyamen, M. O., Okpoba, N., & Okonkwo, C. (2009). Malondialdehyde levels of frozen fish, chicken and turkey on sale in benin city markets. *African Journal of Biotechnology*, *8*(23), 6638–6640.

Papadopoulos, M. C. (1984). Feather meal: evaluation of the effect of processing conditions by chemical and chick assays. *Wageningen University and Research*. http://edepot.wur.nl/205978

Poel, A. F. B. van der, & El-Boushy, A. R. (1990). Processing methods for feather meal and aspects of quality. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, *38*(4), 681–695. https://doi.org/10.18174/njas.v38i4.16557

Raharjo, S., & Sofos, J. N. (1993). Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: a review. *Meat Science*, *35*(2), 145–169. https://doi.org/10.1016/0309-1740(93)90046-K

Ravindran, V., Morel, P. C. H., Rutherfurd, S. M., & Thomas, D. V. (2008). Endogenous flow of amino acids in the avian ileum as influenced by increasing dietary peptide concentrations. *British Journal of Nutrition*, *101*(6), 822–828.

Ruiz, V., Ruiz, D., Gernat, A. G., Grimes, J. L., Murillo, J. G., Wineland, M. J., Anderson, K. E., & Maguire, R. O. (2008). The effect of quicklime (CaO) on litter condition and broiler performance. *Poultry Science*, *87*(5), 823–827. https://doi.org/10.3382/ps.2007-00101

Sarmadi, B. H., & Ismail, A. (2010). Antioxidative peptides from food proteins: a review. *Peptides*, *31*(10), 1949–1956. https://doi.org/10.1016/j.peptides.2010.06.020

Sharma, R., & Rajak, R. C. (2003). Keratinophilic fungi: nature's keratin degrading machines! *Resonance*, *8*(9), 28–40. https://doi.org/10.1007/bf02837919

Skrzydlewska, E., & Farbiszewski, R. (1999). Protective effect of *N-acetylcysteine* on reduced glutathione, reduced glutathione-related enzymes and lipid peroxidation in methanol intoxication. *Drug and Alcohol Dependence*, *57*(1), 61–67. https://doi.org/10.1016/S0376-8716(99)00040-X

Suntornsuk, W., & Suntornsuk, L. (2003). Feather degradation by *bacillus sp. fk46* in submerged cultivation. *Bioresource Technology*, *86*(3), 239–243. https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00177-3

Teshfam, M., Nodeh, H., & Hassanzadeh, M. (2005). Alterations in the intestinal mucosal structure following oral administration of triiodothyronine (T3) in broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, *27*(2), 105–108. https://doi.org/10.1080/09712119.2005.9706550

Thornton Philip, K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. Nairobi Kenya, *Trans. R. Soc. B*, *365*(1554), 2853–2867. doi: 10.1098/rstb. 2010.0134 Phil.

Visscher, C., Klingenberg, L., Hankel, J., Brehm, R., Langeheine, M., & Helmbrecht, A. (2018). Feed choice led to higher protein intake in broiler chickens experimentally infected with *Campylobacter jejuni*. *Frontiers in Nutrition*, *5*, 79. https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00079

Wan, M. Y., Dong, G., Yang, B. Q., & Feng, H. (2016). Identification and characterization of a novel antioxidant peptide from feather keratin hydrolysate. *Biotechnology Letters*, *38*(4), 643–649. https://doi.org/10.1007/s10529-015-2016-9

Extended Abstract

Introduction Considering feed cost as a principal item in broiler production, seeking alternative low-cost and nutritious feed ingredients is an attractive research field in practical poultry nutrition. Feathers serve as body cover in living boilers, which will convert to waste as soon as the chicken is slaughtered. Feathers are of limited nutritional value, due to low digestibility and improper amino acid profile in relation to broiler requirements. This perishable by-product needs to be processed as soon as possible to avoid environmental pollution. Traditionally feathers were cooked under heat and steam pressure in specialized high-pressure cookers, which require a plenty amount of energy and equipment and often produce heat-damaged feather meal. We introduce an alkaline hydrolysis method enable to convert the raw feathers into an almost soluble amino acid-rich product, namely alkaline hydrolyzed feather meal (AHFM). The used processing method is fast, easy, and affordable and doesn't need high-temperature/ pressure equipment, just needs water and sodium hydroxide as consumable materials. There is no data on optimum inclusion rate of AHFM in broilers' diets. This experiment was an attempt to test the effects of feeding AHFM levels on Arian broilers' growth performance, intestinal morphometry, meat lipid stability, and litter quality.

Materials and Methods Alkaline hydrolyzed feather meal was produced in the first part of the experiment and its chemical composition was described in terms of crude protein, amino acids profile, ash, and some of the minerals. A total of 480 Ross 308 one-day-old broilers (straightforward) were randomly divided into 24 floor- pens furnished with wood trash (2*1 m) and raised for the first 14 d under the same condition. The four experimental diets were fed from 14 to 42 d. The control diet was formulated with 0 AHFM, while the three other diets were formulated to have 2, 4, and 5 % of levels of AHFM, respectively. Birds have free access to feed and water, and temperature and illumination were set as the Arian hybrid guidelines. Growth performance criteria (body weight gain, feed intake, feed conversion ratio, and mortality) were analyzed in 14-35, 36-42, and 15-42 d. At the end of the experiment on day 42, a chicken from each replicated pen was randomly selected to be sampled for meat (breast and thigh), and intestine. The malon-di-aldehyde content of fresh/oxidation-induced meat samples was determined as a marker of lipid oxidation. Sections of the small intestine parts were processed to cut 5 µm thickness to measure the villi dimensions. Data were analyzed in a completely randomized design (four treatments and six replicates). Means were separated using Duncan test and the linear-quadratic contrasts were set to test the regression of dependent variables from the AHFM dietary inclusion levels ($P<0.05$).

Results and Discussion During the grower period, daily weight gain decreased and the feed conversion ratio increased at 4 and 5 % AHFM levels ($P<0.05$), also feed intake increased in birds fed on a 5 % AHFM diet ($P<0.05$). In the overall experimental period feeding 4 % AHFM decreased the body weight gain compared to control ($P<0.05$) and the feed intake was reduced in birds fed on 2 % AHFM ($P<0.05$). The feed conversion ratio has not been influenced by the level of AHFM 15-42 d. Diets with AHFM decreased the jejunum villi height, while this reduction in the ileum was observed at 4 and 5 % AHFM, and goblet cell density increased at 5 % AHFM ($P<0.05$). With the increase in the level of AHFM, the concentration of malondialdehyde in fresh breast, and thigh meat decreased so that the group receiving five percent of AHFM had the lowest concentration of malondialdehyde ($P<0.01$). The level of 5 % AHFM reduced the litter moisture ($P<0.05$) and the levels of AHFM did not affect the concentration of the litter ammonia. None of the mortality, production efficiency index, and feed cost per kilogram of live weight were significantly affected by experimental treatments.

Conclusion As a general conclusion, the use of AHFM reduced the body weight and increased the feed conversion ratio of Arian broilers without affecting the mortality rate and production efficiency index, although meat oxidative stability improved.