

Effects of Time and Temperature Conditioner on Feed Pellet Quality and Growth Performance, Blood Indices and Jejunal Morphology of Broilers

Amirasadollah Mazroei¹, Seyyed Javad Hosseini-Vashan^{1*}, Mohsen Mojtahedi¹, Hossein Naeemipour Younesi¹

1- Department of Animal Science, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

*Corresponding Author's Email: jhosseiniv@birjand.ac.ir

Received: 14-12-2024
Revised: 20-05-2025
Accepted: 10-06-2025
Available Online: 04-04-2026

How to cite this article:

Mazroei, A., Hosseini-Vashan, S.J., Mojtahedi, M., Naeemipour Younesi H. (2026). Effects of time and temperature conditioner on feed pellet quality and growth performance, blood indices and Jejunal morphology of broilers. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(1), 57-73. (in Persian with English abstract).

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

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 until analyzing. 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.



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

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

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, and intestinal histological indices of broilers, and a temperature of 82°C and time of 65 seconds improved carcass efficiency. The diets pelleted at temperature of 88°C reduced growth performance and histological and biochemical indices of blood. Therefore, for higher growth performance and improving histological indices of the digestive tract of broilers, a temperature of 76°C and time of 65 seconds is recommended, and to improve biochemical indices of blood and carcass efficiency, a temperature of 82°C and a time of 45/65 seconds is recommended for pelleting feed for broilers.

Keywords: Cholesterol, Conditioning temperature and time, Glucose, Pellet durability index, Villus height

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

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰

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، اجزاء لاشه، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و ریخت‌شناسی روده جوجه گوشتی بود. ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی، در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۴×۲ با چهار سطح دما (۷۰، ۷۶، ۸۲ و ۸۸ درجه سلسیوس) و 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 ریخت‌شناسی ژنوم جوجه گوشتی اندازه‌گیری شدند. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که دمای ۷۶ درجه سلسیوس و زمان ۶۵ ثانیه باعث بهبود عملکرد رشد و شاخص‌های بافت‌شناسی روده، جوجه گوشتی شد و دمای ۸۲ درجه سلسیوس 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 آنزیم‌های آسپارات آمینوترانسفراز در جوجه‌های گوشتی شد. دمای ۸۸ درجه سلسیوس باعث کاهش عملکرد رشد و شاخص‌های بافت‌شناسی و بیوشیمیایی خون گردید. لذا برای بهبود عملکرد رشد و شاخص‌های بافت‌شناسی دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی، دمای ۷۶ و زمان ۶۵ ثانیه توصیه می‌شود و برای ارتقای راندمان لاشه و خصوصیات بیوشیمیایی خون، دمای ۸۲ درجه سلسیوس و ۴۵ یا ۶۵ ثانیه پلت نمودن خوراک جوجه‌های گوشتی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع پرز، دما و زمان کاندیشنینگ، شاخص پایداری پلت، کلسترول، گلوکز

مقدمه

برخی از مزایای پلت کردن خوراک شامل کاهش تفکیک خوراک، جابه‌جایی 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 دنا توره شدن

افزایش تقاضا برای خوراک‌های فرآوری‌شده، 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 پلت‌پذیرافزایش داده است (Salahshour et al., 2023). مطالعات نشان دادند که خوراک پلت، در مقایسه با خوراک آردی، کارایی استفاده از اجزاء جیره را بهبود بخشیده و در نتیجه عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی را افزایش داد (Lv et al., 2015; Massuquetto et al., 2018).

۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
(*) نویسنده مسئول: Email: jhosseini@yahoo.com.
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.90881.1223>

بخار در کاندیشنر تا چهار دقیقه باعث افزایش کلسترول خون و کاهش HDL کلسترول خون جوجه‌های گوشتی گردید. به‌طور مشابه در تحقیق دیگری نیز کاهش کلسترول در سطح میانی دمای 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 تأثیر قرار گرفت و در دماهای بالاتر، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت افزایش یافت (Cui et al., 2024). با توجه به مطالعات انجام‌شده در خصوص تأثیر 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 بود.

مواد و روش

مدیریت جوجه‌های گوشتی: در مجموع، ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ تهیه و به‌طور تصادفی به هشت تیمار و پنج تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار تقسیم شدند. جوجه‌ها با هشت 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 پلت‌زن ساخت شرکت ماتودور چین RC30 انجام گردید. جیره‌های آزمایشی برای سه دوره آغازین (۱۰-۱ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ 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 به‌صورت 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 به‌عنوان شاخص اقتصادی بر اساس 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، سه تکرار ۱۰۰ گرمی از هر نمونه پلت در دستگاه هولمن (NHP-100) به‌مدت ۶۰ ثانیه در معرض فشار هوای ۶۸

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 (Abdollahi et al., 2008; Cutlip et al., 2013) و حفظ بهداشت خوراک با کاهش جمعیت عوامل میکروبی بیماری‌زا (پاتوژن‌ها) شامل سالمونلا و کمپیلوباکتر (Abdollahi et al., 2013; Amerah et al., 2011) 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 (Inbarr and Bedford, 1994) و کاهش دسترسی به مواد مغذی (Abdollahi et al., 2010b) شود و عملکرد رشد را به خطر بیندازد (Abdollahi et al., 2011; Cutlip et al., 2008).

در پژوهش‌های دیگری گزارش شد که 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 ضدتغذیه‌ای، ژلاتینه شدن مناسب نشاسته و 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 (Fahrenheit, 2012). همچنین افزایش زمان نگهداری در کاندیشنر ممکن است ژلاتینه شدن نشاسته و دنا‌توره شدن پروتئین را افزایش دهد (Iravani et al., 2024). عطار و همکاران (Attar et al., 2018) نشان دادند که دو دقیقه کاندیشنینگ در مقایسه با چهار دقیقه کاندیشنینگ جیره‌های پایانی، شاخص پایداری پلت و سختی پلت، ریخت‌شناسی روده و گوارش‌پذیری مواد مغذی را بهبود بخشید. مطالعات پیشین نشان داد که فرآوری و مدت زمان کاندیشنینگ بر غلظت لیپیدهای خونی اثر می‌گذارد، به‌طوری‌که افزایش مدت زمان

های (density lipoprotein, HDL)، تری گلیسرید و فعالیت آنزیم‌های کبدی از جمله آسپارتات آمینوترانسفراز (Aspartate aminotransferase, AST) و آلانین آمینوترانسفراز (Alanine aminotransferase, ALT) پلاسما، خون، توسط کیت‌های تشخیص کمی شرکت پارس آزمون و دستگاه اسپکتروفوتومتری اتوانالایزر جسان ۴۴۰۰ (جسان ۴۴۰۰، کشور ایتالیا) اندازه‌گیری گردید. غلظت لیپوپروتئین با چگالی پایین (Low density lipoprotein, LDL) نیز از طریق رابطه ۱ محاسبه شد (Daneshakul et al., 2015).

$$\text{LDL (mg/dl)} = \text{total cholesterol} / 1.19 + \text{triglyceride} \times 1.9 - \text{HDL} \times 1.3 \quad (۱)$$

اصلی نیز نشان داد که هیچ یک از مشخصه‌های زمان و دما بر کیفیت پلت تأثیر معنی‌داری نداشتند.

طی فرآیند کاندیشنینگ، لازم است که با افزایش دما، بخار نیز به دستگاه تزریق شود. این بخار سبب افزایش میزان چسبندگی ذرات خوراک شده و آن‌ها را به صورت قالب‌پذیر یا شکل‌پذیر در می‌آورد. این عامل، کیفیت فیزیکی پلت‌ها را بهبود می‌بخشد (Froetschner, 2006). پیرا و همکاران (Perera et al., 2021) گزارش کردند که افزایش دمای کاندیشنر از ۶۰ به ۸۸ درجه سانتی‌گراد، دوام پلت را تا ۴/۲ درصد افزایش می‌دهد. همچنین محققان گزارش کردند که در پاسخ به افزایش دمای کاندیشنر، محتوای نشاسته ژلاتینه‌شده افزایش یافت (Abdollahi et al., 2011; Cutlip et al., 2008) که سبب افزایش گرانروی جیره‌ها، بهبود حجم اتصال ذرات خوراک و در نتیجه افزایش کیفیت پلت گردید (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 می‌شود (Perera et al., 2021). به طور مشابه، محققان دیگری نیز گزارش کردند که با افزایش دما و زمان کاندیشنینگ، PDI افزایش یافت (Dos Santos et al., 2020). افزایش دمای کاندیشنر به بالاتر از ۸۵ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش شاخص PDI و شاخص ژلاتینه شدن نشاسته در خوراک پلت گردید. هر چند دمای بالای کاندیشنر 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).

میلی بار به صورت پنوماتیک به گردش درآمدند. نمونه‌ها الک شده و بعد از خروج از دستگاه وزن‌کشی 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)، دو پرنده از هر تکرار در لوله آزمایش حاوی ماده ضد انعقاد، خون‌گیری شد. برای جداسازی پلاسما، خون به سرعت سانتریفیوژ (۳۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه) گردید. گلوکز، آلبومین، پروتئین کل، کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی بالا (High density lipoprotein, HDL) و لیپوپروتئین با چگالی پایین (Low density lipoprotein, LDL) را به روش‌های استاندارد (Garcia et al., 2007) محاسبه شد.

در پایان دوره آزمایشی (۴۲ روزگی)، ۲ پرنده از هر تکرار 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 گردید. 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 شش میکرومتر تهیه و با هماتوکسیلین-آئوزین 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).

تجزیه آماری داده‌ها

داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار اکسل مرتب و سامان‌دهی شدند، سپس در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD^۱) با آرایش فاکتوریل ۴×۲ (با چهار سطح دما و دو سطح زمان) به روش GLM^۲ به وسیله نرم‌افزار SAS 9.4 مورد تجزیه واریانس دوطرفه قرار گرفتند، مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون آماری توکی‌کرامر در سطح معنی‌داری P<0.05 انجام شد.

نتایج و بحث

کیفیت پلت (PDI): نتایج مربوط به تأثیر زمان و دمای کاندیشنینگ بر کیفیت پلت در جدول ۲ نشان داده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که زمان و دمای کاندیشنینگ در هیچ یک از دوره‌های آزمایشی بر کیفیت و دوام پلت اثر معنی‌داری نداشت. بررسی اثرات

جدول ۱- ترکیب اقلام خوراکی در جیره‌های آزمایشی (گرم/کیلوگرم)
Table 1- Composition of feed items in experimental diets (g/kg)

ماده خوراکی Ingredient	(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
سیوس گندم Wheat bran	2.00	2.54	4.16
کلسیم کربنات Calcium carbonate	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 بی کربنات 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
توکسین بایندر 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 سوخت‌وساز (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolisable energy (kcal/kg)	2980	3080	3170
پروتئین خام (درصد) Crude protein	22.5	20.5	19.00
کلسیم (درصد) Calcium	1.05	0.98	0.93
فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorous	0.53	0.45	0.40
لایزین Lysine	1.45	1.26	1.10
متیونین + سیستئین Met+Cys	0.91	0.78	0.65

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

^۲ مکمل ویتامینی تأمین‌کننده مقادیر ویتامین‌های ذیل در هر کیلوگرم خوراک است: ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۳ میلی‌گرم ویتامین E، ۲/۲ میلی‌گرم ویتامین K₃، ۱ میلی‌گرم ویتامین B₂، ۴ میلی‌گرم کلسیم پنتوتنات، ۱۵ میلی‌گرم نیاسین و ۱۳ میلی‌گرم ویتامین B₆.

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

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 تأثیر 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.

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 (Cui et al., 2024; Salahshour et al., 2023). به‌طور کلی می‌توان دریافت که زمان و دمای کاندیشنینگ تنها یکی از عوامل اثرگذار بر کیفیت پلت است و عوامل دیگری همچون ترکیب جیره، تعداد و تنوع مواد

جدول ۲- اثرات دما و زمان کاندیشنینگ در فرآیند تولید خوراک بر کیفیت پلت (درصد)

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

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

^{ab} اعداد درون هر ستون که دارای حروف مختلف هستند، تفاوت معنی‌داری 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: اشتباه معیار میانگین

SEM: standard error of mean

درجه سانتی‌گراد با زمان ۴۵ ثانیه، بالاترین مقدار مصرف خوراک را نشان داد که این مقدار به‌طور معنی‌داری 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

عملکرد رشد: داده‌های مرتبط با اثر دماهای مختلف و زمان کاندیشنینگ 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

به دماهای ۷۶ و ۸۲ درجه سانتی گراد با زمان ۶۵ ثانیه بود و نسبت به برخی تیمارها تفاوت معنی داری نشان دادند ($P < 0.05$).

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

دما (سانتیگراد) Treatments (°C)	زمان (دقیقه) Time (minute)	۱-۱۰ روزگی				۱۱-۲۴ روزگی				۲۵-۴۲ روزگی			
		ADWG (g)	ADFI (g)	FCR	ADWG (g)	ADFI (g)	FCR	ADWG (g)	ADFI (g)	FCR	ADWG (g)	ADFI (g)	FCR
70	45	23.56	25.37 ^{ab}	1.09 ^{ab}	59.75 ^{bc}	76.88	1.28	56.54 ^a	101.45	1.85 ^c	44.86 ^{ab}	67.82	1.52 ^{cd}
	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}
76	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}
	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
82	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
	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}
88	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 ^{ab}	58.58 ^c	79.70	1.36	32.96 ^d	99.40	3.01 ^a	34.59 ^e	67.15	1.94 ^a
انتخاب معیار میانگین		0.776	0.595	0.041	1.817	1.680	0.049	2.098	1.699	0.114	0.889	1.058	0.043
SEM		0.136	0.0041	0.038	0.020	0.935	0.100	<0.0001	0.756	<0.0001	<0.0001	0.993	<0.0001
P-value													
اثرات اصلی													
Main effects													
دما (سانتیگراد)	70	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	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
Temperature (°C)	82	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	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
انتخاب معیار میانگین		0.381	0.49	0.02	0.65	1.21	0.02	1.506	1.44	0.03	0.639	0.85	0.02
SEM		0.434	0.370	0.203	0.425	0.866	0.570	<0.0001	0.451	<0.0001	<0.0001	0.961	<0.0001
P-value													
زمان	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
Time	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
انتخاب معیار میانگین		0.269	0.34	0.02	0.46	0.85	0.03	1.065	1.01	0.01	0.451	0.60	0.02
SEM		0.526	<0.001	0.029	0.147	0.389	0.134	0.0002	0.950	0.001	0.0036	0.589	0.013
P-value													

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

درحالی که مصرف خوراک روزانه و ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند. در بررسی افزایش وزن روزانه، بیشترین مقدار

دما و زمان کاندیشینگ تأثیر معنی داری بر افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی در دوره ۱۱ تا ۲۴ روزگی داشتند ($P < 0.05$).

به حداکثر رساندن عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی، ۸۰ درجه سانتی-گراد توصیه کردند. عبداللهی و همکاران (*Abdollahi et al., 2010b*) گزارش کردند که اثر دمای کاندیشینر بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی با تأثیر بر میزان دسترسی مواد مغذی رابطه مستقیم دارد.

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

وزن لاشه و اندام‌های داخلی: داده‌های مرتبط با وزن نسبی

لاشه و اندام‌های 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 جوجه‌های مصرف‌کننده جیره پلت در دمای ۸۲ درجه سانتی-گراد و زمان ۶۵ ثانیه (۷۲/۶۲) در مقایسه با سایر تیمارها به جز جیره پلت در دماهای ۷۰ و ۷۶ درجه سانتی-گراد و زمان ۶۵ ثانیه بیشتر بود ($P < 0.01$). همچنین، وزن نسبی سینه در جوجه‌های مصرف‌کننده 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 لوزالمعدة در جوجه‌های مصرف‌کننده پلت تولیدشده 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 سانتی-گراد و زمان ۶۵ ثانیه بالاتر بود ($P < 0.001$). یافته‌ها نشان می‌دهد که افزایش دما تا ۸۲ درجه همزمان با افزایش زمان کاندیشینر باعث افزایش راندمان لاشه و درصد گوشت سینه شد، ولی در دمای بالاتر، اثر کاهشی داشت. اثر دما و زمان کاندیشینر بر وزن نسبی ران، چربی بطنی، کبد، کیسه صفرا، بورس فابریوس، طحال، قلب و کبد معنی‌دار نبود. جوجه‌های تغذیه‌شده با پلت تولیدی در دمای ۷۰ درجه سانتی-گراد و زمان ۴۵ ثانیه بالاترین طول نسبی دوازدهه را در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی نشان دادند ($P < 0.0001$). جوجه‌های

مربوط به تیمار دمای ۷۶ درجه سانتی-گراد با زمان کاندیشینر ۴۵ ثانیه و دمای ۷۰ درجه سانتی-گراد 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 سانتی-گراد با زمان ۶۵ ثانیه مشاهده شد. در دوره ۲۵ تا ۴۲ روزگی، بیشترین مقدار افزایش وزن روزانه مربوط به تیمار دمای ۷۶ درجه سانتی-گراد با زمان ۶۵ ثانیه و دمای ۷۰ درجه سانتی-گراد با زمان ۴۵ ثانیه بود که این مقادیر به طور معنی‌داری از تیمارهای دارای دمای ۸۸ درجه سانتی-گراد بیشتر بودند. مصرف خوراک روزانه بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار ضریب تبدیل خوراک مربوط به تیمارهای ۷۰ درجه سانتی-گراد با زمان ۴۵ و ۶۵ ثانیه، دماهای ۷۶ و ۸۲ درجه سانتی-گراد با زمان ۶۵ ثانیه بود و بالاترین مقدار در تیمار دمای ۸۸ درجه سانتی-گراد مشاهده شد.

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 و کمترین مقدار در تیمار دمای ۸۸ درجه سانتی-گراد ثبت شد. مصرف خوراک روزانه بین تیمارها تفاوت معنی‌داری 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 می‌دهد که دماهای بالاتر کاندیشینر (به‌ویژه ۸۸ درجه سانتی-گراد) به‌ویژه با زمان کاندیشینر بیشتر منجر به کاهش معنی‌دار افزایش وزن روزانه و افزایش ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی در هر دو دوره انتهایی و کل دوره پرورش می‌شود. در مقابل، دماهای متوسط (به‌ویژه ۷۶ درجه سانتی-گراد با زمان ۶۵ ثانیه) باعث بهبود معنی‌دار عملکرد رشد و کارایی خوراک می‌گردد.

جیره‌های پلت‌شده اثر مثبت بر صفات عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی دارند، زیرا شکل فیزیکی پلت‌ها، مصرف خوراک را افزایش می‌دهد (*Massuquetto et al., 2019*). محققان گزارش کردند که شکل خوراک بر انرژی هر واحد خوراک که برای تولید و افزایش گرما استفاده می‌شود، تأثیر می‌گذارد. در نتیجه، جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده 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 کاندیشینر بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی قابل مشاهده است. طبق نظریه سرول و بدفورد (*Creswell and Bedford, 2006*)، دمای بالاتر از ۸۵ درجه سانتی-گراد کاندیشینر مانع عملکرد مناسب جوجه‌های گوشتی می‌شود که احتمالاً به دلیل از بین رفتن جزئی بخشی از مواد مغذی خوراک حساس به گرما شامل بخشی از ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای آمینه فرار باشد. این محققان دمای کاندیشینر را برای

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 کل 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 به‌جز در مقایسه با تیمار ۷۰ درجه با زمان ۴۵ ثانیه، تفاوت قابل توجهی داشت. به‌طور کلی، افزایش دما و طولانی‌تر شدن زمان کاندیشنینگ می‌تواند سبب کاهش غلظت گلوکز و کلسترول سرم خون جوجه‌های گوشتی شود، درحالی‌که غلظت پروتئین کل و آلبومین در دماها و زمان‌های بالاتر افزایش یافت ($P < 0.0001$). 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 به‌جز تیمار ۷۰ درجه تفاوت معنی‌داری داشت. فعالیت آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز در دمای ۸۸ درجه و در هر دو زمان ۴۵ و ۶۵ ثانیه کاندیشنینگ، به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار دمای ۸۲ درجه با زمان ۶۵ ثانیه افزایش یافت. 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، درحالی‌که دما و زمان بالاتر معمولاً باعث کاهش این شاخص‌ها و افزایش فعالیت آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز می‌شد.

تغذیه‌شده با پلت تولیدی در دمای ۸۸ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۵ ثانیه بالاترین طول نسبی ایلئوم ($۸۰/۹۰$) را نسبت به تیمار با دمای ۷۶ و زمان ۶۵ ثانیه ($۵۵/۴۰$) نشان دادند ($P < 0.003$). محققان 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 تأثیر معنی‌داری نداشت (Rueda et al., 2024; Loar et al., 2014; Cui et al., 2024). نیز دریافتند که وزن نسبی ماهیچه سینه، ماهیچه ران، چربی محوطه شکمی، کبد، پیش معده، سنگدان و شاخص‌های قلب تحت تأثیر دماهای مختلف مورد استفاده در کاندیشنینگ قرار نگرفتند (Cui et al., 2024; 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 عبداللهی و همکاران (Abdollahi et al., 2011) گزارش شد، پرندگانی که با جیره‌های ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد کاندیشنینگ تغذیه شدند، طول نسبی روده باریک مشابهی داشتند. همچنین عباسی‌پور و همکاران (Abbasi Pour et al., 2021) نیز دریافتند که زمان کاندیشنینگ تأثیری 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 پلت‌شده 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 تغذیه‌شده با پلت تهیه‌شده در زمان دو دقیقه کاندیشنینگ کاهش یافت، درحالی‌که سایر قسمت‌های روده باریک تحت تأثیر قرار نگرفت (Attar et al., 2018). دلیل این نتایج متنوع می‌تواند زمان و دماهای مختلف کاندیشنینگ، ترکیب جیره پایه و سن پرند باشد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش دمای (۸۸ درجه سانتی‌گراد) کاندیشنینگ، دسترسی پرنده‌ها به مواد مغذی جیره محدود شده و بر عملکرد رشد پرند اثر منفی می‌گذارد. احتمال می‌رود که این افزایش طول ایلئوم به‌دلیل افزایش مواد مغذی آسیب‌دیده حرارتی در شیر به‌گوارشی باشد که باعث افزایش ماندگاری در ایلئوم و افزایش اندازه ایلئوم شده باشد.

جدول ۴- اثرات دما و زمان کاندیشنر در فرآیند تولید خوراک پلت بر وزن نسبی 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 (سانتیگراد) Temperature (°C)	زمان Time	لاشه Carcass	سینه Breast	ران Thigh	کبد Liver	چربی شکمی Abdominal fat	لوزالمده Pancreases	بورس Bursa of Fabricius	کیسه صفرا Gallbladder	قلب Heart	طحال Spleen	طول دوازده Duodenum length (cm)	طول ژنوم Jejunum length (µm)	طول ایلوم Ileum length (µm)
70	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	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}
	82	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
88	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}
	76	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}
	82	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
انتخاب معیار میانگین 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
سطح معنی داری 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 (سانتیگراد) Temperature (°C)	70	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	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	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	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
انتخاب معیار میانگین 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
سطح معنی داری 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 Time	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
	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
انتخاب معیار میانگین 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
سطح معنی داری 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

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

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

دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C)	زمان Time	گلوکز Glucose	پروتئین کل Total Protein	آلبومین Albumin	کلسترول Cholesterol	تری‌گلیسرید Triglyceride	HDL ¹	LDL ²	AST ⁴	ALT ⁵
70	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	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	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	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
انتخاب معیار میانگین										
SEM		9.333	0.113	0.075	8.145	4.940	2.342	11.304	14.587	0.326
سطح معنی داری 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 (سانتی‌گراد) Temperature (°C)	70	252.95 ^a	5.75 ^b	3.21	163.43 ^a	86.22 ^a	51.34	143.22	254.05	3.68
	76	226.56 ^b	5.74 ^b	3.27	147.20 ^{ab}	80.20 ^a	49.49	141.76	239.97	3.55
	82	219.63 ^b	6.08 ^a	3.16	121.69 ^c	64.99 ^b	45.83	101.22	228.53	3.68
	88	213.17 ^b	6.13 ^a	3.20	131.80 ^{bc}	76.51 ^{ab}	48.93	113.39	285.50	3.75
انتخاب معیار میانگین										
SEM		6.61	0.08	0.05	5.75	13.63	1.65	7.99	10.315	0.231
سطح معنی داری P-value		0.0003	0.005	0.552	<0.0001	0.0006	0.135	0.0004	0.358	0.941
زمان Time	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
	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
انتخاب معیار میانگین										
SEM		4.66	0.05	0.03	4.07	9.63	1.17	5.65	7.29	0.16
سطح معنی داری 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 معنی داری با یکدیگر دارند (تست توکی؛ $P < 0.05$).

¹ لیپوپروتئین چگالی بالا، ² آسپارات آمینوترانسفراز، ³ آلانین آمینوترانسفراز، ⁴ AST، ⁵ ALT انتخاب معیار میانگین

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

¹ High-density lipoprotein; ² Low-density lipoprotein; ³ Aspartate aminotransferase; ⁴ Alanine aminotransferase; SEM: Standard error of mean

ALT 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. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که دمای پایین و زمان بالای کاندیشنر سبب بهبود عملکرد سلول‌های بدن و کبد و افزایش کیفیت گوشت می‌شود.

ریخت‌شناسی روده: نتایج حاصل از اثر زمان و دمای کاندیشنر بر تغییرات ریخت‌شناسی ژژنوم در جدول ۶ ارائه شده است. جوجه‌های گوشتی که با پلت فرآوری‌شده 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 تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند.

روده باریک نقش اساسی در گوارش و جذب مواد مغذی دارد و شاخص‌های بافت‌شناسی و ریخت‌شناسی روده باریک از جمله ارتفاع پرز، عمق کریپت و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت به‌طور مستقیم با ظرفیت دستگاه گوارش و سلامت روده حیوانات مرتبط است (Zhang et al., 2024). پژوهشگران گزارش کردند که دمای کاندیشنر در تهیه جیره پلت می‌تواند بر ظرفیت گوارشی پرند تأثیر داشته باشد و سبب بهبود شاخص‌های ریخت‌شناسی 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 کاندیشنر سبب افزایش نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ناحیه دوازدهه و ایلئوم شد که می‌تواند تأییدی بر افزایش ظرفیت گوارشی و بهبود عملکرد رشد باشد. مطالعات قبلی پیشنهاد کردند که تأمین مواد مغذی مختلف از طریق پردازش خوراک سبب رشد 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 کاندیشنر نیز به دسترسی و جذب بهتر مواد مغذی مختلف برای پرزها کمک کرده و به‌طور همزمان ویژگی‌های فیزیولوژیکی دستگاه گوارش را بهبود می‌بخشد.

گلوکز به‌عنوان ماده تأمین‌کننده 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 گوارش‌پذیری، جذب و آزادسازی گلوکز خون دارد. کاهش غلظت گلوکز خون پرندگان با کاهش مصرف خوراک منجر به اختلال در سوخت‌وساز و رشد می‌شود (Abbas et al., 2020). گزارش شده است، غلظت گلوکز خون پرندگان تغذیه شده با پلت فرآوری شده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با پلت فرآوری شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر بود و غلظت آلبومین در پلت فرآوری‌شده تحت دمای ۸۸ درجه سانتی‌گراد بالاتر بود (Ighani et al., 2020).

با افزایش زمان کاندیشنر پلت از دو به چهار دقیقه، غلظت گلوکز خون کاهش یافت (Attar et al., 2018). غلظت کلسترول خون، تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد. یکی از مؤثرترین عوامل محیطی، خوراک است. همچنین ساخت کلسترول در بدن با وزن بدن رابطه مستقیمی دارد، به‌طوری‌که با افزایش مصرف خوراک و به‌دنبال 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 کاندیشنر ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد نشان داده شد که غلظت تری‌گلیسرید و LDL در جوجه‌های تغذیه‌شده با پلت تحت دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به جوجه‌های تغذیه‌شده با پلت تحت دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود. اگرچه غلظت کلسترول و HDL جوجه‌های تغذیه‌شده با پلت تحت دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر بود (Ighani et al., 2020).

یکی از شاخص‌های آسیب کبد، افزایش غیرطبیعی غلظت آنزیم‌های کبدی آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) است (Xue et al., 2017). محققان بیان کردند که خوراک پلت سبب کاهش غلظت آنزیم‌های آسپاراتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز خون جوجه‌های گوشتی در مقایسه با خوراک آردی شد (Amoozmehr et al., 2023) که افزایش فعالیت آنزیم‌های کبدی می‌تواند بیانگر آسیب به بافت کبد باشد (Hosseini-Vashan & Afzali, 2008). هر چند در مطالعه دیگری، فرآوری پلت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد کاندیشنر سبب افزایش غلظت آنزیم‌های AST و

جدول ۶- اثرات دما و زمان کاندیشینگ در فرآیند تولید خوراک پلت بر تغییرات ریخت‌شناسی ژل‌نوم روده جوجه‌های گوشتی (میکرومتر)

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

دما (سانتیگراد) Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	زمان Time	ارتفاع پرز Villus height	عرض پرز Villus width	عمق کریپت Crypt depth	VH: CD ¹	VSA ² (mm^2)
70	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	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	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	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}
اشتباه معیار میانگین SEM		19.205	1.042	3.799	0.234	17.483
سطح معنی داری P-value		0.025	0.320	0.238	0.059	0.024
دما (سانتیگراد) Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	70	1292.66	97.42	131.18	9.85	532.43
	76	1298.65	94.02	135.90	9.55	554.70
	82	1265.69	98.35	131.70	9.61	523.87
	88	1279.45	95.67	130.55	9.80	521.11
اشتباه معیار میانگین SEM		13.58	0.737	2.687	0.149	12.363
سطح معنی داری 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
اشتباه معیار میانگین SEM		9.61	0.521	1.90	0.105	8.74
سطح معنی داری P-value		0.999	0.502	0.571	0.695	0.607

^{ab} اعداد درون هر ستون که دارای حروف مختلف هستند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند (تست توکی؛ $P < 0.05$).¹ نسبت طول پرز به عمق کریپت، ² مساحت پرز (میلی متر مربع)، SEM: اشتباه معیار میانگین^{ab} Values within a column followed by different superscripts are significantly different. $P < 0.05$; Tukey's pairwise test. Villus height to crypt depth ratio; ² Villus surface area (mm^2)

SEM; Standard error of mean

نتیجه‌گیری کلی

بهبود راندمان لاشه و شاخص‌های بیوشیمیایی خون پرنده دمای ۸۲ درجه و ۴۵ یا ۶۵ ثانیه برای پلت نمودن خوراک جوجه‌های گوشتی پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از دانشگاه بیرجند بابت حمایت مادی و معنوی در اجرای طرح و کارخانه دان ستاره کیان بیرجند بابت همکاری در اجرای طرح سپاسگزاری می‌شود.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که دمای ۷۶ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۵ ثانیه باعث بهبود عملکرد رشد و شاخص‌های بافت‌شناسی روده جوجه گوشتی می‌شود و دمای ۸۲ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۵ ثانیه، راندمان لاشه و درصد گوشت سینه را افزایش می‌دهد. دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۵ ثانیه باعث افزایش شاخص‌های لیپیدی خون و گلوکز خون گردید. دمای ۸۸ درجه باعث کاهش عملکرد رشد و شاخص‌های بافت‌شناسی و بیوشیمیایی خون جوجه گوشتی گردید. لذا برای عملکرد رشد و بافت‌شناسی پرز مناسب‌تر در جوجه‌های گوشتی، دمای ۷۶ و زمان ۶۵ ثانیه پیشنهاد می‌شود و برای

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. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2, 141-145. <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, Q.G., Zhou, S., & 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, Sydney, New South Wales, Australia, 20-22 February 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 economica. *Alimentary Balance Animal* 8:16-19.
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 for Ph.D. thesis United states.
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*, Pages 471-513 in W. Pigman and D. Horton ed. The Carbohydrates, Vol. IIB, Academic Press, New York, NY.
28. Hosseini-Vashan, S.J., & Afzali, N. (2008). Effect of different levels of palm olein oil in laying hens performance and yolk cholesterol. *International Journal of Poultry Science*, 7 (9), 908-912.
29. Jensen, L. S. (2000). Influence of pelleting on the nutritional needs of poultry. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13,iss 35-46- 57
30. 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. (in Persian with English abstract).
31. 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)
32. Irvani, 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*, 80(3) 1-23. <https://doi.org/10.1080/00439339.2024.2341276>
33. 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>
34. 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.
35. 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>
36. Lundblad, K. K., Issa, S., Hancock, J. D., Behnke, K. C., McKinney, L. J., Alavi, S., & 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), 100146. <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, J., Yang, H. S., & 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., & 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., Qun, X., Luo, Y., Qigui, W. & 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>