

Effects of time and temperature conditioner on feed pellet quality and growth performance, blood indices and Jejunal morphology of broilers

Introduction: Pelleting is the most common thermal process in the poultry feed industry. Pelleting aims to compact smaller feed particles into larger ones to increase economic benefits through increased feed intake and consequently improved growth performance, safety, and health of broiler chickens. Heat, moisture, and mechanical pressure during pelleting induce chemical and physical changes that may affect feed components, bird growth, and health. From a nutritional point of view, the partial denaturation of proteins during pelleting improves their digestibility and allows easier access to proteases (Dozier, 2001). Gelatinization is the irreversible loss of the crystalline form of starch granules, which makes the surface of the starch molecule accessible to reagents, solvents and enzymes, which can then break down its glycosidic bonds and increase the digestibility of the starch (Moritz et al., 2005). Therefore this study aimed to evaluate the effects of feed processing conditions in conditioners on pellet quality and growth performance, immune response, and blood indices of broilers.

Materials and Methods: A total of 480 one-day-old Ross 308 broiler chicks were used in a completely randomized design. Treatments were arranged in a 2×4 factorial arrangement with four temperature levels (70, 76, 82, and 88 °C) and two conditioning time levels (45 and 65 seconds). The pellet durability index (PDI) was calculated to determine pellet quality. The diets were fed for 42 days in diets with three periods of starter (1-10 days), grower (11-24 days), and finisher (25-42 days). Growth performance involving body weight gain, and feed intake, were measured at the end of each experimental period and the feed conversion ratio was also calculated at the same. At the end of the experimental period, two birds of each replicate were slaughtered and blood samples were collected from two birds of each replicate. After centrifuging the blood at 2500 rpm, the plasma was stored at -20°C until biochemical indices were analyzed. The plasma protein, cholesterol, triglyceride, LDL, and HDL, and the enzyme activity of AST and ALT were determined by the autoanalyzer spectrophotometry. At the end of the experimental period, two birds from each replicate were slaughtered, and carcass weight and other internal organs were measured. Additionally, jejunal tissue samples were also collected for morphological analysis and preserved in formalin.

Results and Discussion: The results of this study showed that conditioning time and temperature did not have a significant effect on pellet quality and strength. However, performance indices were affected by the experimental treatments ($P<0.05$). Pellets produced at the highest temperature had the lowest daily weight gain and higher Feed conversion ratio throughout the growth, finisher, and overall rearing periods as compared to the diets pelleted at 76°C and 65 second ($P<0.001$). The highest carcass efficiency (72.62) and breast relative weight (25.66) and the blood concentration of total protein (6.44) and albumin (3.7) was observed in broilers consuming diets pelleted at 82°C and 65 seconds ($P<0.001$) as compared to other treatments. The treatments affected the concentrations of glucose, total protein, albumin, cholesterol, triglycerides, HDL, LDL, and aspartate aminotransferase enzyme ($P<0.001$). The concentration of blood glucose was higher in broiler fed with diets pelleted at 70°C and 45 or 65 seconds as compared other treatments. The concentration of blood cholesterol, triglyceride and HDL was higher in broiler fed with diets pelleted at 70°C and 65 seconds as compared other treatments. Increasing the conditioning temperature reduced the concentrations of glucose, cholesterol, triglycerides, and LDL and increased the concentration of AST enzyme ($P<0.001$). Intestinal morphological indices such as villus height, villus height to crypt depth ratio, and absorptive surface area were also affected by the experimental

treatments ($P<0.05$). Broilers consuming pellets processed at 76°C and 65 seconds had the highest villus length, villus height to crypt depth ratio, and villus surface area compared to other treatments ($P<0.05$). The broilers fed diets pelleted at 88°C had the lowest performance indices and higher blood lipid ($P<0.05$).

Conclusion: The findings of the present study showed that a temperature of 76°C and time of 65 seconds improved the growth performance of broilers, and a temperature of 82°C and time of 65 seconds improved carcass efficiency. In terms of intestinal histological indices, a temperature of 76°C and a time of 65 seconds was more suitable than other temperatures. The diets pelleted at temperature of 88°C reduced growth performance and histological and biochemical indices of blood. Therefore, for higher growth performance of broilers, a temperature of 76°C and time of 65 seconds is recommended, and for improving histological indices of the digestive tract and biochemical indices of blood, a temperature of 76°C and a time of 65 seconds is recommended for pelleting feed for broilers.

Keywords: Cholesterol, Glucose, Jejunal morphology, conditioning temperature and time, Pellet durability index.

اثرات شرایط فرآوری دما و زمان در کاندیشنر بر کیفیت خوراک پلت، عملکرد رشد، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و ریخت شناسی ژژنوم جوجه گوشتی

امیر اسدالله مزروعی^۱، سید جواد حسینی واثان^{۲*}، محسن مجتهدی^۳، حسین نعیمی پور یونسی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰

۱ و ۲- کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

jhosseiniv@yahoo.com

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.90881.1223>

چکیده

فناوری پردازش خوراک طیور شامل مراحل مختلف عملیات حرارتی از جمله اکستروژن، انبساط، کاندیشنینگ و پلت کردن است. عوامل کاندیشنینگ (دما و زمان) می‌تواند کیفیت پلت را بهبود بخشد. هدف این مطالعه ارزیابی اثر دما و زمان کاندیشنینگ بر کیفیت پلت، عملکرد رشد، اجزای لاشه، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و ریخت شناسی روده جوجه گوشتی بود. ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی، در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل 4×2 با چهار سطح دما (۷۰، ۷۶، ۸۲ و ۸۸ سلسیوس) دو سطح زمان کاندیشنینگ (۴۵ و ۶۵ ثانیه) استفاده شد. برای تعیین کیفیت پلت، از هر خوراک پلت، سه نمونه انتخاب و شاخص پایداری پلت آن‌ها محاسبه شد. صفات عملکرد رشد، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و ریخت شناسی ژژنوم جوجه گوشتی اندازه‌گیری شدند. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد، دمای ۷۶ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۵ ثانیه باعث بهبود عملکرد رشد جوجه گوشتی می‌شود و دمای ۸۲ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۵ ثانیه، راندمان

لاشه و درصد گوشت سینه را افزایش داد. افزایش دما و زمان کاندیشنینگ خوراک باعث کاهش گلوکز و کلسترول و افزایش پروتئین، آلبومین و فعالیت آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز در جوجه‌های گوشتی شد. شاخص‌های بافت شناسی روده، در دمای ۷۶ و زمان ۶۵ ثانیه در مقایسه با سایر دماها، مناسب‌تر بود. دمای ۸۸ درجه باعث کاهش عملکرد رشد و شاخص‌های بافت شناسی و بیوشیمیایی خون گردید. لذا برای عملکرد رشد بالاتر جوجه‌های گوشتی، دمای ۷۶ و زمان ۶۵ ثانیه و برای ارتقای شاخص‌های بافت شناسی دستگاه گوارش و بیوشیمیایی خون دمای ۷۶ درجه و ۶۵ ثانیه برای پلت نمودن خوراک جوجه‌های گوشتی پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: دما و زمان کاندیشنینگ، ریخت شناسی ژژنوم، شاخص پایداری پلت، کلسترول، گلوکز

مقدمه

افزایش تقاضا برای خوراک‌های فرآوری شده، از جمله خوراک‌های پلت، رغبت و رقابت تولیدکنندگان صنعت خوراک را جهت افزایش کیفیت و دوام پلت از طریق بهبود روش‌های فعلی پردازش خوراک، ارتقای تجهیزات، و انتخاب مواد خوراکی با کیفیت و پلت‌پذیر افزایش داده است (Salahshour et al., 2023). مطالعات نشان داده‌اند که خوراک پلت، در مقایسه با خوراک آردی، کارایی استفاده از اجزای جیره را بهبود بخشیده و در نتیجه عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی را افزایش می‌دهد (Lv et al., 2015; Massuquetto et al., 2018). برخی مزایای پلت کردن خوراک شامل کاهش تفکیک خوراک، جابجایی آسان، کاهش بار میکروبی جیره و همچنین کاهش هزینه خوراک است زیرا امکان گنجاندن مواد غذایی جایگزین (Behnke, 1994) و کاهش انرژی جیره را فراهم می‌کند (Leczneski et al., 2001). دما، شاخص بسیار مهم و حیاتی در فرآیند کاندیشنینگ می‌باشد. خوراک جوجه‌های گوشتی به روش‌های مختلف پردازش حرارتی مانند انبساط و پلت‌سازی آماده می‌شوند. انتخاب دمای بهینه در فشار بخار مناسب برای تولید خوراک پلت با کیفیت مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است. در جوجه‌های گوشتی، پلت کردن پرکاربردترین روش پردازش حرارتی است (Abdollahi et al., 2010b). طبق نظر گرین‌وود (Greenwood, 1970)، این روش‌ها در تابع زمان، دما، فشار و رطوبت متفاوت هستند. این عوامل بر درجه دناتوره شدن پروتئین و ژلاتینه شدن نشاسته مواد غذایی تأثیر می‌گذارد. از نظر تغذیه، تغییرات جزئی (دناتوره شدن) پروتئین‌ها در حین پلت کردن، گوارش‌پذیری آنها را بهبود می‌بخشد و دسترسی آسان‌تر به پروتئازها را امکان‌پذیر می‌کند (Dozier, 2001). ژلاتینه شدن، از دست دادن برگشت‌ناپذیر شکل کریستالی دانه‌های نشاسته است که سطح مولکول نشاسته را در دسترس معرف‌ها، حلال‌ها و آنزیم‌ها قرار می‌دهد سپس آنزیم‌ها می‌توانند پیوندهای گلیکوزیدی آن را تجزیه و گوارش‌پذیری نشاسته را افزایش می‌دهند (Moritz et al., 2005). دمای بالای کاندیشنر (بالاتر از ۸۰ درجه سانتی‌گراد) در طول فرآیند پلت‌سازی، به تولید پلت‌های با کیفیت بالا (Cutlip et al., 2008; Abdollahi et al., 2013) و حفظ بهداشت خوراک با کاهش جمعیت عوامل میکروبی بیماری‌زا (پاتوژن‌ها) شامل سالمونلا و کمپیلوباکتر (Amerah et al., 2011; Abdollahi et al., 2013) کمک می‌کند. در مقابل، پژوهشگرانی بیان کردند که دمای بالای کاندیشنر می‌تواند منجر به تشکیل نشاسته مقاوم (Abdollahi et al., 2011)، تخریب اسیدهای آمینه حساس به حرارت (Rueda et al., 2022)، غیرفعال شدن ویتامین‌ها (Jensen, 2000) و آنزیم‌ها (Inborr and Bedford, 1994) و کاهش دسترسی به مواد مغذی (Abdollahi et al., 2010b) شود و عملکرد رشد را به خطر بیندازد (Cutlip et al., 2008; Abdollahi et al., 2011). در پژوهش‌های دیگری گزارش شد دمای بالای کاندیشنینگ می‌تواند گوارش‌پذیری مواد مغذی حساس به گرما را از طریق تسریع در تشکیل کمپلکس‌های غیرقابل تجزیه پروتئین-نشاسته و نشاسته-لیپید کاهش دهد (Loar et al.,

2014). دمای پایین کاندیشنینگ نیز ممکن است نتواند شرایط لازم برای غیرفعالسازی عوامل ضد تغذیه‌ای، ژلاتینه شدن مناسب نشاسته، دناتوره شدن پروتئین را فراهم نماید و پلت با کیفیت مناسب تولید نشود، لذا شناسایی دمای بهینه برای تولید پلت با کیفیت مناسب و دارای شاخص پایداری پلت (PDI)^۱ بالا و مواد مغذی با کیفیت بسیار اهمیت دارد (Abdollahi et al., 2013; Perera et al., 2021).

افزایش زمان کاندیشنینگ، کیفیت فیزیکی پلت را بهبود می‌بخشد (Fahrenholz, 2012). همچنین افزایش زمان نگهداری در کاندیشنر ممکن است ژلاتینه شدن نشاسته و دناتوره شدن پروتئین را افزایش دهد (Irvani et al., 2024). عطار و همکاران (Attar et al., 2018) نشان دادند که ۲ دقیقه کاندیشنینگ در مقایسه با ۴ دقیقه کاندیشنینگ جیره‌های پایانی، شاخص پایداری پلت و سختی پلت، ریخت‌شناسی روده و گوارش‌پذیری مواد مغذی را بهبود می‌بخشد. مطالعات پیشین نشان داد، فرآوری و مدت زمان کاندیشنینگ بر غلظت لیپیدهای خونی اثر می‌گذارد بطوری که افزایش مدت زمان بخار در کاندیشنر تا ۴ دقیقه باعث افزایش کلسترول خون و کاهش HDL کلسترول خون جوجه‌های گوشتی گردید. بطور مشابه در تحقیق دیگری نیز کاهش کلسترول در سطح میانی دما کاندیشن (۷۵ درجه سانتی‌گراد) در مقایسه با دماهای بالاتر (۸۵ درجه سانتی‌گراد) گزارش شد (Ran et al., 2020) از طرف دیگر، مدت زمان کاندیشن و پلت نمودن خوراک باعث افزایش وزن نسبی لوزالمعده گردید (Attar et al., 2018). در آزمایش دیگری، اثر زمان و دمای کاندیشن بر میزان ترشح و فعالیت آنزیم‌های گوارشی در جوجه گوشتی اثر نداشت (Cui et al., 2024). همچنین شاخص ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت با افزایش دمای کاندیشنر به بالاتر از ۸۵ درجه سانتی‌گراد تحت تاثیر قرار گرفت و در ماه‌های بالاتر نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت افزایش یافت (Cui et al., 2024). با توجه به مطالعات انجام شده در خصوص تاثیر دما و زمان کاندیشنینگ بر جوجه‌های گوشتی و پراکنش یافته‌های پیشین، هدف از این مطالعه، بررسی اثرات اصلی و متقابل دما و زمان‌های مختلف کاندیشنینگ بر کیفیت پلت، عملکرد رشد، کیفیت لاشه، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و ریخت‌شناسی روده جوجه‌های گوشتی و دستیابی به زمان و دمای مناسب برای عملکرد مطلوب است.

مواد و روش

مدیریت جوجه‌های گوشتی: در مجموع ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ تهیه و به طور تصادفی به ۸ تیمار و ۵ تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار تقسیم شدند. جوجه‌ها با ۸ جیره در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل (۴×۲ زمان و دما)، با چهار سطح دما (۷۰، ۷۶، ۸۲ و ۸۸ درجه سانتی‌گراد) و دو سطح زمان (۴۵ و ۶۵ ثانیه) کاندیشنینگ تغذیه شدند فرآیند پلت با دستگاه پلت زن ساخت شرکت ماتودور چین RC30 انجام شد. جیره‌های آزمایشی برای سه دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی)، رشد (۱۱-۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵-۴۲ روزگی)، مطابق با استانداردهای تغذیه‌ای راس ۳۰۸ فرموله شدند (Aviagen, 2014) (جدول ۱). جوجه‌های گوشتی در طول دوره پرورشی به آب و خوراک دسترسی آزاد داشتند. توزین خوراک بصورت روزانه و توزین جوجه‌ها و باقیمانده خوراک در پایان هر دوره تغذیه‌ای آغازین، رشد و پایانی انجام شد، و میزان افزایش وزن روزانه و خوراک مصرفی روزانه و ضریب تبدیل خوراک نیز به عنوان شاخص اقتصادی، نسبت خوراک مصرفی به افزایش وزن برای هر دوره محاسبه شد.

جمع‌آوری نمونه و روش آزمایش: نمونه‌های خوراک از هر تیمار پس از پلت‌سازی برای ارزیابی دوام پلت (PDI) جمع‌آوری شد. برای بررسی PDI، ۳ تکرار ۱۰۰ گرمی از هر نمونه پلت در دستگاه هولمن (NHP-100) به مدت ۶۰

ثانیه در معرض فشار هوای ۶۸ میلی‌بار به صورت پنوماتیک به گردش درآمدند. نمونه‌ها الک شده و بعد از خروج از دستگاه وزن کشی شدند. نسبت وزن ثانویه به وزن اولیه ضربدر ۱۰۰، درصد PDI را مشخص کرد (Abdollahi et al., 2012).

برای بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی خون، در پایان دوره آزمایشی (۴۲ روزگی)، ۲ پرنده از هر تکرار در لوله آزمایش حاوی ماده ضد انعقاد، خونگیری شد. برای جداسازی پلاسما، خون سریعاً سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه) انجام شد. گلوکز، آلبومین، پروتئین کل، کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی بالا (High density lipoprotein, HDL)، تری‌گلیسرید و فعالیت آنزیم‌های کبدی از جمله آسپارتات آمینوترانسفراز (Aspartate aminotransferase, AST) و آلانین آمینوترانسفراز (Alanine aminotransferase, ALT) پلاسمای خون، توسط کیت‌های تشخیص کمی شرکت پارس آزمون و دستگاه اسپکتروفوتومتری اتوانالایزر جسان چم (جسان چم ۲۰۰۰، کشور ایتالیا) اندازه‌گیری گردید. غلظت لیپوپروتئین با چگالی پایین (Low density lipoprotein, LDL) نیز با فرمول ارائه شده توسط فرمول زیر محاسبه شد (Dansethakul et al., 2015) (فرمول ۱).

$$\text{LDL (mg/dl)} = \text{Total Cholesterol}/1.19 + \text{Triglyceride} * 1.9 - \text{HDL} * 1.3 \quad \text{فرمول ۱}$$

همچنین در پایان دوره آزمایشی (۴۲ روزگی)، ۱۰ پرنده از هر تیمار به طور تصادفی برای کشتار انتخاب شدند. وزن لاشه، سینه، ران، قلب، طحال، کبد، بورس فابریسیوس، چربی بطنی، پانکراس، و کیسه صفرا به عنوان درصدی از وزن زنده ثبت و محاسبه شد. برای بررسی ساختار پرزهای بافت ژژنوم، نمونه‌ای به طول تقریبی یک سانتی‌متر از بخش میانی ژژنوم برداشته و در محلول بافر فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شد، پس از ۲۴ ساعت، محلول فرمالین نمونه‌ها تعویض گردید. نمونه‌ها در پارافین جاسازی و با استفاده از میکروتوم (SLEE آلمان، مدل ۴۰۵۵)، برش‌هایی به ضخامت ۶ میکرومتر تهیه و با همتوکسیلین-ئوزین رنگ‌آمیزی شد. به منظور ارزیابی شاخص‌های ریخت‌شناسی بافت از جمله طول و عرض پرز و عمق کریپت، میکروسکوپ نوری (Olympus آلمان، مدل BX51) مورد استفاده قرار گرفت. سپس نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و مساحت پرز محاسبه شد (Garcia et al., 2007).

جدول ۱- ترکیب اقلام خوراکی در جیره‌های آزمایشی

Table 1-Composition of feed items in experimental diets

ماده خوراکی (گرم/کیلوگرم) Ingredient (g/kg)	(۱-۱۰ روزگی) (1-10 days)	(۱۱-۲۴ روزگی) (11-24 days)	(۲۵-۴۲ روزگی) (25-42 days)
ذرت Corn	54.90	56.69	63.79
روغن سویا Soybean Oil	1.2	1.2	1.2
کنجاله سویا (۴۴٪ CP) Soybean Meal (44% CP)	35.00	33.90	25.95
گلوتن ذرت Corn gluten	0.99	0.00	0.00
سبوس گندم Wheat bran	2.00	2.54	4.16
کربنات کلسیم Carbonate Calcium	1.10	1.19	1.12
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.55	1.23	0.58
نمک Salt	0.25	0.25	0.245
سدیم بی‌کربنات NaHCO ₃	0.071	0.073	0.074
مکمل معدنی ^۱ Mineral premix	0.25	0.25	0.25
مکمل ویتامینی ^۲ Vitamin premix	0.25	0.25	0.25
دی ال- متیونین DL-Methionine	0.296	0.280	0.207
ال- لایزین L-lysine	0.331	0.294	0.240
ترئونین Threonine	0.091	0.088	0.06
کوکسیدواستات Coccidostat	0.05	0.05	0.05
بنتونیت Bentonite	1.55	1.60	1.95
توکسین‌بایندر Toxin binder	0.5	0.5	0.5
مولتی آنزیم Multi enzyme	0.005	0.005	0.005
فیتاز Phytase	0.00075	0.0075	0.0075
مواد مغذی محاسبه شده Calculated nutrient			
انرژی سوخت و ساز کیلوکالری بر کیلوگرم Metabolisable energy (Kcal/kg)	2980	3080	3170

پروتئین خام (درصد)	22.5	20.5	19.00
Crude Protein			
کلسیم (درصد)	1.05	0.98	0.93
Calcium			
فسفر قابل دسترس (درصد)	0.53	0.45	0.40
Available phosphorous			
Lysine لیزین	1.45	1.26	1.10
Met+Cys متیونین + سیستین	0.91	0.78	0.65

^۱ مکمل معدنی تامین کننده مقادیر عناصر معدنی ذیل در هر کیلوگرم خوراک است: ۳ میلی گرم مس، ۱۵ میلی گرم روی، ۲۰ میلی گرم منگنز، ۱۰ میلی گرم آهن و ۳/۰ میلی گرم پتاسیم.

^۲ مکمل ویتامینی تامین کننده مقادیر ویتامین های ذیل در هر کیلوگرم خوراک است: ۵۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۵۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃، ۳ میلی گرم ویتامین E، ۳/۲ میلی گرم ویتامین K₃، ۱ میلی گرم ویتامین B₂، ۴ میلی گرم کلسیم پنتوتنات، ۱۵ میلی گرم نیاسین و ۱۳ میلی گرم ویتامین B₆.

^۱Mineral premix supplied the following per kilogram of feed: Cu: 3 mg; Zn: 15 mg; Mn: 20 mg; Fe: 10 mg K:0.3 mg.

^۲ The vitamin premix supplied the following per kilogram of feed: vitamin A: 5000 IU; vitamin D₃: 500 IU; vitamin E: 3 mg; vitamin K₃: 3.2 mg; vitamin B₂: 1 mg; Pantothenic acid: 4 mg; Niacin: 15 mg; Pyridoxine:13 mg.

تجزیه آماری داده ها: داده های آزمایشی با استفاده از نرم افزار اکسل مرتب و سامان دهی شدند، سپس در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD^۲) با آرایش فاکتوریل ۴*۲ (با چهار سطح دما و ۲ سطح زمان) به روش GLM^۳ با نرم افزار SAS 9.4 مورد تجزیه واریانس دوطرفه قرار گرفتند مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون آماری توکی کرامر در سطح معنی داری P<0.05 انجام شد.

نتایج و بحث

کیفیت پلت (PDI): نتایج مربوط به تاثیر زمان و دمای کاندیشنینگ بر کیفیت پلت در جدول ۲ نشان داده شده است. یافته ها نشان می دهد، زمان و دمای کاندیشنینگ در هیچ یک از دوره های آزمایشی، بر کیفیت و دوام پلت اثر معنی داری نداشت. بررسی اثرات اصلی نیز نشان داد که هیچ یک از پارامترهای زمان و دما بر کیفیت پلت تاثیر معنی داری نداشتند. طی فرایند کاندیشنینگ، لازم است با افزایش دما، بخار نیز به دستگاه تزریق شود. این بخار سبب افزایش میزان چسبندگی ذرات خوراک شده و آن ها را به صورت قالب پذیر یا شکل پذیر در می آورد. این عامل، کیفیت فیزیکی پلت ها را بهبود می بخشد (Froetschner, 2006). پیرا و همکاران (Perera et al., 2021) گزارش کردند که افزایش دمای کاندیشنر از ۶۰ به ۸۸ درجه سانتی گراد، دوام پلت را تا ۴/۲ درصد افزایش می دهد. همچنین تحقیقی گزارش کردند که در پاسخ به افزایش دمای کاندیشنر، محتوای نشاسته ژلاتینه شده افزایش یافته (Cutlip et al., Abdollahi et al., 2011) (2008; که سبب افزایش گرانروی جیره ها، بهبود حجم اتصال ذرات خوراک و در نتیجه افزایش کیفیت پلت می گردد (Svihus et al., 2005). بنابراین، ترکیبی از عوامل ناشی از دمای بالای، رطوبت و کیفیت بخار مرطوب مورد استفاده در کاندیشنر، منجر به مقاومت بالاتر پلت در خوراک به فرم فیزیکی پلت می شود (Perera et al., 2021). بطور مشابه محققین دیگری نیز گزارش کردند که با افزایش دما و زمان کاندیشنینگ، PDI افزایش می یابد (Dos Santos et al., 2020). افزایش دمای کاندیشنر به بالاتر از ۸۵ درجه سانتی گراد باعث افزایش شاخص PDI و شاخص ژلاتینه شدن

۲- Completely randomized design

۳- General linear model (GLM)

نشاسته در خوراک پلت گردید. هر چند دمای بالای کاندیشینر اثرات متفاوتی بر اجزای مواد خوراکی بسته به نوع مواد مغذی خوراک دارد (Cui et al., 2024). استفاده از سطح بالای روغن سویا در جیره‌ها نیز می‌تواند اثر منفی بر کیفیت پلت و PDI داشته باشد (Abadi et al., 2019).

علاوه بر این، مقادیر بالای چربی در جیره می‌تواند ذرات خوراک را پوشانده، مانعی برای نفوذ بخار در ذرات خوراک ایجاد کرده و از ژلاتینه شدن نشاسته و چسبندگی آن جلوگیری کند (Lowe, 2023). به طور کلی می‌توان دریافت که زمان و دمای کاندیشینگ تنها یکی از عوامل اثرگذار بر کیفیت پلت است و عوامل دیگری همچون ترکیب جیره (تعداد و تنوع مواد خوراکی جیره، اثرات متقابل بین مواد خوراکی جیره (روغن و مواد معدنی)، اندازه ذرات خوراک و طول پلت نیز می‌تواند بر کیفیت و استحکام پلت تاثیر بگذارد. در این مطالعه با توجه به کیفیت مواد خوراکی مورد استفاده در تنظیم جیره، دما و زمان بر کیفیت پلت و شاخص پایداری پلت، اثر نداشت.

جدول ۲- اثرات دما و زمان کاندیشینگ در فرایند تولید خوراک بر کیفیت پلت

Table 2- Effect of temperature and time conditioning in feed processing on PDI

دما	زمان	آغازین	رشد	پایانی
Temperature	Time	Starter	Grower	Finisher
70 °C	45	97.24	98.48	98.18
	65	97.29	98.58	98.22
76 °C	45	97.23	98.57	98.17
	65	97.32	98.59	98.24
82 °C	45	97.21	98.55	98.24
	65	97.22	98.55	98.17
88 °C	45	97.29	98.64	98.26
	65	97.13	98.57	98.16
SEM		0.060	0.056	0.029
P-Value		0.472	0.700	0.182
اثرات اصلی				
Main effects				
دما	70 °C	97.26	98.53	98.20
	76 °C	97.27	98.58	98.20
	82 °C	97.21	98.55	98.20
	88 °C	97.21	98.60	98.21
SEM		0.894	0.599	0.689
P-Value		0.606	0.596	0.954
زمان	45	97.24	98.56	98.21
	65	97.24	98.57	98.20
SEM		0.571	0.773	0.772
P-Value		1.000	0.773	0.459

^{ab} اعداد درون هر ستون که دارای حروف مختلف هستند، تفاوت معناداری با یکدیگر دارند (تست توکی؛ $P < 0.05$).

^{ab} Values within a column followed by different superscripts are significantly different. ($P < 0.05$; Tukey's pairwise test). SEM; Standard error of mean

عملکرد رشد: داده‌های مرتبط با اثر دماهای مختلف و زمان کاندیشینگ در تولید خوراک پلت، بر شاخص‌های عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ ارائه شده است. در بررسی میزان مصرف خوراک روزانه در بازه زمانی ۱ تا ۱۰ روزگی، تیمار دمای ۸۸ درجه سانتی‌گراد با زمان ۴۵ ثانیه، بالاترین مقدار مصرف خوراک را نشان داد، که این مقدار به طور

معناداری از تیمارهای مربوط به دماهای ۷۰ و ۷۶ درجه سانتی‌گراد با زمان ۶۵ ثانیه بیشتر بود ($P < 0.05$). در خصوص ضریب تبدیل خوراک، کمترین مقدار مربوط به دماهایی ۷۶ و ۸۲ درجه سانتی‌گراد با زمان ۶۵ ثانیه بود و نسبت به برخی تیمارها تفاوت معناداری نشان دادند ($P < 0.05$). دما و زمان کاندیشنینگ تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی در دوره ۱۱ تا ۲۴ روزگی داشتند ($P < 0.05$)، در حالی که مصرف خوراک روزانه و ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند. در بررسی افزایش وزن روزانه، بیشترین مقدار مربوط به تیمار دمای ۷۶ درجه سانتی‌گراد با زمان کاندیشنینگ ۴۵ ثانیه و دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد با زمان ۶۵ ثانیه بود که این مقادیر تفاوت معنی‌داری با برخی تیمارهای دیگر داشتند. کمترین مقدار افزایش وزن روزانه نیز در تیمار دمای ۸۸ درجه سانتی‌گراد با زمان ۶۵ ثانیه مشاهده شد. در دوره ۲۵ تا ۴۲ روزگی بیشترین مقدار افزایش وزن روزانه مربوط به تیمار دمای ۷۶ درجه سانتی‌گراد با زمان ۶۵ ثانیه و دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد با زمان ۴۵ ثانیه بود که این مقادیر به طور معنی‌داری از تیمارهای دارای دمای ۸۸ درجه سانتی‌گراد بیشتر بودند. مصرف خوراک روزانه بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار ضریب تبدیل خوراک مربوط به تیمارهای ۷۰ درجه سانتی‌گراد با زمان ۴۵ و ۶۵ ثانیه، دماهای ۷۶ و ۸۲ درجه سانتی‌گراد با زمان ۶۵ ثانیه و بالاترین مقدار در تیمار دمای ۸۸ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد.

جدول ۳- اثرات دماهای مختلف و زمان کاندیشنینگ در فرایند تولید خوراک پلت بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی

Table 3- Effect of temperature and time conditioning in pellet production on the growth performance indices of broiler chickens

دما Treatments		۱۰-۱ روزگی 1-10 days			۲۴-۱۱ روزگی 11- 24 days			۴۲-۲۵ روزگی 25- 42 days			۴۲-۱ روزگی 1- 42 days		
دما Temperature	زمان Time	ADWG(g)	ADFI(g)	FCR	ADWG(g)	ADFI(g)	FCR	ADWG(g)	ADFI(g)	FCR	ADWG(g)	ADFI(g)	FCR
70 °C	45	23.56	25.37 _{ab}	1.09 ^a _b	59.75 ^{bc}	76.88	1.28	56.54 ^a	101.45	1.85 ^c	44.86 ^{ab}	67.82	1.52 ^{cd}
76 °C	65	20.34	23.41 ^b	1.16 ^a	65.87 ^a	77.02	1.17	56.17 ^{ab}	103.35	1.84 ^c	45.20 ^a	67.97	1.50 ^{cd}
	45	22.14	25.02 _{ab}	1.13 ^a	66.20 ^a	77.10	1.17	41.51 ^{cd}	102.48	2.48 ^b	39.95 ^{cd}	68.17	1.70 ^{bc}
82 °C	65	23.24	23.05 ^b	0.99 _b	59.76 ^{bc}	77.78	1.30	60.02 ^a	102.78	1.71 ^c	46.27 ^a	67.80	1.46 ^d
	45	22.49	25.51 _{ab}	1.13 ^a	61.28 ^{abc}	76.90	1.26	46.70 ^{bc}	102.70	2.20 ^{bc}	40.99 ^{bc}	68.38	1.66 ^c
88 °C	65	23.52	23.81 _{ab}	1.01 _b	59.51 ^{bc}	77.36	1.30	54.15 ^{ab}	103.48	1.92 ^c	43.90 ^{abc}	68.24	1.55 ^{cd}
	45	22.52	26.32 ^a	1.17 ^a	64.05 ^{ab}	76.83	1.20	33.34 ^d	102.06	3.09 ^a	36.25 ^{de}	68.37	1.89 ^{ab}
	65	21.90	23.83 _{ab}	1.09 ^a _b	58.58 ^c	79.70	1.36	32.96 ^d	99.40	3.01 ^a	34.59 ^e	67.15	1.94 ^a
SEM		0.776	0.595	0.04 ₁	1.817	1.680	0.04 ₉	2.098	1.699	0.114	0.889	1.058	0.043
P-Value		0.136	0.0041	0.03 ₈	0.020	0.935	0.10 ₀	<0.0001	0.756	<0.000 ₁	<0.0001	0.993	<0.000 ₁
اثرات اصلی Main effects													
دما Temperature	70 °C	21.82	24.39	1.13	62.81	76.95	1.23	56.35 ^a	102.40	1.85 ^b	45.03 ^a	67.90	1.51 ^b
	76 °C	22.69	24.07	1.06	62.98	77.44	1.23	50.77 ^{ab}	102.62	2.10 ^b	43.11 ^{ab}	67.98	1.58 ^b

	82 °C	22.01	24.66	1.07	60.34	77.13	1.28	50.43 ^b	103.09	2.06 ^b	42.44 ^b	68.31	1.61 ^b
	88 °C	22.21	25.08	1.13	61.37	78.26	1.28	33.15 ^c	100.72	3.05 ^a	35.42 ^c	67.78	1.91 ^a
SEM		0.381	0.49	0.02	0.65	1.21	0.02	1.506	1.44	0.03	0.639	0.85	0.02
P-Value		0.434	0.370	0.20	0.425	0.866	0.57	<0.0001	0.451	<0.000	<0.0001	0.961	<0.000
				3			0			1			1
زمان Time	45	22.60	25.55 ^a	1.13 ^a	62.81	76.93	1.23	44.52 ^b	102.17	2.41	40.51 ^b	68.19	1.69 ^a
	65	22.25	23.52 ^b	1.06 ^b	60.90	77.96	1.28	50.82 ^a	102.25	2.12	42.49 ^a	67.79	1.61 ^b
SEM		0.269	0.34	0.02	0.46	0.85	0.03	1.065	1.01	0.01	0.451	0.60	0.02
P-Value		0.526	<0.001	0.02	0.147	0.389	0.13	0.0002	0.950	0.001	0.0036	0.589	0.013
				9			4						

ADWG: میانگین افزایش وزن روزانه (گرم)، ADFI: میانگین مصرف خوراک روزانه (گرم)، FCR: ضریب تبدیل خوراک

^{ab} اعداد درون هر ستون که دارای حروف مختلف هستند، تفاوت معناداری با یکدیگر دارند (تست توکی؛ $P < 0.05$).

ADWG: Average daily weight gain (g); ADFI: Average daily feed intake (g); FCR: Feed conversion ratio.

^{ab} Values within a column followed by different superscripts are significantly different. $P < 0.05$; Tukey's pairwise test. SEM; Standard error of mean

در کل دوره پرورش (۱ تا ۴۲ روزگی)، بیشترین افزایش وزن روزانه مربوط به تیمارهای دمای ۷۶ و ۷۰ درجه سانتی گراد با زمان ۶۵ ثانیه بود؛ کمترین مقدار در تیمار دمای ۸۸ درجه سانتی گراد ثبت شد. مصرف خوراک روزانه بین تیمارها تفاوت معنی داری نداشت. کمترین مقدار ضریب تبدیل خوراک مربوط به تیمار دمای ۷۶ درجه سانتی گراد با زمان ۶۵ ثانیه (۱/۴۶) بود و بیشترین مقدار به تیمار دمای ۸۸ درجه سانتی گراد با زمان ۶۵ ثانیه (۱/۹۴) اختصاص یافت. در کل، نتایج نشان می دهد که دماهای بالاتر کاندیشنینگ (به ویژه ۸۸ درجه سانتی گراد) به ویژه با زمان کاندیشنینگ بیشتر، منجر به کاهش معنی دار افزایش وزن روزانه و افزایش ضریب تبدیل خوراک در جوجه های گوشتی در هر دو دوره انتهایی و کل دوره پرورش می شود. در مقابل، دماهای متوسط (به ویژه ۷۶ درجه سانتی گراد با زمان ۶۵ ثانیه) باعث بهبود معنی دار عملکرد رشد و کارایی خوراک می گردد.

جیره های پلت شده اثر مثبت بر صفات عملکرد رشد جوجه های گوشتی دارند، زیرا شکل فیزیکی پلت ها مصرف خوراک را افزایش می دهد (Massuquetto et al., 2019). محققینی گزارش کردند که شکل خوراک بر انرژی هر واحد خوراک که برای تولید و افزایش گرما استفاده می شود تأثیر می گذارد. در نتیجه جوجه های گوشتی تغذیه شده با پلت، افزایش حرارت کمتری داشته و از انرژی خوراک بیشتری برای اهداف تولید استفاده کردند (Latshaw and Moritz, 2009). در مطالعه حاضر، اثر منفی افزایش دما و زمان کاندیشنینگ بر عملکرد رشد جوجه های گوشتی قابل مشاهده است. طبق نظریه سرول و بدفورد (Creswell and Bedford, 2006) دمای بالاتر از ۸۵ درجه سانتی گراد کاندیشنینگ، مانع از عملکرد مناسب جوجه های گوشتی می شود که احتمالاً به دلیل از بین رفتن جزئی بخشی از مواد مغذی خوراک حساس به گرما شامل بخشی از ویتامین ها، مواد معدنی و اسیدهای آمینه فرار باشد. این محققین دمای کاندیشنینگ را برای به حداکثر رساندن عملکرد رشد جوجه های گوشتی، ۸۰ درجه سانتی گراد توصیه می کنند. عبداللهی و همکاران (Abdollahi et al., 2010b) گزارش کردند که اثر دمای کاندیشنینگ بر عملکرد رشد جوجه های گوشتی با تأثیر بر میزان دسترسی مواد مغذی رابطه مستقیم دارد.

در تجزیه و تحلیل رگرسیونی اثرات دماهای کاندیشنینگ نشان داد، استفاده از بالاترین دمای کاندیشنینگ (۹۰ درجه سانتی گراد) در خوراک پلت یا آردی باعث کاهش میزان افزایش وزن روزانه جوجه های گوشتی گردید که احتمالاً به دلیل افزایش گرانیروی مواد گوارشی روده و کاهش دسترسی به مواد مغذی در طول فرایند حرارت دادن مرتبط باشد (Netto et al., 2019). فرآوری حرارتی، حلالیت فیبر و ژلاتینه شدن نشاسته را افزایش می دهد که سبب افزایش گرانیروی محتویات گوارشی روده و کاهش جذب برخی از مواد مغذی می شود (Svihus, 2006). در مقابل، دالکه و همکاران (Dahlke et al., 2003) گزارش کردند مصرف خوراک فرآوری شده در دمای بالاتر سبب افزایش وزن بدن می شود زیرا گرما پیوندهای دی سولفیدی را شکسته، مهارکننده های پروتئاز را غیرفعال کرده که به دنبال آن گوارش پروتئین بهبود می یابد.

وزن لاشه و اندام های داخلی: داده های مرتبط با وزن نسبی لاشه و اندام های داخلی (جدول ۴) نشان داد که وزن نسبی لاشه، سینه، پانکراس و طول نسبی دوازدهه و ایلئوم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. راندمان لاشه در جوجه های مصرف کننده جیره پلت در دمای ۸۲ درجه سانتی گراد و زمان ۶۵ ثانیه (۷۲/۶۲) در مقایسه با سایر تیمارها به جزء جیره پلت در دماهای ۷۰ و ۷۶ درجه سانتی گراد و زمان ۶۵ ثانیه بیشتر بود ($P < 0.01$). همچنین، وزن نسبی سینه در جوجه های مصرف کننده جیره پلت در دمای ۸۲ درجه سانتی گراد و زمان ۶۵ ثانیه (۲۵/۶۶) در مقایسه با جیره پلت در دمای ۸۸ درجه سانتی گراد و زمان ۶۵ ثانیه بیشتر بود ($P = 0.07$). وزن نسبی لوزالمعده در جوجه های مصرف کننده پلت تولید شده در دمای ۸۲ درجه سانتی گراد و زمان ۴۵ ثانیه (۰/۳۶) نسبت به جیره پلت در دماهای ۷۰ درجه سانتی گراد و

زمان ۴۵ ثانیه و ۷۶ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۵ ثانیه بالاتر بود ($P < 0.001$). یافته‌ها نشان می‌دهد افزایش دما تا ۸۲ درجه همزمان با افزایش زمان کاندیشنینگ باعث افزایش راندمان لاشه و درصد گوشت سینه شد، ولی در دمای بالاتر، اثر کاهشی داشت. اثر دما و زمان کاندیشنینگ بر وزن نسبی ران، چربی بطنی، کبد، کیسه صفرا، بورس فابریوس، طحال، قلب و کبد معنی‌دار نبود. جوجه‌های تغذیه شده با پلت تولیدی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۴۵ ثانیه بالاترین طول نسبی دوازدهه را در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی نشان دادند ($P < 0.0001$). جوجه‌های تغذیه شده با پلت تولیدی در دمای ۸۸ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۵ ثانیه بالاترین طول نسبی ایلئوم ($80/90$) را نسبت به تیمار با دمای ۷۶ و زمان ۶۵ ثانیه ($55/40$) نشان دادند ($P < 0.003$).

محققین بیان کردند که دماهای مختلف کاندیشنینگ (۷۴، ۸۵ و ۹۴) و فشارهای بخار مختلف (۲۰ و ۸۰ psi) در تولید پلت بر خصوصیات لاشه و وزن سینه تاثیر معنی‌داری نداشت (Loar et al., 2014; Rueda et al., 2022). سوی و همکاران (Cui et al., 2024) نیز دریافتند که وزن نسبی ماهیچه سینه، ماهیچه ران، چربی محوطه شکمی، کبد، پیش معده، سنگدان و شاخص‌های قلب تحت تاثیر دماهای مختلف مورد استفاده در کاندیشنر قرار نگرفتند (Cui et al., 2024 و Salahshour et al., 2023). طول نسبی روده باریک، شاخص مهمی در ارزیابی میزان رشد دستگاه گوارش است (Wang et al., 2020; Wen et al., 2022). با این حال، یافته‌های مربوط به اثرات دمای کاندیشنینگ بر طول نسبی روده باریک پرندگان سازگار نیست. اثر دماهای مختلف کاندیشنینگ بر طول نسبی دوازدهه، ژژنوم و ایلئوم در مطالعه عبداللہی و همکاران (Abdollahi et al., 2011) گزارش شده است، پرندگانی که با جیره‌های ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد کاندیشنینگ تغذیه می‌شوند، طول نسبی روده باریک مشابهی دارند. همچنین عباسی‌پور و همکاران (Abbasi pour et al., 2021) نیز دریافتند که زمان کاندیشنینگ تاثیری بر وزن و طول بخش‌های مختلف روده باریک و وزن نسبی اندام‌های داخلی نداشت. با این حال، مطالعه دیگری نشان داد که طول نسبی ژژنوم، ایلئوم و کل روده باریک در جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های ۶۰ درجه سانتی‌گراد کوتاه‌تر از جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های پلت شده در دمای ۷۵ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد بود (Abdollahi et al., 2010a).

در مطالعه‌ای در جیره غذایی حاوی ذرت و کنجاله سویا، طول نسبی ژژنوم در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با پلت تهیه شده در زمان ۲ دقیقه کاندیشنینگ کاهش یافت، در حالی که سایر قسمت‌های روده باریک تحت تاثیر قرار نگرفت (Attar et al., 2018). دلیل این نتایج متنوع می‌تواند زمان و دماهای مختلف کاندیشنینگ، ترکیب جیره پایه و سن پرنده باشد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش دمای (۸۸ درجه سانتی‌گراد) کاندیشنینگ، دسترسی پرنده‌ها به مواد مغذی جیره محدود شده و بر عملکرد رشد پرنده اثر منفی می‌گذارد. احتمال می‌رود این افزایش طول ایلئوم بدلیل افزایش مواد مغذی آسیب دیده حرارتی در شیر جوارشی باشد که باعث افزایش ماندگاری در ایلئوم و افزایش اندازه ایلئوم شده باشد.

جدول ۴- اثرات دما و زمان کاندیشنینگ در فرایند تولید خوراک پلت بر وزن نسبی اجزای لاشه و اندامهای داخلی و طول نسبی روده باریک (درصدی از وزن بدن)

Table 4- Effect of temperature and time conditioning in pellet production on the carcass relative weight and relative length of intestine in broiler chickens (% of live body weight)

دما Temperature	زمان Time	لاشه Carcass	سینه Breast	ران Thigh	کبد liver	چربی بطنی Abdominal fat	لوزالمعده Pancreases	بورس فابریسیوس Bursa of Fabricius	کیسه صفرا Gallbladder	قلب Heart	طحال Spleen	طول دوازدهه Duodenum length (µm)	طول ژژنوم Jejunum length (µm)	طول ایلئوم Ileum length (µm)
70 °C	45	58.54 ^b	25.05 ^{ab}	11.92	2.01	1.88	0.25 ^{bc}	0.18	0.10	0.46	0.12	40.60 ^a	82.30	72.90 ^{ab}
	65	67.82 ^{ab}	24.17 ^{ab}	12.08	2.11	2.10	0.29 ^{abc}	0.12	0.07	0.54	0.12	34.60 ^{bc}	74.20	69.40 ^{ab}
76 °C	45	56.53 ^b	24.54 ^{ab}	11.40	2.13	1.87	0.35 ^{ab}	0.16	0.11	0.48	0.10	37.77 ^b	79.11	66.66 ^{ab}
	65	62.76 ^{ab}	24.61 ^{ab}	11.94	2.13	1.70	0.23 ^c	0.16	0.10	0.53	0.11	29.90 ^c	71.10	55.40 ^b
82 °C	45	58.40 ^b	23.67 ^{ab}	14.21	2.32	1.77	0.36 ^a	0.22	0.11	0.54	0.12	36.88 ^{bc}	83.00	71.33 ^{ab}
	65	72.62 ^a	25.66 ^a	12.21	2.07	2.00	0.27 ^{abc}	0.16	0.07	0.45	0.10	33.60 ^{bc}	81.90	64.10 ^{ab}
88 °C	45	58.48 ^b	24.35 ^{ab}	11.63	2.15	1.56	0.25 ^{abc}	0.15	0.08	0.53	0.10	35.11 ^{bc}	83.11	62.66 ^{ab}
	65	59.33 ^b	21.65 ^b	11.94	2.36	1.76	0.25 ^{abc}	0.16	0.09	0.54	0.12	31.90 ^c	82.50	80.90 ^a
SEM		2.879	0.848	0.650	0.150	0.178	0.024	0.025	0.013	0.043	0.010	2.623	4.411	4.148
P-Value		0.0014	0.071	0.119	0.732	0.501	0.0017	0.388	0.152	0.620	0.429	<0.0001	0.388	0.003
اثرات اصلی Main effects														
دما Temperature	70 °C	63.18	24.61	12.00	2.06	1.99	0.27	0.15	0.08	0.50	0.12	47.60 ^a	78.25	71.15
	76 °C	59.65	24.57	11.67	2.13	1.79	0.29	0.16	0.10	0.50	0.11	36.83 ^b	75.10	61.03
	82 °C	65.51	24.67	13.21	2.19	1.89	0.31	0.19	0.09	0.49	0.11	35.24 ^b	82.45	67.71
	88 °C	58.90	23.00	11.70	2.26	1.66	0.25	0.16	0.09	0.53	0.11	34.00 ^b	80.80	71.78

SEM		0.847	0.561	0.478	0.081	0.114	0.017	0.014	0.009	0.025	0.007	1.531	3.524	3.652
P-Value		0.083	0.151	0.078	0.600	0.301	0.076	0.472	0.440	0.783	0.640	<0.0001	0.254	0.044
زمان	45	57.99 ^b	24.40	12.29	2.15	1.77	0.30 ^a	0.18	0.10 ^a	0.50	0.11	44.34 ^a	80.88	68.39
Time	65	65.63 ^a	24.02	12.04	2.17	1.89	0.25 ^b	0.15	0.08 ^b	0.51	0.11	32.50 ^b	77.42	67.45
SEM		0.599	0.396	0.338	0.057	0.081	0.012	0.013	0.006	0.018	0.005	1.245	1.956	2.521
P-Value		0.003	0.527	0.596	0.903	0.351	0.028	0.207	0.035	0.708	0.835	<0.0001	0.157	0.749
اثرات متقابل Interaction effects														

^{ab} اعداد درون هر ستون که دارای حروف مختلف هستند، تفاوت معناداری با یکدیگر دارند (تست توکی؛ $P < 0.05$).

^{ab} Values within a column followed by different superscripts are significantly different. $P < 0.05$; Tukey's pairwise test. SEM; Standard error of mean

شاخص‌های بیوشیمیایی خون:

داده‌های مربوط به تأثیر شرایط کاندیشنینگ خوراک بر شاخص‌های بیوشیمیایی خون در جدول ۵ ارائه شده است. غلظت گلوکز خون در تیمارهای فرآوری شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، در هر دو زمان ۴۵ و ۶۵ ثانیه، نسبت به سایر تیمارها افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0.0001$). همچنین، غلظت پروتئین تام در تیمارهای با دمای ۷۶ درجه و زمان ۶۵ ثانیه ($۶/۴۴$) و همچنین دمای ۸۲ درجه و زمان ۴۵ ثانیه ($۶/۴۲$)، نسبت به تیمار دمای ۷۰ درجه و زمان ۴۵ ثانیه افزایش یافت ($P < 0.0001$). غلظت آلبومین نیز در تیمارهای ۷۰ و ۷۶ درجه با زمان ۶۵ ثانیه ($۳/۷$)، در مقایسه با تیمار ۷۰ درجه با زمان ۴۵ ثانیه بالاتر بود ($P < 0.0001$). بیشترین غلظت کلسترول خون مربوط در تیمار دمای ۷۰ درجه با زمان ۶۵ ثانیه ($۱۶۹/۸۷$) مشاهده شد و این مقدار به جز در مقایسه با تیمار ۷۰ درجه با زمان ۴۵ ثانیه، تفاوت قابل توجهی داشت. به طور کلی، افزایش دما و طولانی‌تر شدن زمان کاندیشنینگ می‌تواند سبب کاهش غلظت گلوکز و کلسترول سرم خون جوجه‌های گوشتی شود، در حالی که غلظت پروتئین کل و آلبومین در دماها و زمان‌های بالاتر افزایش می‌یابد ($P < 0.0001$). بیشترین غلظت تری‌گلیسرید مربوط به تیمارهای دمای ۷۰ و ۷۶ درجه با زمان ۶۵ ثانیه بود که از نظر آماری با تیمار دمای ۸۲ درجه و زمان ۴۵ ثانیه تفاوت معنی‌داری داشت. همچنین، بیشترین مقدار HDL در تیمار دمای ۷۰ درجه با زمان ۶۵ ثانیه نسبت به تیمارهای دمای ۷۰ و ۷۶ درجه با زمان ۴۵ ثانیه و تیمار ۸۲ درجه با زمان ۶۵ ثانیه مشاهده شد ($P < 0.0001$). بیشترین مقدار LDL نیز در تیمار دمای ۷۶ درجه با زمان ۶۵ ثانیه ثبت شد که این مقدار نسبت به سایر تیمارها به جز تیمار ۷۰ درجه تفاوت معنی‌داری داشت. فعالیت آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز در دمای ۸۸ درجه و در هر دو زمان ۴۵ و ۶۵ ثانیه کاندیشنینگ، به طور معنی‌داری نسبت به تیمار دمای ۸۲ درجه با زمان ۶۵ ثانیه افزایش یافته بود. در مقابل، تأثیر دما و زمان کاندیشنینگ بر آلانین آمینوترانسفراز معنی‌دار نبود و مقادیر این آنزیم در تمامی تیمارها مشابه بود. در مجموع، تیمارهای با دما و زمان پایین‌تر عمدتاً با افزایش مقادیر تری‌گلیسرید و HDL همراه بودند، در حالی که دما و زمان بالاتر معمولاً باعث کاهش این شاخص‌ها و افزایش فعالیت آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز می‌شد.

گلوکز به عنوان ماده تامین کننده انرژی برای کلیه فرآیندهای متابولیکی در سلول‌های تمام جانوران مورد نیاز است. فرآوری خوراک نقش مهمی در شکستن پیوندهای بین مواد مغذی و در نهایت افزایش گوارش پذیری، جذب و آزادسازی گلوکز خون دارد. کاهش غلظت گلوکز خون پرندگان با کاهش مصرف خوراک منجر به اختلال در سوخت و ساز و رشد می‌شود (Abbas et al., 2020). گزارش شده است که غلظت گلوکز خون پرندگان مصرف‌کننده پلت در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با غلظت آن در پرندگان مصرف‌کننده پلت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر و غلظت آلبومین در پلت فرآوری شده تحت دمای ۸۸ درجه سانتی‌گراد بود (Ighani et al., 2020).

با افزایش زمان کاندیشنینگ پلت از ۲ به ۴ دقیقه، غلظت گلوکز خون کاهش یافت (Attar et al., 2018). غلظت کلسترول خون، تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد. یکی از موثرترین فاکتورهای محیطی، خوراک است. همچنین ساخت کلسترول در بدن با وزن بدن رابطه مستقیمی دارد به طوری که با افزایش مصرف خوراک و به دنبال آن، افزایش وزن و چربی بدن، غلظت کلسترول سرم خون نیز افزایش می‌یابد (Lundblad et al., 2011). فرآوری پلت در دمای پایین‌تر (۷۲ درجه سانتی‌گراد) سبب افزایش غلظت لیپیدهای خونی از جمله تری‌گلیسرید، کلسترول و HDL خون می‌شود (Amirabdollahian et al., 2014). در مطالعه‌ای جهت تولید خوراک پلت تحت دمای کاندیشنینگ ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد نشان داده شد غلظت تری‌گلیسرید و LDL در جوجه‌های تغذیه شده با پلت تحت دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد از جوجه‌های تغذیه شده با پلت تحت دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود. اگرچه غلظت کلسترول و HDL جوجه‌های تغذیه شده با پلت تحت دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر بود (Ighani et al., 2020).

جدول ۵- اثرات دما و زمان کاندیشنینگ در فرایند تولید خوراک پلت بر شاخص‌های بیوشیمیایی خون (mg/dl) و فعالیت آنزیم‌ها (U) در جوجه‌های گوشتی

Table 5- Effect of temperature and time conditioning in pellet production on the blood biochemical indices and enzyme activity (U) in broilers

دما Temperature	زمان Time	گلوکز Glucose	پروتئین کل Total Protein	آلبومین Albumin	کلسترول Cholesterol	تری‌گلیسرید Triglyceride	HDL ¹	LDL ²	AST ⁴	ALT ⁵
70 °C	45	258.71 ^a	5.32 ^d	2.79 ^d	156.98 ^{ab}	77.14 ^{ab}	44.28 ^b	138.46 ^a	252.02 ^{abc}	3.68
	65	247.20 ^a	6.17 ^{ab}	3.63 ^a	169.87 ^a	95.29 ^a	58.41 ^a	142.97 ^a	256.08 ^{abc}	3.69
76 °C	45	201.79 ^b	5.37 ^{cd}	2.84 ^{cd}	125.69 ^{bc}	66.30 ^b	40.42 ^b	109.43 ^b	215.18 ^{bc}	3.30
	65	241.33 ^{ab}	6.44 ^a	3.70 ^a	148.74 ^{bc}	94.10 ^a	48.56 ^{ab}	124.10 ^{ab}	264.77 ^{ab}	3.81
82 °C	45	203.12 ^b	6.42 ^a	3.11 ^{bcd}	120.30 ^c	66.87 ^b	49.51 ^{ab}	98.20 ^b	252.51 ^{ab}	3.78
	65	236.14 ^{ab}	5.91 ^b	3.21 ^b	123.08 ^c	63.11 ^b	42.15 ^b	104.22 ^b	204.54 ^c	3.59
88 °C	45	200.12 ^b	6.02 ^{ab}	3.14 ^{bc}	122.71 ^c	76.96 ^{ab}	48.46 ^{ab}	106.34 ^b	285.06 ^a	4.14
	65	231.33 ^{ab}	5.84 ^{bc}	3.25 ^b	140.90 ^{bc}	76.06 ^{ab}	49.40 ^{ab}	120.43 ^b	285.94 ^a	3.34
SEM		9.333	0.113	0.075	8.145	4.940	2.342	11.304	14.587	0.326
P-Value		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.652
اثرات اصلی Main effects										
دما Temperature	70 °C	252.95 ^a	5.75 ^b	3.21	163.43 ^a	86.22 ^a	51.34	143.22	254.05	3.68
	76 °C	226.56 ^b	5.74 ^b	3.27	147.20 ^{ab}	80.20 ^a	49.49	141.76	239.97	3.55
	82 °C	219.63 ^b	6.08 ^a	3.16	121.69 ^c	64.99 ^b	45.83	101.22	228.53	3.68
	88 °C	213.17 ^b	6.13 ^a	3.20	131.80 ^{bc}	76.51 ^{ab}	48.93	113.39	285.50	3.75

SEM		6.61	0.08	0.05	5.75	13.63	1.65	7.99	10.315	0.231
P-Value		0.0003	0.005	0.552	<0.0001	0.0006	0.135	0.0004	0.358	0.941
زمان	45	215.93 ^b	5.84 ^b	2.97 ^b	131.42 ^b	71.82 ^b	45.66 ^b	113.11 ^b	251.19 ^a	3.73
Time	65	240.22 ^a	6.01 ^a	3.45 ^a	150.64 ^a	82.14 ^a	52.13 ^a	136.68 ^a	227.83 ^b	3.60
SEM		4.66	0.05	0.03	4.07	9.63	1.17	5.65	7.29	0.16
P-Value		0.0004	0.039	<0.0001	0.001	0.004	0.0002	0.004	0.026	0.582

^{ab} اعداد درون هر ستون که دارای حروف مختلف هستند، تفاوت معناداری با یکدیگر دارند (تست توکی؛ $P < 0.05$).

¹ لیوپروتئین چگالی بالا، ² لیوپروتئین چگالی پایین، ³ آسپارتات آمینو ترانسفراز، ⁴ آلانین آمینو ترانسفراز

¹ High-density lipoprotein; ² Low-density lipoprotein; ³ Aspartate Aminotransferase; ⁴ Alanine aminotransferase

^{ab} Values within a column followed by different superscripts are significantly different. $P < 0.05$; Tukey's pairwise test.

یکی از شاخص‌های آسیب کبد، افزایش غیر طبیعی غلظت آنزیم‌های کبدی آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارات آمینوترانسفراز (AST) است (Xue et al., 2017). محققینی بیان کردند که خوراک پلت سبب کاهش غلظت آنزیم‌های ALT و AST سرم خون جوجه‌های گوشتی در مقایسه با خوراک آردی شد (Amoozmehr et al., 2023). هر چند در مطالعه دیگری، فرآوری پلت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد کاندیشنر سبب افزایش غلظت آنزیم‌های ALT و AST در مقایسه با دمای ۸۲ و ۹۲ درجه سانتی‌گراد کاندیشنر شد (Amirabdollahian et al., 2014) که این افزایش غلظت می‌تواند نشان‌دهنده اختلال در نفوذپذیری سلولی کبد باشد. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که دمای پایین و زمان بالای کاندیشنینگ سبب بهبود عملکرد سلول‌های بدن و کبد و افزایش کیفیت گوشت می‌شود.

ریخت شناسی روده: نتایج حاصل از اثر زمان و دمای کاندیشنینگ بر تغییرات ریخت شناسی ژژنوم در جدول (۶) ارائه شده است. جوجه‌های گوشتی که با پلت فرآوری شده در دمای ۷۶ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۶۵ ثانیه تغذیه شده بودند، ارتفاع پرز ($P < 0.025$)، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت ($P = 0.059$) و مساحت پرز ($P < 0.024$) بالاتری نسبت به جیره پلت در دمای ۸۲ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۶۵ ثانیه داشتند عرض پرز و عمق کریپت تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند.

روده باریک نقش اساسی در گوارش و جذب مواد مغذی دارد و شاخص‌های بافت شناسی و ریخت شناسی روده باریک از جمله ارتفاع پرز، عمق کریپت و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت به طور مستقیم با ظرفیت دستگاه گوارش و سلامت روده حیوانات مرتبط است (Zhang et al., 2024). پژوهشگرانی گزارش کردند که دمای کاندیشنینگ در تهیه جیره پلت می‌تواند بر ظرفیت گوارشی پرنده تاثیر داشته باشد و سبب بهبود شاخص‌های ریخت شناسی روده و در نتیجه بهبود عملکرد رشد پرندگان شود (Zhang et al., 2024). سوی و همکاران (Cui et al., 2024) در مطالعه‌ای گزارش کردند که افزایش دمای کاندیشنینگ، سبب افزایش نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ناحیه دوازده و ایلئوم شد که می‌تواند تاییدی بر افزایش ظرفیت گوارشی و بهبود عملکرد رشد باشد. مطالعات قبلی پیشنهاد کردند که تامین مواد مغذی مختلف از طریق پردازش خوراک سبب رشد و نمو بهتر پرزها و در نتیجه ایجاد پرزهای بلندتر در روده می‌شود (Zang et al., 2009). پرزهای بلندتر نشان‌دهنده بهبود سلامت روده در پرندگان است که علاوه بر ظرفیت بیشتر برای جذب مواد مغذی، یکنواختی و یکپارچگی در مخاط روده ایجاد می‌کند (Borsatti 2020). سلحشور و همکاران (Salahshour et al., 2023) گزارش کردند که زمان کاندیشنینگ نیز به دسترسی و جذب بهتر مواد مغذی مختلف برای پرزها کمک کرده و به طور همزمان ویژگی‌های فیزیولوژیکی دستگاه گوارش را بهبود می‌بخشد.

جدول ۶- اثرات دما و زمان کاندیشنینگ در فرایند تولید خوراک پلت بر تغییرات ریخت شناسی ژژنوم روده جوجه‌های گوشتی (میکرومتر)

Table 6- Effect of temperature and time conditioning in pellet production on the jejunal morphology in broiler chickens (μm)

دما Temperature	زمان Time	ارتفاع پرز Villus height	عرض پرز Villus width	عمق کریپت Crypt depth	VH: CD ¹	VSA ² (mm ²)
70 °C	45	1296.02 ^{ab}	96.70	136.35	9.50 ^{ab}	555.17 ^{ab}
	65	1289.30 ^{ab}	98.15	129.00	9.99 ^{ab}	509.69 ^{ab}
76 °C	45	1277.70 ^{ab}	97.10	132.10	9.68 ^{ab}	532.00 ^{ab}
	65	1319.60 ^a	96.95	129.30	10.20 ^a	577.40 ^a
82 °C	45	1306.60 ^{ab}	98.60	135.00	9.67 ^{ab}	554.41 ^{ab}
	65	1222.78 ^b	98.05	128.40	9.52 ^b	493.34 ^b
88 °C	45	1255.10 ^{ab}	95.05	129.95	9.66 ^b	506.36 ^{ab}
	65	1303.80 ^{ab}	96.30	132.55	9.84 ^{ab}	541.85 ^{ab}

SEM		19.205	1.042	3.799	0.234	17.483
P-Value		0.025	0.320	0.238	0.059	0.024
دمای Temperature	70 °C	1292.66	97.42	131.18	9.85	532.43
	76 °C	1298.65	94.02	135.90	9.55	554.70
	82 °C	1265.69	98.35	131.70	9.61	523.87
	88 °C	1279.45	95.67	130.55	9.80	521.11
SEM		13.58	0.737	2.687	0.149	12.363
P-Value		0.313	0.103	0.495	0.104	0.267
زمان Time	45	1283.86	96.86	133.10	9.64	536.98
	65	1283.87	97.36	131.56	9.72	530.57
SEM		9.61	0.521	1.90	0.105	8.74
P-Value		0.999	0.502	0.571	0.695	0.607

^{ab} اعداد درون هر ستون که دارای حروف مختلف هستند، تفاوت معناداری با یکدیگر دارند (تست توکی؛ $P < 0.05$).

^۱ نسبت طول پرز به عمق کریپت، ^۲ مساحت پرز (میکرومتر مربع)؛

SEM: اشتباه معیار میانگین

¹ Villus height to crypt depth ratio; ² Villus surface area (μm^2)

^{ab} Values within a column followed by different superscripts are significantly different. $P < 0.05$; Tukey's pairwise test.

SEM; Standard error of mean

نتیجه گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد، دمای ۷۶ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۵ ثانیه باعث بهبود عملکرد رشد جوجه گوشتی می‌شود و دمای ۸۲ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۵ ثانیه، راندمان لاشه و درصد گوشت سینه شد. دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۵ ثانیه باعث افزایش شاخص‌های لیپیدی خون و گلوکز خون گردید. در شاخص‌های بافت شناسی روده، در دمای ۷۶ و زمان ۶۵ ثانیه در مقایسه با سایر دماها، مناسب‌تر بود. دمای ۸۸ درجه باعث کاهش عملکرد رشد و شاخص‌های بافت شناسی و بیوشیمیایی خون گردید. لذا برای عملکرد رشد بالاتر جوجه‌های گوشتی، دمای ۷۶ و زمان ۶۵ ثانیه و برای ارتقای شاخص‌های بافت شناسی دستگاه گوارش و بیوشیمیایی خون دمای ۷۶ درجه و ۶۵ ثانیه برای پلت نمودن خوراک جوجه‌های گوشتی پیشنهاد می‌شود.

References

1. Abadi, M. H. M. G., Moravej, H., Shivazad, M., Torshizi, M. A. K., & Kim, W. K. (2019). Effects of feed form and particle size, and pellet binder on performance, digestive tract parameters, intestinal morphology, and cecal microflora populations in broilers. *Poultry science*, 98(3), 1432-1440. <https://doi.org/10.3382/ps/pey488>
2. Abbas, Z., Sammad, A., Hu, L., Fang, H., Xu, Q., & Wang, Y. (2020). Glucose metabolism and dynamics of facilitative glucose transporters (GLUTs) under the influence of heat stress in dairy cattle. *Metabolites*, 10(8), 312. <https://doi.org/10.3390/metabo10080312>
3. Abbasi pour, A. R. A., Kermanshahi, H., & Golian, A. (2021). Effects of conditioning time and activated sodium bentonite on pellet quality, performance, intestinal morphology, and

- nutrients retention in growing broilers fed wheat-soybean meal diets. *Animal Feed Science and Technology*, 277, 114955. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114955>
4. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T. J., Ravindran, G., & Thomas, D. V. (2010a). Influence of conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy, ileal digestibility of starch and nitrogen and the quality of pellets, in broiler starters fed maize- and sorghum-based diets. *Animal Feed Science and Technology*, 162(3-4), 106-115. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.08.017>
 5. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T. J., Ravindran, G., & Thomas, D. V. (2010b). Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilisation and digestive tract development of broilers fed on maize- and wheat-based diets. *British Poultry Science*, 51(5), 648-657. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.522557>
 6. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T. J., Ravindran, G., & Thomas, D. V. (2011). Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. *Animal feed science and technology*, 168(1-2), 88-99. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.03.014>
 7. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T. J., Ravindran, G., & Thomas, D. V. (2012). Effect of improved pellet quality from the addition of a pellet binder and/or moisture to a wheat-based diet conditioned at two different temperatures on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 175(3-4), 150-157. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.05.001>
 8. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., & Svihus, B. (2013). Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. *Animal feed science and technology*, 179(1-4), 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.10.011>
 9. Amerah, A. M., Gilbert, C., Simmins, P. H., & Ravindran, V. (2011). Influence of feed processing on the efficacy of exogenous enzymes in broiler diets. *World's Poultry Science Journal*, 67(1), 29-46. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000031>
 10. Amirabdollahian, H., Nouri, E. A., & Keramati, K. (2014). A comparative effect of mash and pellet feed with different pelleting temperature on blood metabolites, carcass characteristics and broiler performance. <http://www.ijabbr.com>
 11. Amoozmehr, A., Dastar, B., Ashayerizadeh, O., Mirshekar, R., & Abdollahi, M. R. (2023). Effect of feed form and nutrient density on growth performance, blood parameters, and intestinal traits in broiler breeder pullets. *Poultry Science*, 102(7), 102700. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102700>
 12. Attar, A., Kermanshahi, H., & Golian, A. (2018). Effects of conditioning time and sodium bentonite on pellet quality, growth performance, intestinal morphology and nutrient retention in finisher broilers. *British poultry science*, 59(2), 190-197. <https://doi.org/10.1080/00071668.2017.1409422>
 13. Aviagen, R. (2014). 308 Broiler: Nutrition Specifications. *Huntsville, AL, USA: Aviagen Group*.
 14. Behnke, K. C. (1994, March). Factors affecting pellet quality. In *Maryland Nutrition Conference. Dept. of Poultry Science and Animal Science, College of Agriculture, University of Maryland, College Park* (pp. 1-11). <https://doi.org/10.1093/ps/78.10.1464>
 15. Borsatti, L., Broch, J., de Avila, A. S., Schneiders, J. L., Rocha, C. S., Oxford, J. H., & Nunes, R. V. (2020). Essential oils and prebiotic on broiler diets as feed additives. *Semina: Ciências Agrárias*, 41(4), 1307-1316. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n4p1307>
 16. Cui, W. G., Xue, J. J., Liu, Z. L., Lv, D. Y., Chen, Y., Luo, Y., ... & Wang, C. (2024). Effects of feed conditioning temperature on pellet quality, growth performance, intestinal

- development and blood parameters of geese from 1 to 28 d of age. *Poultry Science*, 103(8), 103849. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103849>
17. Cutlip, S. E., Hott, J. M., Buchanan, N. P., Rack, A. L., Latshaw, J. D., & Moritz, J. S. (2008). The effect of steam-conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value. *Journal of Applied Poultry Research*, 17(2), 249-261. <https://doi.org/10.3382/japr.2007-00081>
 18. Creswell, D., & Bedford, M. (2006). High pelleting temperatures reduce broiler performance. In *Proceeding Australian in Poultry Science Symposium*, (18, No. 2006, pp. 1-6).
 19. Dahlke, F., Ribeiro, A. M. L., Kessler, A. D. M., Lima, A. R., & Maiorka, A. (2003). Effects of corn particle size and physical form of the diet on the gastrointestinal structures of broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 5, 61-67. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2003000100008>
 20. Dansethakul, P., Thapanathamchai, L., Saichanma, S., Worachartcheewan, A., & Pidetcha, P. (2015). Determining a new formula for calculating low-density lipoprotein cholesterol: data mining approach. *EXCLI journal*, 14, 478. doi: <https://10.17179/excli2015-162>
 21. dos Santos, R. O. F., Bassi, L. S., Schramm, V. G., da Rocha, C., Dahlke, F., Krabbe, E. L., & Maiorka, A. (2020). Effect of conditioning temperature and retention time on pellet quality, ileal digestibility, and growth performance of broiler chickens. *Livestock Science*, 240, 104110. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104110>
 22. Dozier, W. A. (2001). Pelet de calidad para obtener carne de ave más económica.
 23. Froetschner, J. (2006). Conditioning controls pellet quality. *Feed Technology*, 10, 5-12.
 24. Fahrenholz, A. C. (2012). *Evaluating factors affecting pellet durability and energy consumption in a pilot feed mill and comparing methods for evaluating pellet durability*. Kansas State University.
 25. Fletcher, D. L. (2002). Poultry meat quality. *World's Poultry Science Journal*, 58(2), 131-145. <https://doi.org/10.1079/WPS20020013>
 26. Garcia, V., Catala-Gregori, P., Hernandez, F., Megias, M. D., & Madrid, J. (2007). Effect of formic acid and plant extracts on growth, nutrient digestibility, intestine mucosa morphology, and meat yield of broilers. *Journal of applied poultry research*, 16(4), 555-562. <https://doi.org/10.3382/japr.2006-00116>
 27. Greenwood, C. T. (1970). Organization of starch granules. *The Carbohydrates, Chemistry and Technology*, 2.
 28. Jensen, L. S. (2000). Influence of pelleting on the nutritional needs of poultry.
 29. Ighani, V., Sadeghi, A. A., Mousavi, S. N., Jafari, P., & Chamani, M. (2020). Effect of Pelleting Temperature, Probiotic and Wheat Grain on Growth Performance, Blood Biochemical Variables, Immune Responses and Mucin 2 Gene Expression of Broiler Chicks. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 10(3), 517-524.
 30. Inbarr, J., & Bedford, M. R. (1994). Stability of feed enzymes to steam pelleting during feed processing. *Animal Feed Science and Technology*, 46(3-4), 179-196. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90138-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90138-4)
 31. Iravani, S., Aziz-Aliabadi, F., & Vakili, R. (2024). Feed processing: a review of the impacts of conditioning time and temperature on feed quality and broilers performance. *World's Poultry Science Journal*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/00439339.2024.2341276>
 32. Latshaw, J. D., & Moritz, J. S. (2009). The partitioning of metabolizable energy by broiler chickens. *Poultry science*, 88(1), 98-105. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00161>
 33. Lecznieski, J. L., Ribeiro, A. M. L., Kessler, A. M., & Penz Jr, A. M. (2001). Influência da forma física e do nível de energia da ração no desempenho e na composição de frangos de corte. *Archivos latinoamericanos de producción animal*, 9(1), 6-11.

34. Loar II, R. E., Wamsley, K. G. S., Evans, A., Moritz, J. S., & Corzo, A. (2014). Effects of varying conditioning temperature and mixer-added fat on feed manufacturing efficiency, 28-to 42-day broiler performance, early skeletal effect, and true amino acid digestibility. *Journal of Applied Poultry Research*, 23(3), 444-455. <https://doi.org/10.3382/japr.2013-00930>
35. Lowe, R. (2023). Judging pellet stability as part of pellet quality. *AFMA Matrix (South Africa)*, 14(3).
36. Lundblad, K. K., Issa, S., Hancock, J. D., Behnke, K. C., McKinney, L. J., Alavi, S., and Sørensen, M. (2011). Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 169(3-4), 208-217. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.06.008>
37. Lv, M., Yan, L., Wang, Z., An, S., Wu, M., & Lv, Z. (2015). Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. *Animal Nutrition*, 1(3), 252-256. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.06.001>
38. Massuquetto, A., Durau, J. F., Schramm, V. G., Netto, M. T., Krabbe, E. L., & Maiorka, A. (2018). Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. *Journal of applied poultry research*, 27(1), 51-58. <https://doi.org/10.3382/japr/pfx039>
39. Massuquetto, A., Panisson, J. C., Marx, F. O., Surek, D., Krabbe, E. L., & Maiorka, A. (2019). Effect of pelleting and different feeding programs on growth performance, carcass yield, and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 98(11), 5497-5503. <https://doi.org/10.3382/ps/pez176>
40. Moritz, J. S., Parsons, A. S., Buchanan, N. P., Calvalcanti, W. B., Cramer, K. R., & Beyer, R. S. (2005). Effect of gelatinizing dietary starch through feed processing on zero-to three-week broiler performance and metabolism. *Journal of applied poultry research*, 14(1), 47-54. <https://doi.org/10.1093/japr/14.1.47>
41. Netto, M. T., Massuquetto, A., Krabbe, E. L., Surek, D., Oliveira, S. G., & Maiorka, A. (2019). Effect of conditioning temperature on pellet quality, diet digestibility, and broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(4), 963-973. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz056>.
42. Perera, W. N. U., Abdollahi, M. R., Zaefarian, F., Wester, T. J., & Ravindran, V. (2021). High steam-conditioning temperature during the pelleting process impairs growth performance and nutrient utilization in broiler starters fed barley-based diets, regardless of carbohydrase supplementation. *Poultry Science*, 100(8), 101166. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101166>.
43. Ran, T., Fang, Y., Wang, Y. T., Yang, W. Z., Niu, Y. D., Sun, X. Z., & Zhong, R. Z. 2020. Effects of grain type and conditioning temperature during pelleting on growth performance, ruminal fermentation, meat quality and blood metabolites of fattening lambs. *Animal*, 15(3): <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100146>
44. Rueda, M., Rubio, A. A., Starkey, C. W., Mussini, F., & Pacheco, W. J. (2022). Effect of conditioning temperature on pellet quality, performance, nutrient digestibility, and processing yield of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 31(2), 100235. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2022.100235>
45. Salahshour, A., Vakili, R., & Nameghi, A. H. (2023). Effect of different conditioning temperatures and times on the pellet quality, performance, intestinal morphology, ileal microbial population, and apparent metabolizable energy in broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 25(3), eRBCA-2023. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2023-1801>

46. Svihus, B., Uhlen, A. K., & Harstad, O. M. (2005). Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 122(3-4), 303-320. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.02.025>
47. Svihus, B. (2006). The role of feed processing on gastrointestinal function and health in poultry. In *Avian gut function in health and disease* (pp. 183-194). Wallingford UK: CABI.
48. Wang, M., Yang, C., Wang, Q. Y., Li, J. Z., Li, Y. L., Ding, X. Q., ... & Yin, Y. L. (2020). The growth performance, intestinal digestive and absorptive capabilities in piglets with different lengths of small intestines. *Animal*, 14(6), 1196-1203. <https://doi.org/10.1017/S175173111900288X>
49. Wen, J. S., Xu, Q. Q., Zhao, W. Y., Hu, C. H., Zou, X. T., & Dong, X. Y. (2022). Effects of early weaning on intestinal morphology, digestive enzyme activity, antioxidant status, and cytokine status in domestic pigeon squabs (*Columba livia*). *Poultry science*, 101(2), 101613. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101613>
50. Xue B., Song J., Liu L., Luo J., Tian G., and Yang Y. (2017). Effect of epigal- locatechin gallate on growth performance and antioxidant capacity in heat-stressed broilers. *Archives of Animal Nutrition*, 71: 362-372. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2017.1355129>
51. Zang, J. J., Piao, X. S., Huang, D. S., Wang, J. J., Ma, X., & Ma, Y. X. (2009). Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(1), 107-112.
52. Zhang, Y., Xue, J., Chen, Y., Huang, X., Liu, Z., Zhong, H., ... & Wang, C. (2024). Modulation of Performance, Plasma Constituents, Small Intestinal Morphology, and Cecum Microbiota in Growing Geese by Dietary Citric Acid Supplementation. *Animals*, 14(5), 660. <https://doi.org/10.3390/ani14050660>