

تأثیر پودر پر آبکافت قلیائی بر عملکرد و اکسیداسیون چربی گوشت و تخم بلدرچین تخم گذار

- داود خداپرست

دانشجوی کارشناسی ارشد تغذیه طیور، گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشگاه تربیت مدرس.

- محمد امیر کریمی ترشیزی (نویسنده مسئول)

دانشیار گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشگاه تربیت مدرس.

- شعبان رحیمی

استاد گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشگاه تربیت مدرس.

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۸

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۵۹۹۴۴۶۱

Email: karimitm@modares.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2019.126136.1916

چکیده

به منظور بررسی تأثیر پودر پر آبکافت قلیائی شده بر عملکرد و اکسیداسیون چربی گوشت و تخم بلدرچین تخم گذار، از تعداد ۶۴ قطعه بلدرچین بالغ در سن ۴۰ روزگی استفاده شد. از این تعداد بلدرچین، ۴۸ قطعه ماده و ۱۶ قطعه نر بودند که با نسبت سه به یک، در قفس های جداگانه و در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۴ تکرار مشتمل بر ۴ قطعه پرنده در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار شاهد (حاوی کنجاله سویا به عنوان منبع پروتئین) و تیمارهای به ترتیب حاوی ۳ درصد، ۶ درصد و ۹ درصد پودر پر آبکافت قلیائی، بودند. در طول دوره آزمایش، وزن تخم، ضریب تبدیل غذایی، توده تخم تولیدی، خوراک مصرفی و درصد تولید اندازه گیری شدند. در انتهای دوره آزمایش (سن ۸۲ روزگی)، از هر تکرار ۲ قطعه پرنده انتخاب، کشتار و میزان مالون دی آلدئید گوشت ران و تخم بلدرچین در نمونه های تازه و نگهداری شده در یخچال، تعیین شد. نتایج این آزمایش نشان دادند که تفاوت معنی داری از نظر ضریب تبدیل غذایی، توده تخم تولیدی، خوراک مصرفی و درصد تولید مشاهده نشد ($P > 0.05$). وزن تخم بلدرچین های تخم گذار در کل دوره پرورش در تیمارهای حاوی ۳ و ۹ درصد پودر پر آبکافت قلیائی به طور معنی داری ($P < 0.05$) نسبت به تیمار شاهد و تیمار حاوی ۶ درصد پودر پر آبکافت قلیائی، کاهش یافت. میزان مالون دی آلدئید گوشت ران و تخم بلدرچین های تخم گذار در گروه های تغذیه شده با پودر پر آبکافت قلیائی نسبت به تیمار شاهد به طور معنی داری کاهش یافت ($P < 0.05$). نتایج این مطالعه نشان دادند که استفاده از پودر پر آبکافت قلیائی تا سطح ۹ درصد، از نظر ضریب تبدیل غذایی، توده تخم تولیدی، خوراک مصرفی و درصد تولید تخم عملکرد یکسانی با کنجاله سویا داشت و همچنین باعث حفاظت آنتی اکسیدانی در گوشت و تخم بلدرچین تخم گذار شد.

واژه های کلیدی: بلدرچین تخم گذار، پودر پر آبکافت قلیائی، عملکرد، مالون دی آلدئید.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 129 pp: 87-100

Effect of Alkaline Hydrolyzed Feather Meal on Performance and Lipid Oxidation of Meat and Egg of Laying Quails.

By: Davood Khodaparast¹, Mohammad Amir Karimi Torshizi^{2*} and Shaban Rahimi³

¹ M. Sc. Student, Department of Poultry Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

² Associate Professor, Department of Poultry Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

³ Professor, Department of Poultry Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

* Corresponding Author's Email: karimitm@modares.ac.ir

Received: May 2019

Accepted: December 2019

In order to evaluate the effect of alkaline hydrolyzed feather meal on performance and lipid oxidation of meat and egg of laying quails, 64 adult quails at 40-day of age were used. Forty-eight female and 16 male quails were used in three to one proportion in separate cages in a completely randomized design with 4 treatments and 4 replicates of 4 birds in each. The experimental treatments consisted of control (containing soybean meal as protein source), and treatments containing 3%, 6% and 9% alkaline hydrolyzed feather meal, respectively. During the experimental period, egg weight, feed conversion ratio, egg mass, feed intake and egg production percentage were measured. At the end of the experimental period (82 day of age), two birds per cage were selected, slaughtered and the malondialdehyde content in fresh and stored meat and egg samples were determined. The results of this experiment showed that no significant difference was observed in feed conversion ratio, egg mass, feed intake, and egg production percentage ($P>0.05$). The weight of egg in treatments containing 3% and 9% alkaline hydrolyzed feather meal was significantly ($P<0.05$) decreased when compared with control and treatment containing 6% alkaline hydrolyzed feather meal in the whole experimental period. The malondialdehyde content of thigh meat and egg of laying quails was significantly ($P<0.05$) decreased in groups fed alkaline hydrolyzed feather meal when compared to control treatment. The results of this study showed that the use of alkaline hydrolyzed feather meal up to 9% level had similar performance with soybean meal in terms of feed conversion ratio, egg mass, feed intake and egg production percentage and caused antioxidant protection in meat and egg of laying quail.

Key words: Alkaline hydrolyzed feather meal, laying quail, malondialdehyde, performance.

مقدمه

طیور، گسترش یافته است و مقدار زیادی پس ماند تولید می کند. تمرکزگرایی فرآوری طیور، معضل دفع پس ماند طیور را شدت بخشیده است و حجم زیاد این پس مانده می تواند توجیهی برای توسعه روش های فرآوری به منظور فرایند این دور ریز یا ارائه امکانات برای کاربرد بیشتر آن ها در آینده باشد. پس مانده های حاصل از کشتار طیور عبارت از خون، پر و ضایعات (اندرونه، سرها و پاها) می باشند و در صورتی که جداگانه جمع آوری شوند، به ترتیب به صورت پودر خون، پودر پر هیدرولیز شده، پودر ضایعات کشتارگاهی طیور، فرآوری می شوند. بخش اعظم این پس مانده ها را

حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد از لاشه حیوانات کشتار شده، به مصرف انسان نمی رسند و می توان از آن ها برای تولید انرژی و یا محصولات مفید مانند پودر گوشت و استخوان و پودر ضایعات کشتارگاهی طیور، استفاده نمود (Jedrejek و همکاران، ۲۰۱۶؛ FAO، ۲۰۱۱). رشد شگرف صنعت پرورش طیور مقدار زیادی دور ریز و پس ماند به وجود آورده است. اگر به این دور ریزها توجه کافی مبذول گردد، آنها را می توان به عنوان اقلام ضروری جیره و همچنین به عنوان جایگزین بخشی از سایر اقلام خوراکی گران قیمت در خوراک حیوانات به کار برد. اکنون در بسیاری از کشورها، صنعت پرورش

¹ Viscera

درصد است (McNab and Boorman, 2002) که چیزی حدود ۲۰-۳۰ درصد کل سیستمین موجود در پودر پر را تشکیل می‌دهد (Leeson and Summers, 1977). روش‌های مختلفی همچون هیدرولیز با رطوبت کم، روش پخت دسته‌ای، روش فرآوری پیوسته و تجزیه پر توسط قارچ‌ها و میکروارگانسیم‌ها برای هیدرولیز پر استفاده شده ولی تاکنون فرآوری پر به صورت آبکافت قلیائی و استفاده از آن به عنوان خوراک طیور صورت نگرفته است. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر پودر پر آبکافت قلیائی بر عملکرد و اکسیداسیون چربی گوشت و تخم بلدرچین تخم‌گذار بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر پودر پر آبکافت قلیائی بر عملکرد و اکسیداسیون چربی گوشت و تخم بلدرچین تخم‌گذار، از تعداد ۶۴ قطعه بلدرچین بالغ در سن ۴۰ روزگی استفاده شد. از این تعداد بلدرچین، ۴۸ قطعه ماده و ۱۶ قطعه نر بودند که به صورت کاملاً تصادفی در قفس‌های جداگانه، در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۴ تکرار مشتمل بر ۴ قطعه پرنده (سه پرنده ماده به ازای یک نر) در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفتند. برای تهیه پودر پر آبکافت قلیائی در ابتدا از کشتارگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، پر خام جمع‌آوری و پرها شستشو داده شدند. سپس با استفاده از هیدروکسید سدیم و انرژی حرارتی، پودر پر آبکافت قلیائی، تولید گردید و پس از آنالیز و تعیین ترکیب مواد مغذی، در تغذیه بلدرچین تخم‌گذار مورد استفاده قرار گرفت. طبق روش کیم و همکاران (۲۰۰۲) مقدار ۴ گرم پر خام با ۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۲ درصد هیدروکسید سدیم در مدت ۲ ساعت تیمار گردید. برخی ویژگی‌های شیمیایی پودر پر آبکافت قلیائی (وزن خشک، پروتئین خام و چربی خام) در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تعیین و برای آنالیز اسیدهای آمینه آن، نمونه پودر پر به موسسه (Johann Heinrich von Thunen Institute-Federal Institute for Rural Areas Forestry and Fisheries, Bundesallee, Germany) در کشور آلمان ارسال شد و بر اساس روش‌های مندرج در AOAC (1999) اندازه‌گیری و انرژی قابل سوخت و ساز آن نیز از منابع (NRC, 1994) استخراج شد (جدول ۲).

پرهای طیور تشکیل می‌دهند که از جنس پروتئین‌های کراتینی و دور ریز هستند. از آنجا که پروتئین پر در حالت طبیعی، به میزان بسیار ناچیزی توسط حیوانات تک‌معدیه‌ای مورد گوارش قرار می‌گیرد، روش‌های گوناگونی برای فرآوری این پروتئین‌های کراتینی ابداع شده تا قابلیت گوارش آنها را بهبود بخشند (El Boushy و همکاران، 1990؛ Moran و همکاران، 1966؛ Sullivan and Papadopoulos, 1984؛ Balloun, 1973؛ Stephenson, 1975). پر طیور یکی از ضایعات فراوان و قابل دسترس در تمام نقاط جهان می‌باشد. یکی از کاربردهای کنونی پر، اتوکلاو کردن و تبدیل آن به پودر پر برای تغذیه حیوان با ضایعات دارای ارزش اقتصادی پایین می‌باشد. پرها در برابر نیروهای مکانیکی کششی، مقاوم هستند و عمدتاً از کراتین، یک پروتئین تشکیل دهنده رشته‌ای سخت و نامحلول ساخته شده‌اند (Dieckmann و همکاران، 2019). کراتین موجود در مو، ناخن و شاخ‌ها عمدتاً از نوع آلفا کراتین است (Wang و همکاران، 2016)، در حالی که پرها حاوی گروه‌های تخصصی بتا کراتین هستند که در ماه‌های نسبتاً پایین تجزیه می‌شوند اما استحکام بالایی دارند (Sawyer و همکاران، 2003). حداقل ۷۵ درصد پروتئین پر باید توسط روش هضمی پیسین، قابل هضم باشد (هاشمی، ۱۳۷۵). پودر پر یک منبع غنی از سیستمین و یک منبع خوب پروتئینی می‌باشد ولی مصرف آن به علت کمبود اسیدهای آمینه‌ای نظیر متیونین، لیزین، هیستیدین و تریپتوفان دارای محدودیت است (Leeson and Summers, 1977؛ McNab and Boorman, 2002). پودر پر عموماً حاوی ۵ - ۴/۵ درصد سیستمین می‌باشد که قابلیت هضم آن حدود ۶۰ درصد است. تنوع در کیفیت پودر پر بستگی زیادی به چگونگی فرآوری و همچنین کنترل حرارت‌دهی زیاد آن دارد (Leeson and Summers, 1977). علاوه بر این پودر پر دارای یک اسید آمینه به نام لانتیونین^۲ است که حاصل یک اتصال دی‌سولفید بین اسیدهای آمینه گوگرددار می‌باشد و به هنگام حرارت‌دهی پرها تشکیل می‌شود و در حالت طبیعی در بافت‌های حیوانی یافت نمی‌شود. این اسید آمینه یک شاخص مناسب برای تشخیص فرآوری بیش از حد پودر پر و نیز تعیین وجود پر در محصولات پروتئینی گوشتی می‌باشد (Leeson and Summers, 1977). در اغلب نمونه‌های پودر پر به طور معمول مقدار لانتیونین تقریباً معادل ۱/۲

² Lanthionine

واتمن شماره ۱ فیلتر شد. حجم مخلوط توسط TCA به ۵ میلی لیتر رسانده شد. سپس مقدار ۳ میلی لیتر TBA ۰/۸ درصد به مخلوط اضافه گردید. مخلوط فوق به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای 70°C درجه نگهداری و سپس در حمام آب یخ به مدت ۷ دقیقه خنک شد. جذب نوری مخلوط واکنش توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده و با استفاده از منحنی کالیبراسیون رسم شده برای استاندارد مالون دی آلدئید با استفاده از مقادیر جذب نور، غلظت بر اساس میکروگرم در گرم نمونه محاسبه شد.

برای بررسی میزان اکسیداسیون چربی تخم‌ها، نمونه‌های جمع‌آوری شده در هفته آخر آزمایش به دو قسمت تقسیم شدند. در نمونه زرده جدا شده، میزان مالون دی آلدئید همان‌گونه که در مورد گوشت بلدرچین تخم‌گذار ذکر شد، با استفاده از آزمایش اسید تیوباریتوریک در نمونه‌های تازه و نگهداری شده در یخچال، تعیین شد. برای تعیین برآورد اقتصادی در طول دوره آزمایش، خوراک مصرفی، هزینه خوراک مصرفی، میزان تخم تولیدی، ارزش تخم تولیدی، سود اقتصادی هر پرنده در کل دوره آزمایش و همچنین قیمت خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم تولیدی، به ترتیب با استفاده از روابط ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ اندازه‌گیری شد.

رابطه (۱) $1000 / \text{تعداد روزهای آزمایش} \times \text{خوراک مصرفی روزانه (گرم)} = \text{خوراک مصرفی هر پرنده در کل دوره آزمایش (کیلوگرم)}$
 رابطه (۲) $\text{خوراک مصرفی هر پرنده در کل دوره آزمایش} \times \text{قیمت هر کیلوگرم خوراک در جیره های آزمایشی} = \text{هزینه خوراک مصرفی هر پرنده در کل دوره آزمایش (تومان)}$

رابطه (۳) $\text{تعداد تخم تولیدی در طول دوره} \times \text{میانگین وزن تخم (گرم)} = \text{میزان تخم تولیدی هر پرنده در کل دوره (گرم)}$
 رابطه (۴) $\text{قیمت هر کیلوگرم تخم} \times \text{میزان تخم تولیدی هر پرنده در کل دوره (کیلوگرم)} = \text{ارزش تخم تولیدی هر پرنده در کل دوره آزمایش (تومان)}$

رابطه (۵) $(\text{کیلوگرم خوراک مصرفی} \times \text{قیمت هر کیلوگرم جیره}) - (\text{کیلوگرم وزن تخم} \times \text{قیمت هر کیلوگرم تخم}) = \text{سود اقتصادی هر پرنده در کل دوره آزمایش (تومان)}$

رابطه (۶) $(\text{قیمت هر کیلوگرم جیره} \times \text{ضریب تبدیل غذایی}) = \text{قیمت خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم تولیدی (تومان)}$

تیمارهای آزمایشی شامل سطوح صفر، ۳، ۶ و ۹ درصد پودر پر آبکافت قلیائی بودند. اجزای تشکیل دهنده جیره‌های مورد استفاده به همراه آنالیز مواد مغذی آن‌ها در جدول ۱، آورده شده است. در طول دوره آزمایش، وزن تخم، ضریب تبدیل غذایی، توده تخم تولیدی، خوراک مصرفی و درصد تولید اندازه‌گیری شدند. برای مقایسه تیمارها از نظر میانگین تولید، درصد تولید تخم در کل دوره پرورش به صورت روزمرغ، محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت.

در پایان دوره آزمایش (سن ۸۲ روزگی)، از هر واحد آزمایشی دو قطعه پرنده ماده، انتخاب و پس از توزین، کشتار شدند. برای بررسی میزان اکسیداسیون گوشت بلدرچین تخم‌گذار، ران پرنده‌گان در روز کشتار جدا و سپس گوشت ران بدون پوست چرخ و به دو بخش تقسیم شد که بخش اول به صورت تازه و بخش دوم پس از نگهداری در یخچال در دمای 4°C به مدت ۷ روز برای تعیین میزان اکسیداسیون چربی موجود در آن، مورد بررسی قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری میزان اکسیداسیون گوشت بلدرچین تخم‌گذار، از آزمایش واکنش با معرف اسید تیوباریتوریک (TBA)^۳ استفاده شد. این آزمایش بر سنجش مقدار جذب نوری کمپلکس صورتی رنگ حاصل از واکنش یک مولکول مالون دی آلدئید (MDA)^۴ با دو مولکول از TBA استوار است. مالون دی آلدئید، محصول اصلی تجزیه هیدروپراکسیدهای چربی است. در این آزمایش، MDA به عنوان محصول ثانویه اکسیداسیون، توسط روش TBA که به وسیله Botsoglou و همکاران (1994) شرح داده شده است و با ایجاد تغییراتی مطابق با آنچه Galobart و همکاران (2001) انجام دادند، اندازه‌گیری شد.

روش انجام این آزمایش به صورت زیر بود که ابتدا یک گرم از نمونه گوشت در داخل لوله آزمایش ۱۵ میلی‌لیتری درپوش‌دار ریخته و ۲/۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۸ درصد هیدروکسی تولوئن بوتیل^۵ (BHT) در هگزان به آن اضافه شد. بلافاصله قبل از همگن کردن، ۴ میلی‌لیتر از محلول آبی ۵ درصد تری کلرو استیک اسید^۶ (TCA) اضافه شد. مخلوط حاصله به مدت ۶۰ ثانیه با بالا با استفاده از هموژنایزر همگن و سپس به مدت ۳ دقیقه در $3000 \times \text{g}$ سانتریفیوژ شد. لایه فوقانی هگزان، حذف و لایه آبی زیرین توسط کاغذ صافی

³ Thiobarbituric acid (TBA)

⁵ Butylated Hydroxytoluene, ICN biomedical Inc.

⁶ Trichloroacetic acid, 91323, >98%, Fluka

که در آن $Y_{ij} = \mu$ مقدار هر مشاهده، μ = اثر میانگین جامعه، $T_i =$ اثر تیمارهای مختلف و $e_{ij} =$ مقدار خطای آزمایش می‌باشد. نوع تابعیت متغیرهای مورد بررسی، با استفاده از سطوح افزایشی پودر پر آبکافت قلیائی در جیره، تابعیت خطی و درجه دوم و عبارت کنتراست در رویه GLM تعیین شد.

داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS (9/1) و رویه GLM (SAS Institute, 2000) آنالیز شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح خطای 0/05 انجام شد. مدل آماری طرح بصورت زیر بود.

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

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی

سطوح پودر پر آبکافت قلیائی (درصد)			
۹	۶	۳	صفر
			تیمار
			اجزای جیره (درصد)
۶۴/۴۲	۶۳/۴۹	۶۲/۵۴	۵۷/۴۶
			ذرت
۹/۰۰	۶/۰۰	۳/۰۰	۰/۰۰
			پودر پر آبکافت قلیائی
۱۵/۷۷	۲۱/۴۴	۲۷/۱۱	۳۳/۶۳
			کنجاله سویا
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۴۴
			روغن سویا
۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۰	۱/۰۸
			دی کلسیم فسفات
۵/۴۷	۵/۴۶	۵/۴۶	۵/۴۴
			کربنات کلسیم
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳
			نمک طعام
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
			مکمل مواد معدنی ^۱
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
			مکمل ویتامینی ^۲
۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۲
			متیونین
۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۱۵	۰/۰۰
			لیزین
۳/۰۸	۱/۵۴	۰/۰۰	۰/۰۰
			ماسه
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
			جمع کل
۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰
			انرژی قابل سوخت و ساز (kcal/kg)
۱۹/۳۱	۱۹/۳۱	۱۹/۳۱	۱۹/۳۱
			پروتئین خام (درصد)
۲/۴۱	۲/۴۱	۲/۴۱	۲/۴۱
			کلسیم (درصد)
۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴
			فسفر قابل دسترس (درصد)
۰/۴۷	۰/۳۲	۰/۱۷	۰/۱۴
			سدیم (درصد)
۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۲۲
			کلر (درصد)
۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳
			متیونین (درصد)
۱/۱۵	۱/۰۲	۰/۸۹	۰/۷۶
			متیونین + سیستین (درصد)
۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۰۵
			لیزین (درصد)

^۱ مکمل مواد معدنی در هر کیلوگرم از خوراک مقادیر زیر را تامین می‌کرد: منگنز، ۸۰ میلی‌گرم؛ آهن، ۵۰ میلی‌گرم؛ روی، ۶۰ میلی‌گرم؛ مس، ۱۰ میلی‌گرم؛ ید، ۱ میلی‌گرم و سلنیوم، ۰/۲ میلی‌گرم.

^۲ مکمل ویتامینی در هر کیلوگرم از خوراک مقادیر زیر را تامین می‌کرد: ویتامین A، ۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D₃، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۲ میلی‌گرم؛ ویتامین K₃، ۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B₁، ۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B₂، ۶ میلی‌گرم؛ ویتامین B₃، ۸ میلی‌گرم؛ ویتامین B₅، ۳۵ میلی‌گرم؛ ویتامین B₆، ۲/۵ میلی‌گرم؛ ویتامین B₉، ۰/۵ میلی‌گرم و ویتامین B₁₂، ۱۲ میلی‌گرم.

جدول ۲- انرژی قابل سوخت و ساز و ترکیب مواد مغذی پودر پر آبکافت قلیائی

۴/۰۰	ترئونین (درصد)	۹۲/۰۰	ماده خشک (درصد)
۴/۷۰	سیستین (درصد)	۳۰۰۰	انرژی قابل سوخت و ساز (kcal/kg)
۶/۷۰	آرژینین (درصد)	۷۲/۶۶	پروتئین خام (درصد)
۳/۶۰	والین (درصد)	۵/۱۱	چربی خام (درصد)
۷/۶۰	لوسین (درصد)	۰/۴۰	متیونین (درصد)
۴/۴۰	ایزولوسین (درصد)	۱/۷۷	لیزین (درصد)

نتایج و بحث

در طول سه هفته اول دوره پرورش، ضریب تبدیل غذایی، مصرف خوراک روزانه و درصد تولید بلدرچین‌های تخم‌گذار، تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0/05$). با این حال، وزن تخم و توده تخم تولیدی بلدرچین‌های تخم‌گذار تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ($P < 0/05$). نتایج این آزمایش نشان دادند که وزن تخم بلدرچین‌های تخم‌گذار در هفته‌های اول تا سوم دوره پرورش در تیمار شاهد (حاوی کنجاله سویا به عنوان منبع پروتئین) و تیمار حاوی ۶ درصد پودر پر آبکافت قلیائی، بالاتر بود و تیمار حاوی ۹ درصد پودر پر آبکافت قلیائی به صورت معنی‌داری ($P < 0/05$) سبب کاهش وزن تخم شد. با این حال، می‌توان گفت وزن تخم بلدرچین‌های تخم‌گذار در هفته‌های اول تا سوم دوره پرورش از یک روند خطی تبعیت کرد. توده تخم تولیدی نیز در تیمار شاهد بالاتر بود و تیمارهای حاوی ۶ و ۹ درصد پودر پر آبکافت قلیائی به صورت معنی‌داری ($P < 0/05$) سبب کاهش توده تخم تولیدی شدند. در کل به نظر می‌رسد که

توده تخم تولیدی با افزایش سطح پودر پر آبکافت قلیائی، از یک روند کاملاً خطی تبعیت می‌کرد و با افزایش سطح مصرف پودر پر، توده تخم تولیدی کاهش یافت. در طول سه هفته دوم دوره پرورش، ضریب تبدیل غذایی، توده تخم تولیدی، مصرف خوراک روزانه و درصد تولید بلدرچین‌های تخم‌گذار تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0/05$) اما وزن تخم در سه هفته دوم دوره پرورش تحت تأثیر تیمار قرار گرفت ($P < 0/05$). نتایج این آزمایش نشان دادند که وزن تخم بلدرچین‌های تخم‌گذار در سه هفته دوم دوره پرورش در تیمار شاهد (حاوی کنجاله سویا به عنوان منبع پروتئین) و تیمار حاوی ۶ درصد پودر پر آبکافت قلیائی، بالاتر بود و تیمارهای حاوی ۳ و ۹ درصد پودر پر آبکافت قلیائی به صورت معنی‌داری ($P < 0/05$) سبب کاهش وزن تخم شدند. از نظر تابعیت خطی نیز وزن تخم بلدرچین‌های تخم‌گذار وابسته به تیمار بود و با افزایش سطح پودر پر آبکافت قلیائی در جیره، وزن تخم کاهش یافت (جدول ۳).

جدول ۳- اثر پودر پر آبکافت قلیائی بر عملکرد بلدرچین‌های تخم‌گذار در هفته‌های مختلف دوره پرورش

درصد تولید	خوراک مصرفی روزانه (گرم)	توده تخم تولیدی (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	وزن تخم (گرم)	سطوح پودر پر آبکافت قلیائی
هفته‌های اول تا سوم					
۰/۹۱	۲۵/۳۴	۱۰/۴۴ ^a	۲/۴۲	۱۱/۴۸ ^a	شاهد
۰/۹۰	۲۵/۳۶	۹/۶۷ ^{ab}	۲/۶۱	۱۰/۷۵ ^{ab}	٪۳
۰/۸۵	۲۴/۶۳	۹/۳۱ ^b	۲/۶۲	۱۰/۹۶ ^{ab}	٪۶
۰/۸۶	۲۴/۴۷	۹/۰۱ ^b	۲/۷۱	۱۰/۴۸ ^b	٪۹
۰/۰۲	۰/۸۰	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۲۱	SEM
۰/۲۱	۰/۸۰	۰/۰۰۸	۰/۳۰	۰/۰۳	P_value
۰/۰۸	۰/۳۷	۰/۰۰۱	۰/۰۸	۰/۰۱	خطی
۰/۷۱	۰/۹۱	۰/۳۷	۰/۶۷	۰/۵۸	درجه دوم
هفته‌های چهارم تا ششم					
۰/۸۷	۲۷/۲۳	۱۰/۳۷	۲/۶۶	۱۱/۹۲ ^a	شاهد
۰/۹۰	۲۷/۴۰	۹/۹۴	۲/۷۷	۱۱/۰۵ ^b	٪۳
۰/۸۶	۲۷/۴۹	۹/۹۶	۲/۷۸	۱۱/۵۹ ^{ab}	٪۶
۰/۸۴	۲۶/۶۱	۹/۲۴	۲/۹۱	۱۱/۰۱ ^b	٪۹
۰/۰۳	۰/۶۶	۰/۵۱	۰/۱۰۲	۰/۱۶	SEM
۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۴۸	۰/۴۱۷	۰/۰۰۶	P_value
۰/۴۳	۰/۵۵	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۰۱	خطی
۰/۵۴	۰/۴۴	۰/۸۶	۰/۹۴	۰/۳۹	درجه دوم

^{a-b} در هر ستون، میانگین‌های با حروف غیرمشترک، از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند ($P < 0.05$).

می‌رسد که پودر پر آبکافت قلیائی را می‌توان به عنوان جایگزین بخشی از کنجاله سویا در جیره نیز در نظر گرفت. از طرف دیگر، وزن تخم بلدرچین‌های تخم‌گذار تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ($P < 0.05$) به‌طوری‌که در تیمار شاهد و تیمار حاوی ۶ درصد پودر پر آبکافت قلیائی وزن تخم، بالاتر بود. بنابراین به نظر می‌رسد اگر هدف پرورش‌دهنده افزایش وزن تخم باشد، بهترین

جدول ۴ نشان‌دهنده وزن تخم، ضریب تبدیل غذایی، توده تخم تولیدی، خوراک مصرفی و درصد تولید در کل دوره پرورش می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در کل دوره پرورش، ضریب تبدیل غذایی، توده تخم تولیدی، مصرف خوراک روزانه و درصد تولید بلدرچین‌های تخم‌گذار تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). با توجه به این نتایج به نظر

پودر پر آبکافت قلیائی نسبت به پودر پری که توسط لونگ و پین (1977) استفاده شد، ارزش تغذیه‌ای بیشتری (تعادل اسید آمینه‌ای بهتر) دارد. Vogt و Stute (1969) جوجه‌های گوشتی را با جیره‌های همسان از نظر انرژی و نیتروژن که حاوی سطوح صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد پودر پر هیدرولیز شده و نیز مکمل اسید آمینه متیونین تغذیه و مشاهده کردند که افزودن پودر پر تا سطح ۵ درصد به جیره، هیچ اثر منفی بر ضریب تبدیل خوراک نداشت. در مطالعه دیگری روی بوقلمون‌های جوان، Balloun و Khajareren (1974) گزارش کردند که با افزودن پودر پر به جیره بوقلمون تا سطح ۱۵ درصد، ضریب تبدیل غذایی در سنین ۱ تا ۴ هفتگی و سنین ۴ تا ۸ هفتگی در مقایسه با گروه شاهد تحت تأثیر قرار نگرفت. بر اساس گزارش Dagher (1975)، مرغ‌های تخم‌گذاری که پودر پر بدون مکمل‌سازی با اسید آمینه را به جای پودر ماهی در یک جیره بر پایه ذرت-کنجاله سویا دریافت می‌کردند، کمترین درصد تولید تخم‌مرغ و کمترین بازده استفاده از خوراک را داشتند که با نتایج آزمایش حاضر، مغایرت دارد. همچنین در آزمایشی دیگر گزارش شد که افزودن مکمل لیزین و متیونین به پودر پر، بهبود معنی‌داری از نظر تولید تخم، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی ایجاد کرد اگرچه وزن تخم‌مرغ توسط هیچ یک از تیمارها تحت تأثیر قرار نگرفت. از نتایج این آزمایش می‌توان دریافت که پودر پر آبکافت قلیائی نسبت به پودر پر مورد استفاده توسط داقیر (1975)، احتمالاً از نظر تعادل اسید آمینه بهتر بوده و همان‌طور که در جدول ۴ نیز مشاهده می‌شود، درصد تولید و خوراک مصرفی تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایشی در کل دوره تولید قرار نگرفت زیرا در آزمایش‌های داقیر (1975) با افزودن مکمل لیزین و متیونین، بهبود در عملکرد حاصل شد همچنان که در تحقیق حاضر نیز برای تأمین نیاز، دو اسید آمینه مذکور مکمل شدند.

سطح استفاده از پودر پر آبکافت قلیائی در جیره، ۶ درصد می‌باشد اگرچه تیمار حاوی ۶ درصد پودر پر آبکافت قلیائی با سطوح ۳ و ۹ درصد پودر پر آبکافت قلیائی، تفاوت معنی‌داری نداشت. Koelkebeck و همکاران (1999) با انجام مطالعه‌ای روی جیره تولک‌بری طیور تخم‌گذار نشان دادند که افزودن ۵/۷۵ و ۸/۵ درصد پودر پر یا ۵/۷۵ درصد پودر پر به اضافه متیونین و لیزین، تولید تخم‌مرغ و افزایش وزن بدن را بعد از دوره تولک‌بری در قیاس با جیره پایه حاوی ذرت افزایش داد چرا که مطابق با آزمایش‌های انجام شده در این زمینه، طیور تغذیه شده با جیره تولک‌بری حاوی پروتئین بالا (۱۶ تا ۱۷ درصد) در قیاس با طیور تغذیه شده با جیره حاوی پروتئین پایین، بازگشت به تولید تخم‌مرغ و نیز افزایش وزن مجدد سریع‌تری دارند. Luong و Payne (1977) پودر پر هیدرولیز شده را در جیره مرغ‌های تخم‌گذار تا میزان ۷ درصد، جایگزین گندم کردند. آنها بر خلاف نتایج حاضر گزارش کردند که تولید تخم‌مرغ به خاطر کمبود لیزین، متیونین و تریپتوفان کاهش یافت. دلیل کاهش تولید تخم در مطالعه لونگ و پین (1977)، شاید به خاطر نحوه فرآوری پودر پر هیدرولیز شده (پخت دسته‌ای با فشار ۲۰۷ کیلوپاسکال به مدت ۶۰ دقیقه) توسط این دو محقق باشد و ممکن است مدت زمان زیاد فرآوری آن، باعث از بین رفتن اسیدهای آمینه لیزین، متیونین و تریپتوفان در پودر پر شده باشد با این حال در تحقیق حاضر، درصد تولید تخم تحت تأثیر هیچ‌یک از تیمارها قرار نگرفت. استفاده از پودر پر در جیره و مکمل‌سازی جیره حاوی پودر پر با استفاده از ۳ درصد لیزین (L-Lysine HCl)، ۰/۰۷ درصد DL-متیونین و ۰/۰۵ درصد L-Tryptophan، وزن توده تخم روزانه مشابه با آن مقداری بود که در جیره متعارف به دست آمد (Luong and Payne, 1977). با مقایسه نتایج این آزمایش‌ها می‌توان دریافت که با توجه به اینکه در آزمایش حاضر هیچ اسید آمینه‌ای به پودر پر آبکافت قلیائی اضافه نشد، بنابراین

جدول ۴- اثر پودر پر آبکافت قلیائی بر عملکرد بلدرچین‌های تخم‌گذار در کل دوره پرورش

سطوح پودر پر آبکافت قلیائی	وزن تخم (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	توده تخم تولیدی (گرم)	خوراک مصرفی روزانه (گرم)	درصد تولید
شاهد	۱۱/۷۰ ^a	۲/۵۴	۱۰/۴۷	۲۶/۲۸	۰/۸۹
٪۳	۱۰/۹۰ ^b	۲/۶۹	۹/۸۶	۲۶/۳۸	۰/۹۰
٪۶	۱۱/۲۸ ^{ab}	۲/۷۰	۹/۶۷	۲۶/۰۶	۰/۸۵
٪۹	۱۰/۷۴ ^b	۲/۸۱	۹/۲۰	۲۵/۵۴	۰/۸۵
SEM	۰/۱۶	۰/۰۸۱	۰/۳۳	۰/۵۰	۰/۰۲
P_value	۰/۰۰۷	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۶۶	۰/۴۳
خطی	۰/۰۰۶	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۱۷
درجه دوم	۰/۴۴	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۵۵	۰/۷۶

در هر ستون، میانگین‌های با حروف غیرمشترک، از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند ($P < 0.05$).

داده‌اند که سیستم یک آنتی‌اکسیدان است که اثر مستقیمی بر رادیکال‌های آزاد دارد و یک پیش‌ساز گلوتاتیون است (Hassan و همکاران 2001؛ Sen, 1999). سیستمین در کاهش پراکسیداسیون لیپید، افزایش سطح GSH در کبد و اریتروسیت‌ها و افزایش فعالیت آنزیم‌های مرتبط با گلوتاتیون (glutathione related enzymes) در سرم، اریتروسیت‌ها و کبد نقش دارد (Skrzydewska and Farbiszewski, 1999). تری‌پتید گلوتاتیون (GSH) نقش کلیدی در دفاع سلول در مقابل آسیب‌های اکسیدکننده‌ها و رادیکال‌های آزاد و همچنین در سم‌زدایی زنبوتیک‌های الکتروفیل، بازی می‌کند. به هر حال وقتی گلوتاتیون یا پیش‌ساز اسید آمینه‌ای آن یعنی سیستمین به میزان ۵۰۰ قسمت در میلیون به جیره اضافه شد، محافظت ملایمی در مقابل کاهش رشد ناشی از آفلاتوکسین B₁ در جوجه‌های تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ قسمت در میلیون از این سم، مشاهده شد (Dalvi and McGowan, 1984).

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، سطوح افزایشی پودر پر آبکافت قلیائی (۰، ۳، ۶ و ۹ درصد) در جیره بر میزان مالون دی‌آلدئید گوشت و تخم بلدرچین‌های تخم‌گذار، تأثیر معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). در مورد تأثیر پودر پر آبکافت قلیائی بر میزان مالون دی‌آلدئید تخم بلدرچین‌های تخم‌گذار، نتایج نشان دادند که در نمونه‌های تازه و نمونه‌های نگهداری شده در یخچال، بیشترین میزان مالون دی‌آلدئید، مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان مالون دی‌آلدئید مربوط به تیمار حاوی ۳ درصد پودر پر آبکافت قلیائی بود. در مورد تأثیر پودر پر آبکافت قلیائی بر میزان مالون دی‌آلدئید گوشت بلدرچین تخم‌گذار، نتایج نشان دادند که در نمونه‌های تازه و در نمونه‌های نگهداری شده در یخچال، بیشترین میزان مالون دی‌آلدئید، مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان مالون دی‌آلدئید مربوط به تیمار حاوی ۹ درصد پودر پر آبکافت قلیائی بود که به نظر می‌رسد استفاده از پودر پر آبکافت قلیائی، یک نقش آنتی‌اکسیدانی در جیره دارد. مطالعات اولیه نشان

جدول ۵- تأثیر پودر پر آبکافت قلیائی بر میزان مالون دی آلدئید گوشت و تخم بلدرچین های تخم گذار

گوشت بلدرچین های تخم گذار		تخم بلدرچین های تخم گذار		پودر پر آبکافت قلیائی	
مالون دی آلدئید (گوشت نگهداری شده در یخچال)	مالون دی آلدئید (گوشت تازه)	مالون دی آلدئید (تخم نگهداری شده در یخچال)	مالون دی آلدئید (تخم تازه)		
(میکروگرم در هر گرم)				(درصد)	
۴/۵۸۵ ^a	۱/۲۳۵ ^a	۱/۹۶۰ ^a	۰/۴۰۹ ^a	۰	
۲/۰۶۹ ^b	۰/۸۱۵ ^c	۰/۲۶۷ ^d	۰/۱۹۳ ^d	۳	
۱/۱۳۱ ^c	۰/۹۷۶ ^b	۰/۸۶۸ ^b	۰/۲۳۰ ^c	۶	
۰/۸۴۹ ^d	۰/۷۱۰ ^d	۰/۵۴۲ ^c	۰/۲۳۹ ^b	۹	
۰/۰۰۳	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۲		SEM
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱		P value

^{a-d} در هر ستون، میانگین های با حروف غیرمشترک، از نظر آماری دارای اختلاف معنی داری می باشند ($P < 0/05$).

جیره ها، نسبت داد بطوریکه مقدار کنجاله سویا در تیمار حاوی ۹ درصد پودر پر آبکافت قلیائی نسبت به تیمار شاهد، بیش از ۵۰ درصد کاهش یافت. همچنین مطابق با یافته های پژوهش حاضر، خداپرست و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که استفاده از پودر پر آبکافت قلیائی باعث کاهش هزینه ها برای تأمین پروتئین جیره در خوراک دام و طیور می شود. سطوح تابعیت خطی مصرف و هزینه خوراک، میزان تولید تخم هر پرنده در کل دوره پرورش و قیمت خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم تولیدی در کل دوره پرورش نیز تحت تأثیر سطوح افزایشی پودر پر آبکافت قلیائی شده قرار گرفت ($P < 0/05$) و این روند با افزایش سطح پودر پر آبکافت قلیائی شده در جیره، به صورت کاهشی تغییر یافت.

در جدول ۶ اثر سطوح افزایشی پودر پر آبکافت قلیائی بر پارامترهای اقتصادی بلدرچین های تخم گذار، برآورد شده است. پودر پر آبکافت قلیائی اثر معنی داری بر مصرف خوراک، میزان تولید تخم، سود اقتصادی هر پرنده در کل دوره پرورش و قیمت خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم تولیدی بلدرچین در کل دوره پرورش نداشت ($P > 0/05$). هزینه خوراک مصرفی هر پرنده در کل دوره آزمایش تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ($P < 0/05$) بطوریکه با افزایش سطح پودر پر آبکافت قلیائی در جیره، هزینه خوراک مصرفی هر پرنده در کل دوره تولید کاهش یافت. دلیل کاهش هزینه خوراک در کل دوره پرورش را می توان به قیمت پایین پودر پر آبکافت قلیائی نسبت به کنجاله سویا در

جدول ۶- اثر تیمارهای آزمایشی بر پارامترهای اقتصادی بلدرچین‌های تخم‌گذار در کل دوره پرورش (۴۲ روز)

تیمار	خوراک مصرفی هر پرنده در کل دوره آزمایش (گرم)	هزینه خوراک مصرفی هر پرنده در کل دوره آزمایش (تومان)	میزان تخم تولیدی هر پرنده در کل دوره (گرم)	ارزش تخم تولیدی هر پرنده در کل دوره آزمایش (تومان)	سود اقتصادی هر پرنده در کل دوره آزمایش (تومان)	قیمت خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم تولیدی (تومان)
شاهد	۱۱۱۰	۱۸۱۰/۶۹ ^a	۴۵۳	۹۶۴۵/۸۳	۷۸۳۵/۱۳	۴۱۷۳/۰۱
٪۳	۱۱۱۱	۱۶۹۵/۳۹ ^b	۴۳۵	۹۹۱۶/۶۶	۸۲۲۱/۲۷	۴۱۲۴/۳۲
٪۶	۱۱۰۹	۱۵۸۷/۲۷ ^c	۴۲۶	۸۹۳۷/۵۰	۷۳۵۰/۲۲	۳۹۲۱/۳۶
٪۹	۱۱۰۷	۱۴۶۹/۷۴ ^d	۳۶۷	۸۵۸۳/۳۳	۷۱۱۳/۵۹	۳۸۵۹/۳۳
SEM	۰/۰۲	۳۱/۰۴	۰/۰۲	۴۰۴/۲۴	۳۹۸/۴۷	۱۲۲/۲۰
P_value	۰/۶۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۴	۰/۱۲۶	۰/۲۵۳	۰/۲۵۰
خطی	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۳۹	۰/۱۱۴	۰/۰۴۸
درجه دوم	۰/۵۵	۰/۹۷	۰/۸۱	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۹۵

^{a-d} در هر ستون، میانگین‌های با حروف غیرمشترک، از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد که می‌توان از پودر پر آبکافت قلیائی تا سطح ۳ درصد در جیره بلدرچین‌های تخم‌گذار بدون بروز هیچ‌گونه اثر منفی بر عملکرد استفاده کرد. علاوه بر این، با افزایش سطح پودر پر آبکافت قلیائی در جیره، هزینه خوراک مصرفی هر پرنده در کل دوره پرورش، کاهش می‌یابد. همچنین به نظر می‌رسد که استفاده از پودر پر آبکافت قلیائی در جیره، می‌تواند نقش یک آنتی‌اکسیدان را در گوشت و تخم بلدرچین‌های تخم‌گذار، ایفا کند.

منابع

- AOAC. (1999). Official Methods of Analysis. 16th rev. ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Balloun, S.L. and Khajareren, J.K. (1974). The effects of whey and yeast on digestibility of nutrients in feather meal. *Poultry Science*. 53: 1084-1095.
- Botsoglou, N.A., Fletouris, D.J., Papageorgiou, G.E., Vassilopoulos, V.N., Mantis, A.J. and Trakatellis, A.G. (1994). Rapid, sensitive, and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food, and feedstuff samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 42: 1931-1937.
- Daghir, N.J. (1975). Studies on poultry by-product meals in broiler and layer rations. *World Poultry Science*. 31: 200-211.

- خداپرست، د.، کریمی ترشیزی، م.ا. و رحیمی، ش. (۱۳۹۸). مقایسه اقتصادی پروتئین کنجاله سویا و پودر پر آبکافت قلیایی شده در خوراک طیور. هشتمین همایش ملی امنیت غذایی؛ ایده‌ها و پژوهش‌ها در مهندسی بازیافت و کاهش ضایعات کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس، تهران. ص. ۱-۵.
- هاشمی، م. (۱۳۷۵). خوراک‌ها و خوراک‌دادن و جیره‌نویسی. ۱. چاپ اول، انتشارات فرهنگ جامع. ص. ۲۶۲.

- Dalvi, R.R. and McGowan, C. (1984). Experimental induction of chronic aflatoxicosis in chickens by purified aflatoxin B₁ and its reversal by activated charcoal, phenobarbital, and reduced glutathione. *Poultry Science*. 63: 485-491.
- Dieckmann, E., Eleftheriou, K., Audic, T., Lee, K.Y., Sheldrick, L. and Cheeseman, C. (2019). New sustainable materials from waste feathers: Properties of hot-pressed feather/cotton/bi-component fibre boards. *Sustainable Materials and Technologies*, 00107.
- El Boushy, A.R., van der Poel, A.F.B. and Walraven, O.E. D. (1990). Feather meal - a biological waste: its processing and utilization as a feedstuff for poultry. *Biological Wastes*. 32: 39-74.
- FAO. (2011). Global Food Losses and Food Waste - Extent, Causes and Prevention. Save Food: *An initiative on Food Loss and Waste Reduction*. <https://reliefweb.int>.
- Galobart, J., Barroeta, A.C., Baucells, M.D. and Guardiola, F. (2001). Lipid oxidation in fresh and spray-dried eggs enriched with omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids during storage as affected by dietary vitamin E and Canthaxanthin supplementation. *Poultry Science*. 80: 327-337.
- Hassan, N. S., Weshay, K. M., Ahmed, H. H., and Abdel-Wahhab, M. A. (2001). Effects of antioxidants on oxidative stress of Pyriproxyfen in female rats. *Medicine Journal Cairo University*. 69: 83-94.
- Jedrejek, D., Levic, J., Wallace, J. and Oleszek, W. (2016). Animal by-products for feed: characteristics, European regulatory framework, and potential impacts on human and animal health and the environment. *Animal Feed Science*. 25: 189-202.
- Kim, W.K., Lorenz, E.S. and Patterson, P.H. (2002). Effect of enzymatic and chemical treatments on feather solubility and digestibility. *Poultry Science*. 81: 95-98.
- Koelkebeck, K.W., Parsons, C.M., Leeper, R.W., Jin, S. and Douglas, M.W. (1999). Early postmolt performance of laying hens fed a low-protein corn molt diet supplemented with corn gluten meal, feather meal, methionine, and lysine. *Poultry Science*. 78: 1132-1137.
- Leeson, S. and Summers, J.D. (1977). Commercial Poultry Nutrition, Second Edition, *University Books*, pp: 43-46.
- Luong, V.B. and Payne, E.G. (1977). Hydrolysed feather protein as a source of amino acids for laying hens. *British Poultry Science*. 18: 523-527.
- McNab, J.M. and Boorman, K.N. (2002). Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value. *First Edition*, CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Moran Jr., E.T., Summers, J.D. and Slinger, S.J. (1966). Keratin as a source of protein for the growing chicks. 1. Amino acid imbalance as the cause for inferior performance of feather meal and the implication of disulfide bonding in raw feathers as the reason for poor digestibility. *Poultry Science*. 45: 1257-1266.
- Morris, W.E. and Balloun, S.L. (1973). Evaluation of five differently processed feather meals by nitrogen retention, net protein values, xanthine dehydrogenase activity and chemical analysis. *Poultry Science*. 52: 1075-1084.
- National Research Council. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed., *National Academy Press, Washington, DC*.
- Papadopoulos, M.C. (1984). Feather meal: evaluation of the effect of processing conditions by chemical and chick assays.

- Ph.D. Dissertation, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- SAS Institute. (2000). SAS/STAT Guide for Personal Computers. 8th Edition, SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Sawyer, R.H., Salvatore, B.A., Potylicki, T.T.F., French, J.O., Glenn, T.C. and Knapp, L.W. (2003). Origin of feathers: Feather beta (β) keratins are expressed in discrete epidermal cell populations of embryonic scutate scales. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*. 295: 12-24.
- Sen, C.K. (1999). Glutathione homeostasis in response to exercise training and nutritional supplements. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 196: 31-42.
- Skrzydłowska, E., and 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: 61-67.
- Sullivan, T.W. and Stephenson, E.L. (1975). Effect of processing methods on the utilization of hydrolysed poultry feathers by growing chicks. *Poultry Science*. 36: 361-365.
- Vogt, H. and Stute, K. (1969). The use of feather meal in broiler rations. *Archiv Fur Geflugelkunde*. 39: 51-53.
- Wang, B., Yang, W., McKittrick, J. and Meyers, M.A. (2016). Keratin: Structure, mechanical properties, occurrence in biological organisms, and efforts at bioinspiration. *Progress in Materials Science*. 76: 229-318.

