

# Effects of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Nutrients Digestibility, and Metabolizable Energy of Broilers Diet

Seyedeh Vajihesh Shakhese Emampour<sup>1</sup> Abolghasem Golian<sup>2</sup>, Heydar Zarghi<sup>3</sup>, Ali Reza Hesabi Nameghi

1. PhD student, Department of Animal Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Professor, Department of Animal Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. Associate professor, Department of Animal Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Associate professor, Department of Animal Science, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Khorasan Razavi Province, Mashhad, Iran

\*Corresponding Author- Email: [a-golian@um.ac.ir](mailto:a-golian@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/ijasr.2023.84863.1176

**Introduction:** Pelleting is one of the most common methods of thermal processing of poultry feed. The main of pelleting is to agglomerate smaller feed particles by the use of mechanical pressure, moisture and heat. Earlier studies have shown that pelleted feeds improve the economics of production by improving feed efficiency and growth performance. A major step in pelleting process is conditioning of mash prior to pelleting, that let to reduces electrical energy usage (EEU) of the pellet mill motors by smoothing and facilitates the passage of materials through die press and plays an important role in the formation qualified pellet. Additionally, effect on productive performance, reported conditioning temperature is the main factor affect it. Moderate thermal processing of broiler diets causes the separation of protein matrix, starch and fat, gelatinization of starch, destruction of anti-nutritional sensitive to heat and destruction of cell walls, and are considered positive chemical and physical changes in the process of pelleting with steam heat. Thermal processing improves the nutrient value of broiler diets, which usually has beneficial effects on performance. The use of high conditioning temperature damages the nutrients of the diet and thus reduced nutrient intake and bird performance. However, the better physical quality of pellets obtained at higher conditioning temperatures may affect broiler performance depending on the extent of negative effects of conditioner temperature on nutrient availability. Feed form affects the metabolizable energy of broiler pelleting and increases the apparent metabolizable energy of grains. The objective of the current study was to evaluate the influence of conditioning temperature on EEU of the pellet mill motors, feed pellet quality, apparent metabolizable energy corrected for nitrogen (AME<sub>n</sub>), and apparent nutrients digestibility in the broiler chickens.

**Materials and methods:** A diet were formulated on the broiler Ross 308 strain recommendations bases for grower period. The diet was prepared in order to the experimental design, in the CRD with 11 treatments and 5 replicate per treatment, including mash physical form, cold pelleting (not conditioned) and pelleting flowed conditioning at three conditioning temperatures (55, 70, and 85°C) and feed sampling at three different time during of feed preparation. The diet conditioning was done by conditioner manufactured by Feedtech at steam mixture for 30s and two bar steam pressure and then were pelleted through 2.5 mm die using a pellet mill. The desired temperatures of the conditioner were applied by increasing the volume of steam and continuously measured during the passage of the feed using a digital thermometer. The electrical energy usage (EEU) of the pellet mill motors during the pellet diets predation were recorded. All pellet diets were sampled after production to test for pellet quality. Pellet quality was determined as a function of pellet durability index (PDI), fine percentage and pellet hardness. Durability was determined using a Holmen Pellet Tester (NHP200). The pellet hardness was determined using a hardness tester. A total of 200 one-day-old male chicks (Ross 308) were purchased from a commercial hatchery, reared on floor covered with wood shavings

1 and the Ross 308 guideline up to 11-day-old. To determine the apparent nutrients digestibility  
2 and apparent metabolizable energy corrected for nitrogen (AME<sub>n</sub>), two birds were transferred  
3 to individual cages (replicate) on day 15 to adapt to cage conditions for 4 days. On d19, birds  
4 were subjected to eight hours' starvation following which collection trays were installed under  
5 each cage for excreta collection. Feed intake of the birds in each cage was recorded during the  
6 experimental period (19-21d). Total excreta were collected twice daily between 18-21d. Daily  
7 collections were immediately dried, pooled within a replicate, mixed, weighed and  
8 representative samples ground (0.5 mm sieve), and stored in airtight plastic containers (-20°C)  
9 until to analysis. Excreta and diet samples were analyzed for dry matter (DM; method 934.01),  
10 crude protein (CP; method 976.06), ether extract (EE; 954.02) according to the standard  
11 procedures of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016). Apparent total  
12 tract retention coefficient of nutrients for diets were calculated. In addition, the gross energy of  
13 feeds and excreta samples were measured using adiabatic bomb calorimeter (Model 1266,  
14 PARR) and the apparent metabolizable energy was calculated. The data obtained from the  
15 experiment were analyzed in the form of a completely randomized design using SAS software  
16 version 9.1 (2003) with the general linear model (GLM) procedure. The respective means were  
17 compared with Tukey's test at the probability level (P < 0.05).

18 **Results and discussion:** The effects of processing temperature on EEU of the pellet mill  
19 motors, and pellet quality were significant. So that the amount of electricity usage decreased  
20 (quadratic, p< 0.001), and increased pellet PDI (quadratic, p<0.001) and pellet hardness (linear,  
21 p<0.002) by increasing in conditioning temperature. The highest electricity usage was observed  
22 in the treatment without conditioning (cold pellet) and the lowest amount of electricity usage  
23 was observed in the 70, and 85C° treatments (P<0.05). The diet dry matter, crude protein and  
24 crude fat digestibility and AME<sub>n</sub> were affected by processing (P>0.05) so that the highest  
25 digestibility rate and AME<sub>n</sub> was observed in 70°C heat thermal treatment, which were  
26 significantly higher than mash diet. By increasing conditioning temperature, the AME<sub>n</sub> and  
27 crude fat digestibility improved by quadratic trend (p < 0.05). The heat processing at 70°C and  
28 pelleting diet lead to 6.8% and 3.59% improving apparent fat digestibility and 96 kcal/kg  
29 (3.46%) and 74 kcal/kg (2.64%) improving in AME<sub>n</sub> values than non-processed diet (mash diet)  
30 and cold pellet diet, respectively.

31 **Conclusion:** By the outcomes of the present study, it is recommended to prepare feed in  
32 pellet form and apply a conditioning temperature of 70°C due to the reduction of electrical  
33 energy consumed during the process of ration preparation, improvement of pellet quality and  
34 increase in the nutrient's digestibility and AME<sub>n</sub> of diet.

35 **Keywords:** Apparent metabolizable energy, Conditioning, Nutrients digestibility, Pellet quality  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44

# تأثیر دمای کاندیشنینگ بر کیفیت فیزیکی پلت، انرژی قابل سوخت و ساز و قابلیت هضم مواد مغذی جیره جوجه‌های گوشتی

سیده وجیهه شخص امام پور<sup>۱</sup>، ابوالقاسم گلیان<sup>۲</sup>، حیدر زرقی<sup>۳</sup>، علیرضا حسابی نامقی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲. استاد، گروه علوم دامی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۴. دانشیار، بخش علوم دامی، مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، مشهد، ایران

\*نویسنده مسئول - ایمیل: [a-golian@um.ac.ir](mailto:a-golian@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/ijasr.2023.84863.1176

## چکیده

این مطالعه به منظور بررسی تأثیر دمای کاندیشنینگ بر میزان برق مصرفی دستگاه پلت‌ساز، کیفیت فیزیکی پلت، قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت ( $AME_n$ ) جیره جوجه‌های گوشتی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تهیه جیره غذایی بر پایه ذرت-کنجاله سویا به صورت آردی، پلت سرد و پلت به دنبال کاندیشنینگ در دماهای ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد بودند. میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز به ازای تولید هر تن خوراک، استحکام و سختی پلت، قابلیت هضم مواد مغذی (ماده خشک، پروتئین و چربی) و  $AME_n$  جیره‌های آزمایشی به روش رکورد کل خوراک مصرفی و جمع‌آوری فضولات با استفاده از جوجه خروس‌های گوشتی سویه راس (۳۰۸) در سن ۲۱-۱۵ روزگی (میانگین وزن  $47.0 \pm 5$  گرم) تعیین شد. کاندیشنینگ سبب کاهش معنی‌دار میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز، افزایش استحکام و سختی پلت شد ( $p < 0.001$ ). در پاسخ به افزایش دمای کاندیشنینگ؛ کاهش میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌سازی و افزایش استحکام پلت دارای روند معادله درجه دوم ( $P < 0.001$ ) و افزایش سختی پلت دارای روند خطی بودند ( $p < 0.002$ ). تهیه خوراک پلت (با و بدون کاندیشنینگ) باعث بهبود قابلیت هضم مواد مغذی (ماده خشک، پروتئین و چربی) و  $AME_n$  جیره شد. با افزایش دمای کاندیشنینگ قابلیت هضم چربی و  $AME_n$  جیره به صورت معادله درجه دوم ( $p < 0.05$ ) بهبود یافت. تهیه خوراک پلت به دنبال کاندیشنینگ در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد باعث بهبود قابلیت هضم چربی به میزان  $6/80$  و  $3/59$  درصد و بهبود  $AME_n$  به میزان ۹۶ و ۷۴ کیلوکالری در کیلو گرم ماده خشک به ترتیب در مقایسه با جیره آردی و پلت سرد شد. بر اساس نتایج به دست آمده تهیه خوراک به فرم پلت به دنبال کاندیشنینگ در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل کاهش انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز، بهبود کیفیت پلت، افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و  $AME_n$  جیره توصیه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری، قابلیت هضم مواد مغذی، کاندیشنینگ، کیفیت فیزیکی پلت

پلت کردن خوراک یکی از رایج‌ترین روش‌های فرآوری‌های خوراک طیور است. هدف از پلت کردن متراکم کردن ذرات خوراک با استفاده از فشار مکانیکی همراه با رطوبت می‌باشد (Parsons et al., 2006). مزایای تغذیه با جیره‌های پلت شده برای افزایش کارایی و صرفه اقتصادی در تولید جوجه‌های گوشتی موضوع بررسی‌های اخیر بوده است (Abdollahi et al., 2021; Abdollahi et al., 2013b; Abdollahi et al., 2018; Abdollahi et al., 2014; Attar et al., 2019; Dozier et al., 2010; Goodarzi et al., 2019). گزارش شده است تهیه خوراک به فرم فیزیکی پلت باعث افزایش انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری غلات می‌شود (Khalil et al., 2020). ترکیب جیره و اندازه ذرات از عوامل تأثیرگذار (حدود ۶۰ در صد) بر کیفیت فیزیکی پلت است و درجه بعدی (۴۰ در صد) کیفیت پلت تحت تأثیر فرآیند پلت کردن واقع است (Behnke, 1996). یکی از مراحل مهم در فرآوری پلت‌سازی انجام فرآیند کاندیشینگ قبل از ورود خوراک به دستگاه پلت‌ساز است. کاندیشینگ با بخار نسبت به کاندیشینگ بدون بخار موجب کاهش مصرف انرژی الکتریکی طی فرآیند پلت‌سازی می‌شود (Skoch et al., 1981). کاندیشینگ علاوه بر تأثیر بر عملکرد طیور موجب روان شدن و تسهیل عبور مواد از منافذ دای می‌شود و نقش مهمی در تشکیل خوراک پلت شده با کیفیت دارد (Froetschner, 2006).

فرآوری حرارتی ارزش مواد مغذی جیره جوجه‌های گوشتی را بهبود می‌بخشد که اثرات مفیدی بر عملکرد تولیدی جوجه‌های گوشتی دارد (McCracken et al., 2002). فرآوری حرارتی متعادل جیره جوجه‌های گوشتی سبب تفکیک ماتریکس پروتئین-نشاسته-چربی، ژلاتیناسیون نشاسته، تخریب مواد ضدتغذیه‌ای و تخریب دیواره‌های سلولی می‌شود که از تغییرات شیمیایی و فیزیکی مثبت در فرآیند پلت کردن با حرارت بخار به شمار می‌آیند (Skoch et al., 1981). از طرف دیگر نتایج تحقیقات زیادی مشخص کرده است که استفاده از دمای کاندیشینگ بالا به مواد مغذی جیره آسیب رسانده و باعث افت عملکرد طیور می‌شود (Abdollahi et al., 2010a; Abdollahi et al., 2010b; Kirkpinar and Basmacioglu, 2006; Loar et al., 2014). این محققین گزارش کردند اعمال دمای کاندیشینگ بالاتر برای حصول خوراک پلت با کیفیت فیزیکی بهتر، بسته به میزان تأثیرات منفی دمای کاندیشینگ بر دسترس مواد مغذی، ممکن است عملکرد جوجه‌های گوشتی را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به مطالب ذکر شده، آزمایش حاضر به منظور بررسی تأثیر دماهای مختلف کاندیشینگ بر میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز، کیفیت فیزیکی (استحکام و سختی) پلت تولید شده، قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت (AME<sub>n</sub>) جیره در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### تهیه جیره‌های آزمایشی

تعداد ۱۱ جیره آزمایشی (وزن هر بچ ۳۰۰۰ کیلوگرم) با ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی کاملاً مشابه (جدول ۱)، بر اساس حداقل احتیاجات جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ (۲۰۱۶)، برای دوره سنی ۲۴-۱۱ روزگی در کارخانه خوراک دام و طیور گهردانه شرق واقع در استان خراسان رضوی کیلومتر ۴۰ آزاد راه مشهد-باغچه تهیه شد. به منظور به حداقل رساندن تأثیر عوامل محیطی، مدیریتی و دستگاهی تمامی جیره‌ها در یک روز تولید شدند. مواد خوراکی پس از بچ‌گیری با آسیاب چکشی با توری ۴ میلی‌متر آسیاب شدند. تیمارهای آزمایشی شامل تهیه خوراک به فرم فیزیکی؛ ۱- آردی؛ ۲- پلت سرد (عبور از دستگاه کاندیشینگ بدون اعمال حرارت)؛ ۳، ۴ و ۵- پلت گرم به دنبال فرآوری کاندیشینگ در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و اخذ سه خوراک در زمان‌ها با فاصله برابر طی فرآیند کاندیشینگ؛ ۶، ۷ و

۸- پلت گرم به دنبال فرآوری کاندید شنینگ در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و اخذ سه خوراک در زمان‌ها با فاصله برابر طی فرآیند کاندید شنینگ؛ و ۹، ۱۰ و ۱۱- پلت گرم به دنبال فرآوری کاندید شنینگ در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد و اخذ سه خوراک در زمان‌ها با فاصله برابر طی فرآیند کاندید شنینگ با پنج تکرار بودند. فرآوری حرارتی در مدت زمان ۳۰ ثانیه و فشار بخار دو بار (bar) با دستگاه کاندیشنر ساخت شرکت فیدتک اعمال شد. اعمال دماهای مورد نظر (۷۰، ۵۵، ۸۵ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد) کاندیشنر بوسیله افزایش حجم بخار تأمین می‌شد. دمای دستگاه کاندیشنر به‌طور پیوسته در طی عبور خوراک با استفاده از ترمومتر دیجیتال اندازه‌گیری و کنترل می‌شد. پلت‌سازی خوراکی‌های آزمایشی با دستگاه پرس پلت ساخت شرکت فیدتک با دای ۲/۵ میلی‌متر انجام شد.

### برآورد میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز

جهت محاسبه مقدار انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز، آمپر و ولتاژ مصرفی الکتروموتورهای دستگاه در مدت زمان تولید هر یک از تیمارها، ثبت و با استفاده از فرمول زیر میزان انرژی الکتریکی مصرفی با واحد کیلووات به ازای تولید هر تن خوراک محاسبه شد (Payne et al., 2001). عدد حاصله از فرمول بر مقدار خوراک تولیدی (تن) در مدت زمان یک ساعت تقسیم، عدد بدست آمده نشان دهنده راندمان دستگاه پلت‌ساز با واحد کیلووات ساعت به ازاء هر تن خوراک می‌باشد.

$$\text{رابطه (۱)} = \frac{0.93 \times \sqrt{3} \times \text{آمپر دستگاه پلت} \times \text{ولتاژ}}{1000 \text{ (خوراک به کیلوگرم)}} = \text{انرژی الکتریکی مصرفی}$$

جدول ۱- اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی

Table 1- The ingredient and nutrient composition of experimental diets

اجزای تشکیل‌دهنده		ترکیب مواد مغذی	
Ingredient composition		Nutrient composition	
اقلام خوراکی	جیره آزمایشی	مواد مغذی	جیره آزمایشی
Ingredients	Treatment diet	Nutrients	Treatment diet
ذرت	59.15	انرژی قابل سوخت و ساز	2945
Corn		Metabolizable energy, kcal/kg	
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین)	35.00	پروتئین خام	20.22
Soybean meal (CP=44%)		Crude protein, %	
روغن سویا	2.15	چربی خام	4.97
Soybean oil		Crude fat, %	
دی کلسیم فسفات	1.6	فیبر خام	3.50
Di-calcium phosphate		Crude fiber, %	
کربنات کلسیم	0.91	کلسیم	0.80
Calcium carbonate		Calcium, %	
نمک طعام	0.21	فسفر قابل دسترس	0.35
Common salt		Available Phosphorus, %	
جوش شیرین	0.20	سدیم	0.16
Sodium bicarbonate		Sodium, %	
مکمل ویتامینه <sup>۱</sup>	0.1	متیونین قابل هضم	0.58
Vitamin- premix <sup>2</sup>		Digestible Met, %	
مکمل معدنی <sup>۲</sup>	0.1	متیونین + سیستین قابل هضم	0.90
Mineral- Premix <sup>3</sup>		Digestible Met + Cys, %	
دی-ال متیونین	0.28	لیزین قابل هضم	1.30
DL-Methionine		Digestible Lys, %	
ال لیزین هیدروکلراید	0.17	ترئونین قابل هضم	0.89
L-Lysine HCl		Digestible Thr, %	
ال-ترئونین	0.06	تعادل کاترولیتی جیره	220
L-Threonine		Dietary cation anion balance	
کولین کلراید	0.07		

## Choline chloride

<sup>1</sup> در هر کیلو گرم جیره موارد زیر را تامین می کرد: ۱۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A (رتینول); ۴۵۰۰ واحد بین المللی ویتامین D<sub>3</sub> (کوله کلسیفرول); ۶۵ واحد بین المللی ویتامین E (دی-ال-الفاتوکوفرول استات); ۳ میلی گرم ویتامین K<sub>3</sub> (منادیون); ۲/۵۳ میلی گرم B<sub>1</sub> (تیامین); ۲/۵ میلی گرم B<sub>2</sub> (ریبوفلاوین); ۶/۵ میلی گرم B<sub>5</sub> (اسید پانتوتنیک); ۱۸ میلی گرم B<sub>3</sub> (نیاسین); ۶۰ میلی گرم B<sub>6</sub> (پیریدوکسین); ۳/۲ میلی گرم H<sub>2</sub> (بیوتین); ۱/۹۰ میلی گرم B<sub>9</sub> (اسید فولیک); ۰/۰۱۷ میلی گرم B<sub>12</sub> (سیانو کوبالامین).  
<sup>2</sup> در هر کیلو گرم جیره موارد زیر را تامین می کرد: ۱۱۰ میلی گرم روی (اکسید روی); ۱۲۰ میلی گرم منگنز (اکسید منگنز); ۱۶ میلی گرم مس (سولفات مس); ۲۰ میلی گرم آهن (سولفات آهن); ۱/۲۵ میلی گرم ید و ۰/۳ میلی گرم سلنیوم (سلنیت سدیم) می باشد.

<sup>1</sup>Provides per kg of diet: vitamin A (retinol), 10000 IU; vitamin D<sub>3</sub> (cholecalciferol), 4500 IU; vitamin E (DL- $\alpha$ -tocopheryl acetate), 65 IU; vitamin K<sub>3</sub> (menadione), 3.0 mg; vitamin B<sub>1</sub> (thiamin), 2.53 mg; vitamin B<sub>2</sub> (riboflavin), 2.5 mg; vitamin B<sub>3</sub> (niacin), 18 mg; vitamin B<sub>5</sub> (pantothenic acid), 6.5 mg; vitamin B<sub>6</sub> (pyridoxine), 60.0 mg; vitamin B<sub>9</sub> (folic acid), 1.9 mg; vitamin B<sub>12</sub> (cyanocobalamin), 0.017 mg; vitamin H<sub>2</sub> (biotin), 3.2 mg.

<sup>2</sup>Provides (mg/kg of diet): Mn (manganese oxide) 120, Fe (iron sulphate) 20, Zn (zinc oxide) 110, Cu (copper sulphate) 16, Se (sodium selenite) 0.3.

## سنجش کیفیت فیزیکی (استحکام و سختی) پلت

شاخص های سنجش کیفیت شامل استحکام (PDI) و سختی پلت در خوراک های آزمایشی در آزمایشگاه تعیین شدند. سنجش PDI پلت با استفاده از دستگاه هولمن (مدل NHP200 ساخت کشور انگلستان) و سنجش سختی پلت با استفاده از دستگاه سختی سنج (ساخت شرکت کاهل) تعیین شد. استحکام پلت (۵ نمونه از هر جیره آزمایشی) در آزمایشگاه آنالیز کیفی خوراک مورد ارزیابی قرار گرفت. با استفاده از ترازوی دیجیتالی (دقت ۰/۰۱) میزان ۱۰۰ گرم نمونه پلت الک شده (بدون خاکه) وزن گردید و برای مدت 60 ثانیه در داخل چمبر در معرض جریان باد قرار گرفت، خاکه به سرعت از طریق سوراخ های چمبر جدا گردید. بعد از اتمام ۶۰ ثانیه پلت های باقیمانده (پلت های سالم) در زمان چرخش توزین گردید و شاخص مقاومت پلت (PDI) با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Babouyeh et al., 2021).

$$PDI = \frac{\text{وزن پلت های سالم بعد از قرار گرفتن در دستگاه}}{\text{وزن کل پلت ها قبل از قرار گرفتن دستگاه}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۲})$$

برای سنجش سختی پلت یک قطعه پلت که از نظر طول به میانگین قطعات نمونه نزدیک بود در راستای سطح افق بین دو بالشتک دستگاه قرار گرفته، سپس با اعمال نیرو توسط اهرم دستگاه مقدار نیرویی که پلت در لحظه شکسته شدن تحمل می کرد، ثبت گردید (Svihus et al., 2004). در سنجش های فوق برای هر نمونه پنج بار آزمایش و میانگین آن به عنوان داده قابل ثبت برای نمونه منظور شد.

## گوارش پذیری مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت جیره های آزمایشی

گوارش پذیری مواد مغذی و AME<sub>n</sub> جیره های آزمایشی با روش جمع آوری کل فضولات و رکورد کل خوراک مصرفی و فضولات دفعی با پنج تکرار و ۲ قطعه پرنده در هر تکرار تعیین شدند (Zarghi et al., 2011). به این منظور تعداد ۲۰۰ قطعه جوجه خروس گوستی یک روزه سویه راس ۳۰۸ تهیه و تا سن ۱۵ روزگی با جیره و شرایط یکسان پرورش یافتند. در سن ۱۵ روزگی تعداد ۱۱۰ قطعه جوجه با بالاترین یکنواختی وزن (میانگین وزن  $47.0 \pm 5$  گرم به ازای هر قطعه) انتخاب و به طور تصادفی بین ۵۵ قفس متابولیکی توزیع شدند. هر قفس متابولیکی دارای ۳۰ سانتی متر طول، ۴۰ سانتی متر عمق و ۴۵ سانتی متر ارتفاع و به آب خوری پستانکی خودکار، دان خوری ناودانی دستی و سینی کشویی گالوانیزه مخصوص جمع آوری فضولات مجهز بود. جوجه ها به مدت ۳ روز با جیره های آزمایشی تغذیه شدند که ۴ روز اول (۱۸-۱۵ روزگی) به منظور دوره عادت پذیری و ۳ روز بعد (۲۱-۱۹ روزگی) به عنوان دوره رکورد خوراک و جمع آوری فضولات در نظر گرفته شد. در دوره جمع آوری فضولات، پس از اعمال ۱۲ ساعت محرومیت از غذا سینی های مخصوص جمع آوری فضولات در زیر قفس ها قرار گرفتند. جوجه ها به مدت ۳ روز کامل به صورت آزاد با جیره های



آزمایشی تغذیه شدند و پس از اعمال ۱۲ ساعت محرومیت از غذا، سینی‌های جمع‌آوری فضولات برداشته شدند. مقدار جیره مصرفی جوجه‌های هر قفس در ۳ روز آزمایش با کسر جیره باقی مانده از جیره داده شده تعیین شد. فضولات دفعی داخل آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. پس از جدا نمودن فلس، پر و سایر ضایعات موجود، وزن کل فضولات دفع شده هر قفس تعیین شد (Zarghi et al., 2011). قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی (ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام) جیره‌های آزمایش از طریق رابطه ۳، انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری (AME) جیره‌های آزمایش از طریق رابطه ۴ و AMEn جیره‌های آزمایش از طریق رابطه ۵ محاسبه شد (Adeola et al., 2001; Dilger and Adeola., 2006; Harjo and Teeter., 1994; Toghyani et al., 2014).

$$ANR = \frac{\text{Total nutrient ingested} - \text{Total nutrient excreted}}{\text{Total nutrient ingested}} \times 100 \quad \text{رابطه ۳}$$

$$AME \left( \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \text{ of diet} \right) = \frac{[(FI \times GE_d) - (\text{Excreta} \times GE_e)]}{FI} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$AMEn = AME - \frac{8.22 \times (Ni - Ne)}{FI} \quad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه‌ها:

ANR = قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی جیره‌های آزمایشی، AME = انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری (کیلو کالری در کیلوگرم)، FI = مقدار مصرف خوراک، GE<sub>d</sub> = انرژی خام خوراک، GE<sub>e</sub> = انرژی خام فضولات، AMEn = انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت (کیلو کالری در کیلوگرم)، Ni = میزان ازت مصرفی (گرم)، Ne = میزان ازت دفعی به (گرم).

### تجزیه شیمیایی

ترکیب شیمیایی (ماده خشک، چربی خام، ازت) در نمونه خوراک‌های آزمایشی و فضولات مطابق روش‌های پیشنهادی تعیین شدند (AOAC., 2016). به این منظور نمونه خوراک و کل فضولات مربوط به هر قفس آسیاب و همگن شدند. برای تعیین ماده خشک، نمونه‌ها داخل دستگاه آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند (Fayaz et al., 2023). چربی خام توسط دستگاه سوکسله دستی و ازت توسط دستگاه کج‌لدال اتومات تعیین شد. برای تعیین انرژی خام جیره‌های آزمایش و فضولات از بمب کالریمتر (Model, PARR 1261) استفاده شد.

### آنالیز آماری

نتایج به دست آمده از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS ویرایش ۹/۱ (SAS. 2003) با رویه مدل عمومی خطی (GLM) تجزیه آماری شدند. با توجه به اینکه اثر سه زمان نمونه‌گیری طی فرآیند خوراک‌سازی برای تمامی شاخص‌های مورد مطالعه معنی‌دار نشد، بنابراین نتایج مربوط به تیمار فرآوری حرارتی در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد (تیمارهای ۳، ۴ و ۵)، ۷۰ درجه سانتی‌گراد (تیمارهای ۶، ۷ و ۸) و ۸۵ درجه سانتی‌گراد (تیمارهای ۹، ۱۰ و ۱۱) به ترتیب با هم ادغام و آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل با ۵ تیمار (تیمارهای خوراک آردی و پلت سرد با پنج تکرار و تیمارهای خوراک پلت به دنبال کاندید شنی‌نگ ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد با ۱۵ تکرار) آنالیز شدند. میانگین‌های مربوطه با آزمون توکی در سطح احتمالی (P < ۰/۰۵) مقایسه شدند. مدل ریاضی طرح آماری به شرح رابطه ۶ بود.

$$Y_i = \mu + T_i + \varepsilon_i \quad \text{رابطه ۶}$$

در این رابطه  $Y_i$  = مقدار صفت مورد نظر،  $\mu$  = میانگین کل،  $T_i$  = اثر تیمار، و  $\varepsilon_i$  = خطای آزمایش در هر مشاهده می‌باشند.

## نتایج و بحث

### میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز

اثرات دمایی کاندیشنینگ ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد بر میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز معنی‌دار بود (جدول ۲). افزایش دمایی کاندیشنینگ باعث کاهش میزان انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز شد ( $p < 0.001$ ). بیشترین میزان مصرف انرژی الکتریکی برای تهیه جیره پلت بدون کاندیشنینگ و کمترین میزان مصرف انرژی الکتریکی برای تهیه جیره پلت به دنبال کاندیشنینگ در دمای‌های ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد ( $p < 0.001$ ). مطابق با نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر، گزارش شده است کاندیشنینگ با بخار (دماهای ۶۵ و ۷۸ درجه سانتی‌گراد) نسبت به کاندیشنینگ بدون بخار سبب کاهش انرژی الکتریکی مصرفی می‌شود ([Skoch et al., 1981](#)). فرآیند کاندیشنینگ سبب نفوذ رطوبت به داخل ذرات خوراک، کاهش اصطکاک بین ذرات خوراک با منافذ دای که منجر به کاهش انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز می‌شود. اما در شرایط پلت سرد با کاهش سرعت خروج خوراک از سوراخ‌های دای و تلاش رول برای جبران تجمع خوراک باعث افزایش مصرف انرژی دستگاه پلت‌ساز می‌شود. مطابق با نتایج به دست آمده، در آزمایش اعمال کاندیشنینگ روی جیره‌های برپایه گندم در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ دقیقه نسبت به مدت زمان ۲ دقیقه انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز کاهش یافت ([Abbasi Pour et al., 2021](#)). در مقابل با نتایج این آزمایش و نتایج گزارش‌های فوق در آزمایش مشابه بر روی جیره‌های بر پایه ذرت تفاوت معنی‌داری بین زمان‌های ۲ و ۴ دقیقه روی انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز مشاهده نشد ([Attar et al., 2019](#)).

### کیفیت فیزیکی (استحکام و سختی) پلت

نتایج مربوط به سنجش کیفیت پلت شامل PDI و سختی در جدول ۲ گزارش شده است. در پاسخ به افزایش دمایی کاندیشنینگ، شاخص PDI با روند درجه دو تغییر نشان داد. سختی پلت با تغییر دمایی کاندیشنینگ به صورت خطی افزایش یافت.

جدول ۲- اثر دمایی کاندیشنینگ بر انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت و کیفیت فیزیکی پلت

Table 2- Effect of heat processing on pellet quality and electrical usage pellet meal

فرم فیزیکی Physical form	دمای کاندیشنینگ Conditioning Temperature	تعداد نمونه Number Sample	سختی پلت Hardness	استحکام پلت Pellet durability index	انرژی مصرفی Electrical usage
Mash آردی	-	5	-	-	-
Pellet پلت	25	5	1.26 <sup>d</sup> (0.058)	57.06 <sup>d</sup> (0.267)	20.92 <sup>a</sup> (0.119)
	55	15	1.81 <sup>c</sup> (0.033)	91.39 <sup>c</sup> (0.154)	10.76 <sup>b</sup> (0.069)
	70	15	2.82 <sup>a</sup> (0.033)	93.53 <sup>b</sup> (0.154)	9.21 <sup>c</sup> (0.069)
	85	15	2.66 <sup>b</sup> (0.033)	94.55 <sup>a</sup> (0.154)	8.86 <sup>c</sup> (0.069)
			سطح احتمال معنی‌داری P-value		
ANOVA آنالیز واریانس			<0.001	<0.001	<0.001
linear اثر خطی			0.002	<0.001	<0.001
Quadratic درجه دوم			0.239	<0.001	<0.001

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ( $p < 0.05$ ); تیمارهای آردی و پلت سرد میانگین ۵ تکرار و تیمارهای دمایی میانگین ۱۵ تکرار است؛ مقادیر داخل پرانتز SEM می‌باشد. \* بهبود قابلیت هضم چربی در جیره‌های پلت نسبت به جیره آردی.

<sup>a-d</sup> Values in a column with no common superscript letter are significantly different ( $P < .05$ ); The mash and cold pellet data are the mean of 5 and 15 observations, respectively; The value in bracket is SEM. \*Improving fat digestibility for pellet diets in compared with mash diet.



نتایج به دست آمده از این آزمایش با مطالعات قبلی مطابقت دارد، به طوری که اثر مثبت افزایش دما بر کیفیت فیزیکی پلت در خوراک‌های بر پایه گندم-کنجاله سویا ( [Abdollahi et al., 2010a](#); [Abdollahi et al., 2010a](#); [Abdollahi et al., 2010b](#)) و ذرت-سویا ( [Attar et al., 2019](#)) گزارش شده است. اعمال دماهای ۵۰، ۶۰، ۸۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه باعث افزایش PDI و سختی پلت شد ( [Teixeira Netto et al., 2019](#)). گزارش شده است، کاندیشینینگ خوراک در دمای ۶۵ و ۷۸ درجه سانتی‌گراد باعث بهبود PDI خوراک پلت در مقایسه با جیره شاهد (عدم اعمال فرآوری حرارتی) شد ( [Skoch et al., 1981](#)). در آزمایشی روی جیره‌های حاوی ۷/۵ گرم در کیلوگرم بنتونیت سدیم کاندیشنر شده در دمای ۷۰ درجه به مدت ۲ دقیقه PDI و سختی پلت افزایش یافت ( [Attar et al., 2019](#)). بهبود PDI و سختی پلت در جیره‌های رشد حاوی ۱۵ گرم بر کیلوگرم بنتونیت کاندیشینینگ شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو دقیقه در جیره‌های بر پایه گندم-کنجاله سویا ( [Abdollahi et al., 2021](#)) و کنجاله ذرت-سویا ( [Attar et al., 2019](#)) گزارش شده است. اعمال فرآوری حرارتی باعث تزریق رطوبت بیشتری به ذرات خوراک شده که موجب افزایش چسبندگی بین اجزای خوراک و بهبود کیفیت خوراک پلت می‌شود ( [Abdollahi et al., 2010a](#)).

### قابلیت هضم مواد مغذی جیره

نتایج مربوط به اثر فرآوری خوراک (آردی، پلت سرد و پلت به دنبال کاندیشینینگ در دماهای ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد) بر قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام در آزمایش با جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۳- اثر فرآوری حرارتی جیره بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی  
Table 3- Effect of heat processing on apparent nutrient digestibility in the broiler chicken

فرم فیزیکی Physical form	دمای کاندیشینر Conditioning temperature	تعداد نمونه Number sample	قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی (درصد) Apparent digestibility, %								
			ماده خشک Dry Matter		پروتئین خام Crude Protein		چربی خام Crude Fat				
Mash	-	5	73.07 <sup>b</sup>	(0.539)	-	67.25 <sup>b</sup>	(1.039)	-	86.33 <sup>d</sup>	(0.315)	-
Pellet	25	5	75.25 <sup>a</sup>	(0.539)	2.98*	68.71 <sup>ab</sup>	(1.039)	2.17*	89.00 <sup>c</sup>	(0.315)	3.10*
	55	15	75.70 <sup>a</sup>	(0.311)	3.60*	68.83 <sup>ab</sup>	(0.600)	2.35*	90.95 <sup>b</sup>	(0.297)	5.35*
	70	15	76.21 <sup>a</sup>	(0.311)	4.30*	71.02 <sup>a</sup>	(0.600)	5.61*	92.20 <sup>a</sup>	(0.297)	6.80*
	85	15	76.04 <sup>a</sup>	(0.311)	4.06*	69.86 <sup>ab</sup>	(0.600)	3.88*	91.33 <sup>b</sup>	(0.297)	5.79*
			سطح احتمال معنی داری P-Value								
ANOVA آنالیز واریانس			<0.001		0.018		<0.001				
Linear اثر خطی			0.460		0.511		0.017				
Quadratic درجه دوم			0.627		0.703		0.064				

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ( $p < 0.05$ ); تیمارهای آردی و پلت سرد میانگین ۵ تکرار و تیمارهای دمایی میانگین ۱۵ تکرار است؛ مقادیر داخل پرانتز SEM می‌باشد. \* بهبود قابلیت هضم در جیره‌های پلت نسبت به جیره آردی.

<sup>a-d</sup> Values in a column with no common superscript letter are significantly different ( $P < .05$ ); The mash and cold pellet data are the mean of 5 and 15 observations, respectively; The value in bracket is SEM. \*IM = Improving digestibility for pellet diets in compared with mash diet.

تهیه خوراک به فرم پلت (پلت سرد و پلت به دنبال کاندیشینینگ) باعث بهبود معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام نسبت به خوراک آردی شد ( $p < 0.05$ ). در توافق با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر با مقایسه جیره‌های آردی و پلت شده با و بدون بخار (۵۰، ۶۰، ۸۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۱۵ ثانیه با افزایش دمای

۱ کاندیشنر قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و پروتئین خام بهبود یافت ([Teixeira Netto et al., 2019](#)). نتایج مطالعه  
۲ دیگر نیز نشان داد قابلیت هضم ماده خشک به طور قابل توجه برای جیره‌های پلت شده در مقایسه با جیره‌های آردی  
۳ بیشتر شده است ([Massuquetto et al., 2018](#); [Teixeira Netto et al., 2019](#)). افزایش دمای کاندیشنینگ غلات  
۴ به هضم مواد مغذی کمک نموده و سبب بهبود عملکرد می‌شود ([Selle et al., 2013](#)). در پژوهش حاضر، اعمال دماهای  
۵ مختلف کاندیشنینگ بر روی قابلیت هضم چربی به صورت معادله درجه دوم معنی‌دار شد ( $p < 0.05$ ) ولی بر قابلیت هضم  
۶ ماده خشک و پروتئین معنی‌دار نبود ( $p > 0.05$ ). بالاترین میانگین قابلیت هضم چربی خام به خوراک پلت به دنبال اعمال  
۷ فرآوری حرارتی (کاندیشنینگ) در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تعلق داشت. مطابق با نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر،  
۸ تأثیر مثبت اعمال دماهای مختلف بر قابلیت هضم چربی در جیره‌های پلت فرآوری شده با کاندیشنینگ گزارش شده است  
۹ ([Abdollahi et al., 2013b](#); [Attar et al., 2019](#); [Naderinejad et al., 2016](#)). با ارزیابی قابلیت هضم ماده  
۱۰ خشک و مواد مغذی ذرت و برنج به صورت خام و پخته نشان داده شد که فرآوری می‌تواند باعث بهبود قابلیت هضم مواد  
۱۱ مغذی شود ([González-Alvarado et al., 2007](#)). با ارزیابی دماهای مختلف کاندیشنر (۶۵، ۷۰، ۷۵، ۸۰، ۸۵ درجه  
۱۲ سانتیگراد) بر خصوصیات پلت و قابلیت هضم مواد مغذی جیره‌های غذایی بر پایه سورگوم برای خوک‌ها گزارش شد که  
۱۳ افزایش دمای کاندیشنر باعث تشکیل پیوند بین پروتئین‌ها و نشاسته و افزایش نشاسته مقاوم، کاهش حالیت پروتئین و  
۱۴ افزایش سختی پلت می‌شود و لذا بیشترین مقادیر قابلیت هضم مواد مغذی در دماهای ۷۵ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد به دست  
۱۵ آمد ([Wang et al., 2019](#)).

۱۶ نتایج این پژوهش نشان داد خوراک فرآوری شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با خوراک آردی قابلیت  
۱۷ هضم ماده خشک و پروتئین را به ترتیب ۴/۳۰ و ۵/۶۱ درصد بهبود داد. نتایج به دست آمده از این آزمایش با گزارش  
۱۸ ([Zang et al., 2009](#); [Attar et al., 2019](#)) مطابقت دارد. اگرچه برخی از محققین عدم تأثیر فرآوری حرارتی بر  
۱۹ قابلیت هضم مواد مغذی را گزارش کردند ([Teymouriand Hassanabadi, 2021](#); [Abdollahi et al., 2013b](#)). اثر  
۲۰ بخشی فرآوری حرارتی بر قابلیت دسترسی مواد مغذی تحت تأثیر عواملی از قبیل مدت زمان کاندیشنینگ، دمای  
۲۱ کاندیشنینگ، نوع غله (ذرت، سورگوم، جو) و ترکیب مواد خوراکی جیره (میزان و نوع مواد ضد تغذیه‌ای، آنزیم‌های  
۲۲ حساس به حرارت) واقع است ([Santos et al., 2020](#); [Abdollahi et al., 2013b](#)).

۲۳ در رابطه با اثرات دمای کاندیشنر بر قابلیت هضم پروتئین خوراک گزارش‌های متناقضی وجود دارد. از جمله گزارش  
۲۴ شده است که فرآوری حرارتی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ثانیه قابلیت هضم پروتئین را به‌طور معنی‌داری  
۲۵ افزایش می‌دهد ([Zang et al., 2009](#)). همچنین تغذیه جوجه‌های گوشتی با خوراک پلت فرآوری شده در دمای کاندیشنر  
۲۶ ۸۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ ثانیه باعث افزایش قابلیت هضم ایلئومی پروتئین در سن ۲۵ روزگی در مقایسه با خوراک  
۲۷ آردی شد ([Massuquetto et al., 2018](#)). اما در پژوهشی دیگر مقایسه پلت فرآوری شده در زمان‌های مختلف (۲ و ۴  
۲۸ دقیقه در دمای ۷۰ درجه) تفاوت معنی‌داری بر قابلیت هضم پروتئین نداشت ([Attar et al., 2019](#)). در حالیکه گزارش  
۲۹ شده است؛ افزایش دمای کاندیشنر از ۶۰ به ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه در جیره‌های بر پایه سورگوم قابلیت  
۳۰ هضم ایلئومی پروتئین را به‌طور معنی‌داری کاهش داد ([Abdollahi et al., 2010a](#)).

۳۱ در آزمایشی با مقایسه دو فرم فیزیکی جیره بر پایه ذرت (آردی و پلت شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰  
۳۲ ثانیه)، کاهش قابلیت هضم ایلئومی پروتئین را در پرندگان تغذیه شده با خوراک پلت نشان داد ([Naderinejad et al., 2016](#)).  
۳۳ خوراک پلت فرآوری شده در دمای ۹۰ درجه به مدت ۷ ثانیه در مقایسه با خوراک آردی (بر پایه سورگوم) سبب  
۳۴ کاهش معنی‌دار قابلیت هضم پروتئین شد ([Selle et al., 2013](#)).

انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت

نتایج تعیین AME و AME<sub>n</sub> خوراک‌های آزمایشی در جوجه‌های گوشتی در جدول ۴ گزارش شده است. تهیه خوراک به فرم پلت (پلت سرد و پلت به دنبال کاندیشنینگ) باعث بهبود معنی‌دار انرژی قابل سوخت و ساز خوراک‌های آزمایشی شد ( $p < 0.05$ ). در توافق با نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر افزایش انرژی قابل سوخت و ساز جیره به دلیل قابلیت هضم بالاتر به عنوان یکی از مزایای تغذیه جوجه‌های گوشتی با جیره‌های پلت گزارش شده است (Zelenka, 2003; Zang et al., 2009; Naderinejad et al., 2016; Massuquetto et al., 2018). در مقابل نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر و گزارش‌های فوق، برخی از مطالعات عدم بروز اثر و یا حتی اثر منفی پلت کردن بر انرژی قابل سوخت و ساز جیره‌های برپایه گندم را گزارش کرده‌اند (Svihus et al., 2004; Amerah et al., 2007; Abdollahi et al., 2011). نتایج یک پژوهش نشان داد پلت نمودن جیره جوجه‌های گوشتی بر پایه گندم باعث کاهش انرژی قابل سوخت و ساز از ۱۴/۰۲ مگاژول به ۱۳/۵۶ مگاژول شد (Abdollahi et al., 2013b). نتایج آزمایش سنجش انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی جیره‌های آردی بر پایه ذرت-کنجاله سویا کاندیشنینگ شده، پلت شده در دماهای مختلف کاندیشنینگ با اعمال فشار بخار و پلت مجدد آسیاب شده با استفاده از خروس‌های بالغ سیبالد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (Cutlip et al., 2008).

جدول ۴- اثر فرآوری حرارتی بر انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده برای ازت جیره در جوجه‌های گوشتی

**Table 4-** Effect of heat processing on apparent metabolizable energy corrected for nitrogen diets in broiler chicken

فرم فیزیکی Physical form	دمای کاندیشنر Conditioning temperature	تعداد نمونه Number sample	انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری Apparent metabolizable energy					
			AME, kcal/kg DM		AME <sub>n</sub> , kcal/kg DM			
Mash آردی	-	5	2957 <sup>b</sup>	(23.629)	-	2774 <sup>b</sup>	(21.265)	-
Pellet پلت	25	5	2983 <sup>ab</sup>	(23.629)	0.88*	2796 <sup>ab</sup>	(21.265)	0.79*
	55	15	3031 <sup>a</sup>	(13.642)	2.50*	2843 <sup>a</sup>	(12.277)	2.49*
	70	15	3063 <sup>a</sup>	(13.642)	3.58*	2870 <sup>a</sup>	(12.277)	3.46*
	85	15	3034 <sup>a</sup>	(13.642)	2.60*	2844 <sup>a</sup>	(12.277)	2.52*
			سطح احتمال معنی داری P-Value					
ANOVA آنالیز واریانس			0.002		0.004			
Linear اثر خطی			0.033		0.022			
Quadratic درجه دوم			0.067		0.046			

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ( $p < 0.05$ ); تیمارهای آردی و پلت سرد میانگین ۵ تکرار و تیمارهای دمایی میانگین ۱۵ تکرار است؛ مقادیر داخل پرانتز SEM می‌باشد. \* بهبود AME<sub>n</sub> در جیره‌های پلت نسبت به جیره آردی.

<sup>a-d</sup> Values in a column with no common superscript letter are significantly different ( $P < .05$ ); The mash and cold pellet data are the mean of 5 and 15 observations, respectively; The value in bracket is SEM. \*Improving AME<sub>n</sub> for pellet diets in compared with mash diet.

دمای کاندیشنینگ بر AME<sub>n</sub> جیره به طور خطی و معنی‌دار اثر گذاشت ( $p < 0.05$ ). کاندیشنینگ در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد باعث بهبود AME<sub>n</sub> خوراک به میزان ۹۶ کیلو کالری در کیلوگرم نسبت به خوراک آردی و ۷۴ کیلوکالری در کیلوگرم نسبت به خوراک پلت سرد شد. با اعمال کاندیشنینگ طی فرآیند تهیه خوراک به فرم فیزیکی پلت، نفوذ رطوبت به داخل ذرات خوراک پاره شدن گرانول‌های نشاسته و تخریب دیواره سلولی رخ می‌دهد. در نتیجه باعث بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز جیره می‌شود (Svihus et al., 2005). صرف نظر از نوع غلات، پلت کردن باعث بهبود AME<sub>n</sub> غلات به میزان ۰/۲۲ مگاژول در مقایسه با جیره آردی شد (Khalil et al., 2020). گزارش شده است اعمال دمای کاندیشنر بالا (۸۵ درجه سانتی‌گراد) و مدت زمان فرآوری طولانی (۲۰ ثانیه) باعث کاهش قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و انرژی خوراک شد (Santos et al., 2020).

در مطالعه حاضر بالاترین مقدار انرژی قابل سوخت و ساز برای تیمار فرآوری شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار برای تیمار آردی به دست آمد. با مقایسه مقادیر انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام جیره پلت با جیره‌های آردی، مشاهده شد که دمای کاندیشنر بالاتر منجر به بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز می‌شود. فرآوری حرارتی (سوپرکاندیشنر) ذرت در دمای ۷۰ درجه- سانتی‌گراد به مدت ۱۵۰ ثانیه در جیره‌های آردی باعث بهبود قابلیت هضم ماده خشک در مقایسه با فرآوری در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد شد (Teymouri and Hassanabadi., 2021). در حالی که در مطالعات دیگر تفاوت در قابلیت هضم ماده خشک بین جیره‌های آردی و پلت شده مشاهده نشد (Lopez et al., 2007). مشاهده نتایج متناقض در مورد تأثیر پلت بر انرژی قابل سوخت و ساز جیره ممکن است به دلیل متفاوت بودن شرایط فرآوری خوراک، مقدار مواد ضد تغذیه ای جیره، ترکیب جیره و روش سنجش انرژی قابل سوخت و ساز باشد.

### نتیجه گیری کلی

با اعمال کاندیشنینگ طی فرآیند تهیه خوراک به فرم فیزیکی پلت به سبب نفوذ رطوبت به ذرات خوراک؛ روان شدن و تسهیل عبور مواد از منافذ دای، پاره شدن گرانول‌های نشاسته و تخریب دیواره سلولی رخ می‌دهد. در نتیجه علاوه بر بهبود ارزش غذایی خوراک (گوارش پذیری مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز جیره)، باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی در طی فرآیند تهیه و فرآوری خوراک و بهبود شاخص‌های کیفیت خوراک پلت همچون استحکام و سختی پلت می‌شود. به طور کلی تهیه خوراک با فرم فیزیکی پلت و اعمال دمای کاندیشنینگ ۷۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل کاهش انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه پلت‌ساز، بهبود شاخص‌های سنجش کیفیت پلت و بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و AMEn جیره پیشنهاد می‌شود.

### Reference

1. Abbasi Pour, 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, 1149-1155. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2021.114955>
2. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., & Svihus, B. (2013a). Influence of grain type and feed form on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of nitrogen, starch, fat, calcium and phosphorus in broiler starters. *Animal Feed Science and Technology*, 186(3-4), 193-203. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2013.10.015>
3. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., & Svihus, B. (2013b). 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:10.1016/j.anifeedsci.2012.10.011>
4. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T., Ravindran, G., & Thomas, D. (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:10.1016/j.anifeedsci.2010.08.017>
5. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T., Ravindran, G., & Thomas, D. (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:10.1080/00071668.2010.522557>
6. Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T., Ravindran, G., & Thomas, D. (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), 88-89. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2011.03.014>
7. Abdollahi, M. R., Zaefarian, F., & Ravindran, V. (2018). Feed intake response of broilers: Impact of feed processing. *Animal Feed Science and Technology*, 237, 154-165. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2013.10.015>
8. Abdollahi, M. R., Zaefarian, F., & Ravindran, V. (2019). Maximising the benefits of pelleting diets for modern broilers. *Animal Production Science*, 59(11) 2023-2028. <https://doi:10.1071/AN19254>
9. Adeola, O. (2000). Digestion and balance techniques in pigs. In *Swine nutrition* (pp. 923-936): CRC press.
10. Amerah, A., Ravindran, V., Lentle, R., & Thomas, D. (2007). Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. *Poultry Science*, 86(12), 2615-2623. <https://doi:10.3382/ps.2007-00212>
11. Attar, A., Kermanshahi, H., Golian, A., Abbasi Pour, A., & Daneshmand, A. (2019). Conditioning time and sodium bentonite affect pellet quality, growth performance, nutrient retention and intestinal morphology of growing broiler chickens. *British Poultry Science*, 60(6), 777-783. <https://doi:10.1080/00071668.2019.1663493>
12. Babouyeh, S., Shahbazi, H.R., & Moradi, S. (2021). Investigation the effect of different processes on production line energy consumption, quality and hygienic parameters of broiler chicken pellet. *Journal of Animal Environment*, 13(2), 148-158 (In Persian) <https://doi:10.22034/aej.2020.136489>
13. Behnke, K. (1996). Feed manufacturing technology: current issues and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, 62(1), 49-57. [https://doi:10.1016/S0377-8401\(96\)01005-X](https://doi:10.1016/S0377-8401(96)01005-X)
14. Cutlip, S., Hott, J., Buchanan, N., Rack, A., Latshaw, J., & Moritz, J. (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:10.3382/japr.2007-00081>
15. Dilger, R., & Adeola, O. (2006). Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing chicks fed conventional and low-phytate soybean meals. *Poultry Science*, 85(4), 661-668. <https://doi:10.1093/ps/85.4.661>
16. Dozier, W., Behnke, K., Gehring, C., & Branton, S. (2010). Effects of feed form on growth performance and processing yields of broiler chickens during a 42-day production period. *Journal of Applied Poultry Research*, 19(3), 219-226. <https://doi:10.3382/japr.2010-00156>
17. Fayaz, N., Kermanshahi, H., & Zarghi, H. (2023). Effect of heat processing on nutrient digestibility and metabolizable energy of canola seed in broiler chicken. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(2), 199-210. (In Persian). <https://doi:10.22067/ijasr.2022.75836.1068>
18. Froetschner, J. (2006). Conditioning controls pellet quality. *Feed Technology*, 10, 5-12 .
19. González-Alvarado, J., Jiménez-Moreno, E., Lázaro, R., & Mateos, G. (2007). Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science*, 86(8), 1705-1715. <https://doi:10.1093/ps/86.8.1705>
20. Goodarzi Boroojeni, F., Mader, A., Knorr, F., Ruhnke, I., Röhe, I., Hafeez, A., . . . Zentek, J. (2014). The effects of different thermal treatments and organic acid levels on nutrient digestibility in broilers. *Poultry Science*, 93(5), 1159-1171. <https://doi:10.3382/ps.2013-03563>
21. Harjo, C., & Teeter, R. (1994). A method to quantify combustible carbon. *Poultry Science*, 73(12), 1914-1916. <https://doi:10.3382/ps.0731914>
22. Khalil, M., Abdollahi, M., Zaefarian, F., & Ravindran, V. (2021). Influence of feed form on the apparent metabolizable energy of feed ingredients for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 271, 1147-1154. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2020.114754>



23. Kirkpinar, F., & Basmacioglu, H. (2006). Effects of pelleting temperature of phytase supplemented broiler feed on tibia mineralization, calcium and phosphorus content of serum and performance. *Czech Journal of Animal Science*, 51(2), 78-84.
24. Latimer, G. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International*. Washington: AOAC International.
25. Loar, R., Wamsley, K., Evans, A., Moritz, J., & 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:10.3382/japr.2013-00930>
26. López, C., Baião, N., Lara, L., Rodriguez, N., & Cañado, S. (2007). Efeitos da forma física da ração sobre a digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59, 1006-1013. <https://doi:10.1590/S0102-09352007000400029>
27. Massuquetto, A., Durau, J., Schramm, V., Netto, M. T., Krabbe, E., & 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:10.3382/japr/pfx039>
28. McCracken, K., Preston, C., & Butler, C. (2002). Effects of wheat variety and specific weight on dietary apparent metabolisable energy concentration and performance of broiler chicks. *British Poultry Science*, 43(2), 253-260. <https://doi:10.1080/00071660120121472>
29. Naderinejad, S., Zaefarian, F., Abdollahi, M., Hassanabadi, A., Kermanshahi, H., & Ravindran, V. (2016). Influence of feed form and particle size on performance, nutrient utilisation, and gastrointestinal tract development and morphometry in broiler starters fed maize-based diets. *Animal Feed Science and Technology*, 215, 92-104. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.02.012>
30. Parsons, A., Buchanan, N., Blemings, K., Wilson, M & Moritz, J. (2006). Effect of corn particle size and pellet texture on broiler performance in the growing phase. *Journal of Applied Poultry Research*, 15(2), 245-255. <https://doi:10.1093/japr/15.2.245>
31. Payne, J., Rattink, J., Smith, W., & Winowiski, T. (2001). *The Pelleting Handbook: A Guide for Production Staff in the Compound Feed Industry*, 12-13.
32. Santos, R., Bassi, L., Schramm, V., da Rocha, C., Dahlke, F., Krabbe, E., & 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:10.1016/j.livsci.2020.104110>
33. SAS. (2003). *SAS User's guide: Statistics. Version 9. 1st ed. Cary (NC): SAS Inst. Inc.*
34. Selle, P., Liu, S., Cai, J., & Cowieson, A. (2013). Steam-pelleting temperatures, grain variety, feed form and protease supplementation of mediumly ground, sorghum-based broiler diets: influences on growth performance, relative gizzard weights, nutrient utilisation, starch and nitrogen digestibility. *Animal Production Science*, 53(5), 378-387. <https://doi:10.1071/AN12363>
35. Skoch, E., Behnke, K., Deyoe, C., & Binder, S. (1981). The effect of steam-conditioning rate on the pelleting process. *Animal Feed Science and Technology*, 6(1), 83-90. [https://doi:10.1016/0377-8401\(81\)90033-X](https://doi:10.1016/0377-8401(81)90033-X)
36. Svihus, B., Kløvstad, K., Perez, V., Zimonja, O., Sahlström, S., Schüller, R., . . . Prestløkken, E. (2004). Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. *Animal Feed Science and Technology*, 117(3-4), 281-293. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2004.08.009>
37. Svihus, B., Uhlen, A., & Harstad, O. (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:10.1016/j.anifeedsci.2005.02.025>



١38. Teixeira, N., Massuquetto, A., Krabbe, E., Surek, D., Oliveira, S., & Maiorka, A. (2019). Effect  
٢ of conditioning temperature on pellet quality, diet digestibility, and broiler performance .  
٣ *Journal of Applied Poultry Research*, 28(4), 963-973. <https://doi:10.3382/japr/pfz056>
٤39. Teymouri, M., & Hassanabadi, A. (2021). Influence of corn conditioning temperature and  
٥ enzyme supplementation on growth performance, nutrient utilisation and intestine morphology  
٦ of broilers fed mash corn-soy diets. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 1015-1028.  
٧ <https://doi:10.1080/1828051X.2021.1943015>
٨40. Toghyani, M., Rodgers, N., Iji, P., & Swick, R. (2015). Standardized ileal amino acid  
٩ digestibility of expeller-extracted canola meal subjected to different processing conditions for  
١٠ starter and grower broiler chickens. *Poultry Science*, 94(5), 992-1002.  
١١ <https://doi:10.3382/ps/pev047>
١٢41. Wang, T., Huang, Y., Yao, W., He, Q., Shao, Y., Li, H., . . . Huang, F. (2019). Effect of  
١٣ conditioning temperature on pelleting characteristics, nutrient digestibility and gut microbiota  
١٤ of sorghum-based diets for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 254, 114227.  
١٥ <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2019.114227>
١٦42. Zang, J., Piao, X., Huang, D., Wang, J., Ma, X., & Ma, Y. (2009). Effects of feed particle size  
١٧ and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in  
١٨ broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(1), 107-112.  
١٩ <https://doi:10.5713/ajas.2009.80352>
٢٠43. Zarghi, H., Golian, A., Kermanshahi, H., & Aghel, H. (2011). Effect of enzyme  
٢١ supplementation on metabolisable energy of corn, wheat and triticale grains in broiler chickens  
٢٢ using total excreta collection or marker methods. *Iranian Journal of Animal Science Research*,  
٢٣ 3(2), 105-112 (In Persian). <https://doi:10.22067/IJASR.V3I2.11009>
٢٤44. Zelenka, J. (2003). *Effect of pelleting on digestibility and metabolizable energy of poultry diets.*  
٢٥ *In Proc. Eur. Symp. Poult. Nutr., Lillehammer, Lillehammer, Norway: World. Poult. Sci. Assoc.*  
٢٦ 127–128.