University of Tehran Press

Journal of Veterinary Research

Homepage: jvr.ut.ac.ir

Online ISSN: 2251-6190

Research Article

Effects of Different Pelleting Methods on Physical, Chemical, Hygienic Quality and Digestibility of Feed and the Growth Performance of Broiler Chickens

Yaghoob Saei[1]✉, Mohammad Hossein Palizdar[2]✉, Mohammad Rezaian[3]✉, Mahboobeh Rostami[2]✉

[1] *Graduated from the Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran*
[2] *Department of Animal Sciences, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran*
[3] *Department of Animal and Poultry Health and Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran*

Received: *1 Jul 2026****, Reciver in revised from:*** *26 Aug 2026****, Accepted:*** *2 Sep 2026****, Available online****: 21 Dec 2026*

10.22059/jvr.2026.418838.3582

J Vet Res, Volume 81, Number 4, 2026, 239-254

Abstract

BACKGROUND: Pelleting of feed under different conditions can affect feed quality and bird performance.

OBJECTIVES: This study aims to compare the effects of different feed pelleting methods on physical, chemical, microbial and digestibility parameters of feed and on the performance of broilers.

METHODS: Four different forms of starter and grower diets (mash, cold pellet, conventional pellet, and super-conditioned pellet) were prepared and their physical, chemical and microbial characteristics were compared. Then, the effects of treatments were evaluated on the growth performance of 400 one-day-old broilers for 25 days (in 4 replicates with 25 chicks across 16 pens) . Body weight and feed intake of each pen were measured on days 11 and 25, and the average weight gain, feed intake, and feed conversion ratio per bird were compared. The ileal digestibility of each diet was also measured.

RESULTS: Pellet durability and hardness were higher in pellets produced by super-conditioner than other pellet treatments. Pellet durability in cold pellets was higher than in conventional pellets (P<0.05), but no significant difference was observed in terms of hardness index between cold and conventional pellets. Pelleting by different methods significantly decreased phytase activity compared to mash feed (P<0.05). Phytase activity in the cold pellet treatment was also higher than in the conventional and super-conditioned pellets (P<0.05). Pelleting the feed resulted in no coliform bacteria being observed under test conditions and significantly reduced fungal and aerobic bacterial populations compared to mash feed. The digestibility of dry matter and organic matter of super-conditioned pellets was higher than that of cold pellets and mash feed (P<0.05). Feed intake and body weight gain during the entire period in broilers fed mash diet were lower than in those fed different pellet types (P<0.05). The feed conversion ratio in chickens fed mash was also higher than in those fed pellets (P<0.05).

CONCLUSIONS: Pelleting can improve the hygienic status of feed compared to mash feed. Pelleting by the super-conditioner method results in better pellet durability and hardness and increases digestibility, compared to conventional and cold pellet production methods.

Keywords: Cold pellet, Conventional pellet, Microbial population, Pellet durability, Super conditioner

Copyright © The Author(s). Publisher: University of Tehran Press Conflict of interest: The authors declared no conflict of interest.

Corresponding author: Mohammad Hossein Palizdar, Mohammad Rezaian,
Tel/Fax: +9821-61117108 / +9821-66929532

How to cite this article:

Figure Legends and Table Captions

Table 1. Feed ingredients of starter (1-11 days) and grower (12-25 days) diets (as-fed basis).
Table 2. Chemical compounds (Dry-matter basis), physical characteristics, and phytase activity of produced feed in different treatment groups.
Table 3. Microbial population (CFU/g) of produced feed in different treatment groups.
Table 4. Growth performance of broiler chickens during 25 days of experimental period in different treatment groups.
Table 5. Digestibility (%) of feed dry matter and nutrient contents of produced feed in different treatment groups.

مجله تحقیقات دامپزشکی
Homepage: jvr.ut.ac.ir
شاپا الکترونیکی: ۶۱۹۰-۲۲۵۱
انتشارات دانشگاه تهران
مقاله پژوهشی

اثر روش‌های فراوری بر کیفیت فیزیکی، شیمیایی، بهداشتی و قابلیت هضم خوراک و عملکرد جوجه‌های گوشتی

یعقوب ساعی[۱]، محمدحسین پالیزدار[۲]، محمد رضائیان[۳]، محبوبه رستمی[۲]

[۱] دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، چالوس، ایران
[۲] گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، چالوس، ایران
[۳] گروه بهداشت و تغذیه دام و طیور، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۰ تیر ۱۴۰۵، **تاریخ بازنگری:** ۴ شهریور ۱۴۰۵ ، **تاریخ پذیرش:** ۱۱ شهریور ۱۴۰۵، **تاریخ انتشار:** ۳۰ آذر ۱۴۰۵

دوره ۸۱، شماره ۴، ۱۴۰۵، ۲۵۴-۲۳۹

doi 10.22059/jvr.2026.418838.3582

چکیده

زمینه مطالعه: پلت کردن یکی از روش‌های فراوری خوراک است و انجام آن در شرایط مختلف می‌تواند بر کیفیت خوراک و عملکرد پرنده مؤثر باشد.

هدف: مطالعه حاضر به‌منظور مقایسه تأثیر روش‌های مختلف پلت کردن بر شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و قابلیت هضم خوراک و عملکرد جوجه های گوشتی انجام شد.

روش‌کار: جیره‌های آغازین و رشد در چهار تیمار مختلف (آردی به‌عنوان شاهد، پلت سرد، پلت معمولی و پلت سوپرکاندیشنر) تهیه و مشخصات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. سپس اثر مصرف تیمارها بر عملکرد رشد ۴۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه (هر تیمار دارای ۴ تکرار با ۲۵ جوجه در ۱۶ پن) به مدت ۲۵ روز ارزیابی شد. وزن بدن و مصرف خوراک در روزهای ۱۱ و ۲۵ اندازه‌گیری و افزایش وزن، مقدار مصرف و ضریب تبدیل خوراک هر پرنده برای هر جیره در هر دوره محاسبه و مقایسه گردید. قابلیت هضم ظاهری ایلومی هر جیره نیز اندازه‌گیری شد.

نتایج: شاخص‌های فیزیکی دوام و سختی پلت، در پلت تولیدی به روش سوپرکاندیشنر بیشتر از سایر تیمارهای پلت بود. دوام پلت در پلت سرد بیشتر از پلت معمولی ($P<۰/۰۵$) بود، ولی اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص سختی بین تیمارهای پلت سرد و معمولی مشاهده نشد. پلت کردن خوراک با روش‌های مختلف منجر به کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم فیتاز در مقایسه با خوراک آردی شد ($P<۰/۰۵$). فعالیت فیتاز در پلت سرد نیز بیشتر از پلت معمولی و سوپرکاندیشنر بود ($P<۰/۰۵$). پلت کردن خوراک باعث عدم مشاهده باکتری‌های کلی‌فرم در شرایط آزمون و کاهش معنی‌دار جمعیت قارچها و باکتری‌های هوازی آن نسبت به خوراک آردی گردید. قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی پلت سوپرکاندیشنر از خوراک آردی و پلت سرد بیشتر ($P<۰/۰۵$) بود، ولی با پلت معمولی اختلاف معنی‌دار نداشت. میانگین مصرف خوراک و افزایش وزن در کل دوره در تیمار مصرف‌کننده خوراک آردی کمتر از تیمارهای مصرف‌کننده انواع پلت بود ($P<۰/۰۵$). ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های مصرف‌کننده خوراک آردی نیز از تیمارهای پلت بیشتر ($P<۰/۰۵$) بود.

نتیجه‌گیری نهایی: پلت کردن خوراک منجر به بهبود وضعیت بهداشتی آن در مقایسه با خوراک آردی شد. روش سوپرکاندیشنر در مقایسه با سایر روش‌ها می‌تواند منجر به تولید پلت با دوام و سختی بهتر و قابلیت هضم بیشتر گردد.

کلمات کلیدی: پلت سرد، پلت گرم، جمعیت میکروبی، دوام پلت، سوپرکاندیشنر

کپی‌رایت © نویسندگان. ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

نویسنده مسئول: محمدحسین پالیزدار، گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، چالوس، ایران
محمد رضائیان، گروه بهداشت و تغذیه دام و طیور، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت جهان و نیاز بیشتر به منابع غذایی باعث افزایش تولیدات کشاورزی شده است. در میان سایر بخش‌های کشاورزی، صنعت طیور رشد قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. علت این امر افزایش مصرف تولیدات طیور به دلیل ارزان‌تر بودن آن نسبت به گوشت قرمز بوده است. در پرورش طیور هزینه خوراک بین ۶۰ تا ۷۰ درصد از کل هزینه پرورش می‌باشد. به همین دلیل تا کنون از

روش‌های مختلف فرآوری خوراک برای بهبود کارایی و کاهش هزینه استفاده شده است. فراوری خوراک عبارت است از هرگونه تغییر در آن قبل از مصرف توسط دام که شامل آسیاب کردن، میکس کردن، پلت کردن، اکسترود کردن و غیره می‌باشد(۱). پلت کردن یکی از روش‌های فراوری می‌باشد که از یک‌سو باعث کاهش هدر رفتن خوراک در حین مصرف توسط پرنده می‌شود و از سوی دیگر با افزایش مصرف روزانه آن(۲) موجب بهبود رشد و کارایی خوراک مصرفی می‌گردد(۳، ۴). پلت کردن همچنین می‌تواند قابلیت هضم مواد مغذی را در نتیجه قرار گرفتن در معرض رطوبت، فشار و دمای مورداستفاده در این فرایند بهبود بخشد. این بهبود عمدتاً با ژلاتینه شدن نشاسته(۱) و با شکست پیوندهای دی‌سولفیدی در ساختارهای پروتئینی، که باعث دناتوراسیون آن و تسهیل عملکرد آنزیم‌ها می‌شود، توجیه می‌گردد(۵).

تهیه پلت به دو روش سرد و گرم (معمولی) انجام می‌گیرد. برای تهیه پلت سرد، تمام مواد تشکیل‌دهنده جیره شامل مواد اولیه، افزودنی‌ها و ریزمغذی‌ها پس از آسیاب و مخلوط شدن (خوراک آردی) بدون قرار گرفتن در معرض حرارت و رطوبت از دای (توری دارای منافذ استاندارد) عبور می‌کنند و به پلت تبدیل می‌گردند(۶، ۷). در روش تهیه پلت گرم، خوراک آردی ابتدا در دستگاه کاندیشنر در معرض رطوبت و حرارت (معمولاً ۷۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت حدود ۳۰ ثانیه قرار گرفته و سپس از دای عبور می‌کند و تبدیل به پلت می‌گردد(۸). در فرایند تولید پلت گرم، دمای کاندیشنر یکی از عوامل مهم در کیفیت محصول تولیدی است. دمای پایین می‌تواند مانع غیرفعال شدن عوامل ضد تغذیه‌ای شده و منجر به ژلاتینه شدن ناکافی نشاسته و دناتوراسیون کم پروتئین و درنتیجه کیفیت پایین پلت گردد(۹، ۱۰). به همین دلیل تولیدکنندگان خوراک طیور معمولاً از دمای زیاد برای تهیه پلت با کیفیت فیزیکی و بهداشتی بهتر(۹، ۱۱) استفاده می‌کنند. با اینکه تولید پلت گرم موجب کاهش قابل‌توجه آلودگی‌های میکروبی خوراک و بهبود قابلیت هضم آن می‌گردد، ولی می‌تواند اثر تخریبی روی برخی از مواد حساس به حرارت موجود در خوراک، از جمله ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و پروبیوتیک‌ها داشته باشد و درنتیجه می‌تواند باعث کاهش ارزش غذایی جیره و تأثیر منفی بر عملکرد رشد دام یا پرنده تغذیه‌شونده با آن خوراک گردد(۱۲).

به‌منظور جلوگیری از آثار منفی حرارت بر مواد مذکور، اخیراً روش تهیه پلت با استفاده از دستگاه سوپرکاندیشنر مطرح گردیده است(۱۳). در این روش صرفاً مخلوط مواد اولیه در دستگاه سوپرکاندیشنر در معرض رطوبت و حرارت (معمولاً ۸۵ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر) به مدت موردنظر (بین سه تا پنج دقیقه) قرار گرفته و پس از سرد شدن و اضافه کردن افزودنی‌ها و ریزمغذی‌ها به آن با عبور از دای به پلت تبدیل می‌گردد. با اینکه در مطالعات بسیاری تأثیر روش‌های فراوری خوراک به‌صورت آردی و پلت (سرد یا گرم) بر مشخصات فیزیکی و شیمیایی و بهداشتی جیره مورد بررسی قرار گرفته است(۱۴، ۱۵)، ولی هنوز تهیه پلت به روش سوپرکاندیشنر در مقایسه با سایر روش‌های فراوری مذکور ارزیابی نشده است. مطالعه حاضر به‌منظور مقایسه تأثیر روش‌های مختلف پلت کردن (پلت سرد، پلت معمولی و پلت سوپرکاندیشنر) بر شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و قابلیت هضم خوراک در مقایسه با خوراک آردی انجام شد. همچنین اثر مصرف انواع پلت‌های تولیدی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره‌های آغازین و رشد نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش کار

تیمارهای آزمایشی: در مطالعه حاضر جیره‌های آغازین و رشد مورداستفاده برای جوجه‌های گوشتی بر پایه ذرت ـ کنجاله سویا، در چهار شکل مختلف تهیه و مشخصات فیزیکی، شیمیایی، میکروبی، قابلیت هضم و تأثیر هریک بر عملکرد جوجه‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. جیره‌ها از نظر فیزیکی به دو شکل آردی (به‌عنوان شاهد) و پلت‌شده بود که پلت به سه روش سرد، معمولی و سوپرکاندیشنر تهیه شدند.

نحوه تولید تیمارهای آزمایشی: تنظیم جیره‌ها مطابق با راهنمای سویه تجاری راس ۳۰۸(۱۶) انجام شد (جدول ۱). به‌منظور تولید خوراک آردی ابتدا مواد اولیه (ذرت و کنجاله سویا) آسیاب و بعد از توزین در مخلوط‌کن وارد شدند. در ادامه سایر اجزای خوراک شامل مکمل‌های ویتامینی، معدنی، کربنات کلسیم، دی‌کلسیم فسفات، اسیدهای آمینه، روغن و در انتها آنزیم فیتاز به مخلوط‌کن اضافه و با هم مخلوط شدند. برای تهیه پلت سرد کلیه اجزای جیره همانند تیمار آردی در مخلوط‌کن تولید و مخلوط حاصل‌شده بدون ورود به کاندیشنر با عبور از دای به پلت تبدیل و در دستگاه خنک‌کننده سرد شد. برای تولید پلت معمولی نیز کلیه اجزای جیره در مخلوط‌کن مخلوط و سپس وارد دستگاه کاندیشنر شد و پس از کاندیشنر شدن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه با عبور از دای به پلت تبدیل و سرد شد. برای تولید پلت به روش سوپر کاندیشنر ابتدا مواد اولیه تشکیل‌دهنده جیره به‌جز ریزمغذی‌ها و افزودنی‌ها (اسیدهای آمینه آزاد، مکمل‌های ویتامینی و معدنی و آنزیم‌ها)، وارد میکسر شده و پس از مخلوط شدن وارد دستگاه سوپرکاندیشنر شدند (آسیاب ماشین ایرانیان مدل ۶۸۰) و در دمای ۸۵ درجه

سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه کاندیشن و سرد شدند. سپس با اضافه کردن سایر ترکیبات ذکرشده دوباره در میکسر با هم مخلوط و به مدت چند ثانیه کاندیشن شده و با عبور از دای به پلت تبدیل و در دستگاه خنک‌کننده سرد شدند.

بعد از تولید هریک از جیره‌های آزمایشی، نمونه لازم (سه نمونه از هر تیمار) مطابق با استاندارد شماره ۷۵۷۰ سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه ارسال و تا زمان انجام آزمایشات در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. تجزیه شیمیایی نمونه‌ها شامل درصد ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، عصاره اتری، فیبر خام و عصاره عاری از نیتروژن براساس AOAC(۱۷) انجام شد.

اندازه‌گیری شاخص دوام پلت: به‌منظور اندازه‌گیری این شاخص از روش Pfost Tumbling Can استفاده شد(۱۸). مطابق با این روش ابتدا ۵۰۰ گرم از نمونه خوراک پلت‌شده هر تیمار با سه تکرار و در هر تکرار دو نمونه الک شد تا وزن بدون خاکه هر نمونه به دست بیاید. سپس پلت الک‌شده در مخزن دستگاه مربوطه قرار داده شد و به مدت ۱۰ دقیقه با ۵۰ دور در دقیقه چرخانده شد. در ادامه پلت‌ها از مخزن خارج و دوباره برای حذف ذرات ریز الک و پلت بدون خاکه باقی‌مانده توزین گردیدند. شاخص دوام پلت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد(۱۹).

(رابطه ۱) ۱۰۰ × (وزن پلت قبل از آزمایش/ وزن پلت بعد از آزمایش) = شاخص دوام پلت (درصد)

اندازه‌گیری شاخص سختی: برای ارزیابی سختی پلت با استفاده از دستگاه سختی‌سنج انرژی لازم برای شکستن ۳۰ عدد پلت از هر تیمار مورد سنجش قرار گرفت و میانگین آن‌ها گزارش شد. میزان انرژی لازم برای شکستن هر پلت برحسب کیلوگرم نیروی موردنیاز (Kgf) گزارش شد(۶).

ارزیابی بهداشتی خوراک: شاخص‌های بهداشتی موردارزیابی در خوراک در مطالعه حاضر شامل شمارش تعداد کل باکتری‌های هوازی، تعداد کل قارچ‌ها و تعداد باکتری‌های کلی‌فرمی بود.

جدول ۱. اجزای تشکیل‌دهنده جیره آغازین (۱ تا ۱۱ روزگی) و رشد (۱۲ تا ۲۵ روزگی) (براساس as fed).

ترکیبات (درصد)	جیره آغازین	جیره رشد
دانه ذرت	۴۹/۳	۴۶/۵
دانه گندم	۸	۱۲
کنجاله سویا (۴۴ درصد)	۳۷	۳۵،۵
روغن سویا	۱/۵	۱/۷
کربنات کلسیم	۱/۲۵	۱/۲۰
دی‌کلسیم فسفات	۱/۱	۰/۹
نمک	۰/۲۷	۰/۲۴
متیونین مایع	۰/۲۱	۰/۱۶
دی‌ال متیونین	۰/۰۸	۰/۰۵
ال لیزین	۰/۱۴	۰/۱۲۵
ترئونین	۰/۰۶	۰/۰۵
جوش شیرین	۰/۰۶	۰/۰۸
پری میکس معدنی ـ ویتامینی*	۰/۵۰	۰/۵۰
بنتونیت	۰/۵	۱
آنزیم فیتاز (گرم در تن)	۵۰	۵۰
جمع	۱۰۰	۱۰۰

*هر کیلوگرم جیره دارای ویتامین‌های A، D3 و E، به ترتیب: ۸۰۰، ۳۷۵۰ و ۱۶۲ واحد بین‌المللی و ویتامین‌های K3، B1، B2، B3، B5، B6، B9، B12 و H2، به ترتیب: ۵/۶، ۱/۴۶، ۸/، ۳۷/۳، ۱۰/۳، ۳/۱، ۱/۰، ۱/۲ و ۶/۱ میلی‌گرم، کولین کلرید، ۱۰۰۰ میلی‌گرم؛ منگنز (از سولفات منگنز)، ۶۰ میلی‌گرم؛ آهن (از سولفات آهن)، ۷۵ میلی‌گرم؛ روی (از سولفات روی)، ۱۶۵ میلی‌گرم؛ مس (از سولفات مس)، ۱۵ میلی‌گرم و ید (از یدات کلسیم)، ۲ میلی‌گرم.

جدول ۲. اثر انواع روش‌های فراوری بر ترکیب شیمیایی (براساس درصد ماده خشک)، خصوصیات فیزیکی و فعالیت آنزیم فیتاز خوراک تولیدی*

شاخص‌ها	خوراک آردی	روش تولید پلت			SEM	*P* value
		معمولی	سرد	سوپرکاندیشنر		
ترکیبات شیمیایی						
ماده خشک (درصد)	۹۰/۰۳^{a}	۹۰/۹۰^{b}	۹۰/۲۰^{ab}	۹۰/۸۶^{b}	۰/۱۷۱	۰/۰۱۴
فیبر خام	۶/۵۲	۶/۴۷	۶/۳۵	۶/۴۰	۰/۱۵۹	۰/۸۸۴
پروتئین خام	۱۹/۹۰	۲۰/۴۸	۲۰/۰۳	۲۰/۲۵	۰/۱۶۷	۰/۱۴۹
چربی خام	۷/۵۵	۷/۱۵	۷/۶۲	۷/۷۰	۰/۱۴۵	۰/۱۰۷
خاکستر	۶/۵۲	۶/۹۰	۶/۶۸	۶/۵۵	۰/۱۲۱	۰/۱۹۱
NFE**	۵۹/۵۱	۵۸/۶۸	۵۹/۳۲	۵۹/۱۰	۰/۲۳۸	۰/۱۶۴
خصوصیات فیزیکی						
دوام پلت (درصد)		۸۹/۴۲^{a}	۹۳/۴۱^{b}	۹۷/۳۸^{c}	۰/۸۸۷	۰/۰۰۰۱
سختی پلت (kgf)		۷/۲۳^{a}	۸/۰۵^{a}	۱۲/۲۳^{b}	۰/۵۵۴	۰/۰۰۰۱
فعالیت آنزیم فیتاز (IU/g) و درصد بازیابی						
فعالیت فیتاز	۰/۶۱۷^{a}	۰/۴۸۷^{b}	۰/۵۷۹^{c}	۰/۴۹۳^{b}	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۱
درصد بازیابی	۱۰۰	۷۸/۹۳	۹۳/۸۴	۷۹/۹۰	–	–

*در هر ردیف میانگین‌هایی که با حروف غیرمشترک نشان داده شده‌اند دارای اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$). ** عصاره عاری از نیتروژن. SEM: خطای استاندارد از میانگین.

شمارش تعداد کل باکتری‌های هوازی: به‌منظور شمارش تعداد کل باکتری‌های هوازی بعد از آسیاب کردن نمونه‌های خوراک، ۱۰ گرم از نمونه در یک لوله فالکون استریل ریخته و با استفاده از سرم فیزیولوژی استریل، رقت‌های $۱۰^{-۱}$، $۱۰^{-۲}$، $۱۰^{-۳}$، $۱۰^{-۴}$، $۱۰^{-۵}$ و $۱۰^{-۶}$ آماده شد. در ادامه محیط کشت نوترینت آگار مطابق با دستور شرکت سازنده آماده و در پلت‌های استریل توزین شد. از رقت‌های آماده‌شده به مقدار ۱۰۰ میکرولیتر در محیط کشت با سه تکرار کشت داده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شد. در خاتمه کلونی‌های باکتریایی رشد کرده در رقت‌هایی که تعداد آن‌ها بین ۳۰ تا ۳۰۰ عدد بود شمارش و گزارش شد(۲۰).

شمارش تعداد کل قارچ‌ها: برای شمارش تعداد کل قارچ‌ها از محیط مالتودکسترین آگار حاوی کلرامفنیکل استفاده شد. بدین ترتیب که بعد از تهیه رقت‌های لازم (تا $۱۰^{۳}$) از هر نمونه با سرم فیزیولوژی، ۱۰۰ میکرولیتر از هر رقت در پلت‌های حاوی محیط کشت، با سه تکرار کشت داده شد و پلت‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شد. ۲۴ ساعت بعد از گرمخانه‌گذاری شمارش پرگنه‌ها صورت گرفت و در ساعت‌های ۴۸ و ۷۲ نیز شمارش تکرار و پرگنه‌های قارچی در رقت‌هایی که تعداد آن‌ها بین ۳۰-۳۰۰ پرگنه بود گزارش شد(۲۱).

شمارش تعداد باکتری‌های کلی‌فرم: به‌منظور شمارش تعداد باکتری‌های کلی‌فرمی در خوراک از روش Most Probable Number (MPN) مطابق با استاندارد ۱۱۱۶۶ سازمان ملی استاندارد ایران استفاده شد. به این ترتیب که ۱۰ گرم از نمونه آسیاب‌شده با استفاده از محیط پپتون براث به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شد و بعد از طی این مدت از هر نمونه به ترتیب ۱۰، ۱ و ۰/۱ میلی‌لیتر در سه لوله حاوی صفر، ۹ و ۹/۹ میلی‌لیتر محیط کشت لاکتوز براث دوبل منتقل و دوباره گرمخانه‌گذاری شد. در ادامه لوله‌های گاز مثبت در محیط بریلینت گرین کشت داده شد و بعد از گرمخانه‌گذاری مجدد، تعداد باکتری‌های کلی‌فرمی در هر لوله براساس مثبت یا منفی بودن گاز و با استفاده از جدول مربوطه محاسبه گردید(۲۲).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فیتاز: فعالیت آنزیم فیتاز با روش رنگ‌سنجی اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها بعد از ارسال به آزمایشگاه (دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران) ابتدا آسیاب و بعد ۱۰ گرم از نمونه آسیاب‌شده به همراه ۵۰ میلی‌لیتر از بافر ۰/۱ مولار سدیم استات به مدت ۳۰ دقیقه در یک ارلن مایر در دمای اتاق روی شیکر مخلوط شد. سپس حدود ۱۰ میلی‌لیتر از

هر نمونه برداشت و به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. در ادامه مقدار ۱ میلی‌لیتر از مایع رویی هر نمونه در یک لوله آزمایش ریخته و به مدت پنج دقیقه در بن ماری ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از گرمخانه‌گذاری به لوله‌ها ۱ میلی‌لیتر از سوبسترا (فیتات سدیم) اضافه و بعد از مخلوط کردن، به مدت ۱۵ دقیقه در بن ماری ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا واکنش بین آنزیم و سوبسترا صورت پذیرد. سپس به‌منظور توقف واکنش آنزیمی مقدار ۲ میلی‌لیتر محلول تری کلرو استیک اسید (TCA) به هر لوله اضافه شد. در ادامه از هر لوله ۱۵۰ میکرولیتر برداشت و پس از اضافه کردن ۱/۳۵ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول رنگی (مخلوط سه حجم اسید سولفوریک یک مولار، یک حجم مولیبدات آمونیوم ۲/۵ درصد و یک حجم اسید آسکوربیک ۱۰ درصد) مخلوط کردن آن‌ها، به مدت ۲۰ دقیقه در بن ماری ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. برای هر نمونه دو تکرار و یک بلانک منظور گردید. در لوله‌های بلانک ابتدا ۱ میلی‌لیتر محلول نمونه و ۲ میلی‌لیتر محلول تری کلرو استیک اسید اضافه و در مرحله بعد سوبسترا اضافه گردید. در انتها لوله‌ها سانتریفیوژ و جذب نوری محتویات در طول موج ۸۲۰ نانومتر خوانده شد(۲۳). مقدار آنزیمی که بتواند در مدت ۱ دقیقه ۱ میلی‌مول فسفر غیرآلی را از فیتات سدیم ۵ میلی مول در لیتر در شرایط pH =7 و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد آزاد کند، به‌عنوان یک واحد فیتاز محاسبه گردید.

جدول ۳. اثر انواع روش‌های فراوری بر جمعیت میکروبی (CFU/g) خوراک تولیدی*.

شاخص‌ها	خوراک آردی	روش تولید پلت				
		معمولی	سرد	سوپرکاندیشنر	SEM	*P* value
تعداد کل قارچ‌ها	۲۶۶/۷^{a}	۲۵/۳^{b}	۶/۶^{b}	۷/۷^{b}	۴۳/۷۰	۰/۰۰۰۲
تعداد کل باکتری‌های هوازی ($\times$ Log 10^{5})	۵۵۳/۳^{a}	۱۵۱^{b}	۲۵۳^{b}	۹۹/۳^{b}	۱۳۸/۲۳	۰/۰۱۵۶
تعداد باکتری‌های کلی‌فرمی	۴۰۰	ND	ND	ND	-	-

*در هر ردیف میانگین‌هایی که با حروف غیرمشترک نشان داده شده‌اند، دارای اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$). SEM: خطای استاندارد از میانگین.

جدول ۴. اثر انواع روش‌های فراوری خوراک بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در مدت ۲۵ روز دوره پرورش*.

شاخص‌ها	خوراک آردی	روش تولید پلت				
		معمولی	سرد	سوپرکاندیشنر	SEM	*P* value
		روز اول تا ۱۱				
افزایش وزن**	۲۶۵/۴^{b}	۳۵۵/۰^{a}	۳۵۷/۱^{a}	۳۴۳/۸^{a}	۶/۳۳	۰/۰۰۰
خوراک مصرفی***	۲۷۷/۵^{c}	۳۳۰/۱^{a}	۳۰۷/۰^{b}	۲۹۵/۷^{b}	۳/۹۱	۰/۰۰۰
ضریب تبدیل خوراک	۱/۰۴۷^{a}	۰/۹۲۴^{b}	۰/۸۶۵^{b}	۰/۸۶۲^{b}	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰
		روز ۱۲ تا ۲۵				
افزایش وزن	۵۹۷/۴^{b}	۸۹۶/۹^{a}	۹۱۱/۹^{a}	۹۱۵/۶^{a}	۳۳/۹	۰/۰۰۰
خوراک مصرفی (گرم)	۹۷۰/۵^{b}	۱۳۶۱/۷^{a}	۱۳۸۸/۵^{a}	۱۳۲۴/۱^{a}	۴۳/۶۸	۰/۰۰۰
ضریب تبدیل خوراک	۱/۶۳۰	۱/۵۲۱	۱/۵۲۹	۱/۴۴۶	۰/۰۴۶	۰/۰۹۱
		روز اول تا ۲۵				
افزایش وزن	۸۶۲/۸^{a}	۱۲۵۴/۰^{b}	۱۲۶۶/۹^{b}	۱۲۹/۴^{a}	۳۶/۰۲	۰/۰۰۰
خوراک مصرفی (گرم)	۱۲۴۸/۰^{b}	۱۶۹۱/۸^{a}	۱۶۹۵/۴^{a}	۱۶۱۹/۸^{a}	۴۳/۰۱	۰/۰۰۰
ضریب تبدیل خوراک	۱/۴۴۹^{a}	۱/۳۵۰^{b}	۱/۳۴۱^{ab}	۱/۲۸۶^{b}	۰/۰۲۹	۰/۰۱۳

*در هر ردیف میانگین‌هایی که با حروف غیرمشترک نشان داده شده‌اند دارای اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$). SEM: خطای استاندارد از میانگین.
**گرم افزایش وزن هر جوجه در دوره ***گرم خوراک مصرفی توسط هر جوجه در دوره.

جدول ۵. اثر انواع روش‌های فراوری بر قابلیت هضم (درصد) ماده خشک و مواد مغذی خوراک تولیدی*.

شاخص‌ها	خوراک آردی	روش تولید پلت				
		معمولی	سرد	سوپر کاندیشنر	SEM	*P* value
ماده خشک	۶۹/۱۱^{c}	۷۳/۳۴^{ab}	۷۰/۵۴^{bc}	۷۵/۷۵^{a}	۰/۵۸۰	۰/۰۰۴
ماده آلی	۷۳/۳۰^{c}	۷۶/۸۷^{ab}	۷۴/۴۵^{bc}	۷۸/۹۷^{a}	۰/۴۵۱	۰/۰۰۳
پروتئین خام	۷۶/۴۲	۷۸/۶۴	۷۷/۱۷	۸۰/۰۶	۰/۹۴۳	۰/۱۶۴

*در هر ردیف میانگین‌هایی که با حروف غیرمشترک نشان داده شده‌اند دارای اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$). SEM: خطای استاندارد از میانگین.

ارزیابی عملکرد تولید: برای ارزیابی عملکرد، از ۴۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه (راس ۳۰۸) به مدت ۲۵ روز برای دوره پرورش استفاده شد. جوجه‌ها به‌طور تصادفی در چهار تیمار غذایی توزیع شدند. هر تیمار دارای ۴ تکرار با ۲۵ جوجه و جمعاً ۱۶ پن (ابعاد ۱۴۵ × ۱۶۵ سانتی‌متر) بود. جوجه‌ها به‌طور آزاد به خوراک و آب دسترسی داشتند. دمای داخل سالن در روز اول ۳۳ درجه سانتی‌گراد و به‌تدریج براساس دستورالعمل مربوطه کاهش یافت. وزن بدن و مصرف خوراک هر پن در روزهای، ۱۱ و ۲۵ به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری و میانگین افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک هر پن برای هر جیره در هر دوره محاسبه گردید. وزن تلفات نیز در محاسبه لحاظ گردید.

اندازه‌گیری قابلیت هضم ماده خشک: اندازه‌گیری قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام جیره‌ها براساس روش Fenton and Fenton (۲۴) و با استفاده از معرف اکسید کروم انجام شد. به این منظور از هر تیمار ۸ قطعه جوجه (۲ قطعه از هر تکرار) تقریباً هم‌وزن تغذیه‌شده با هریک از جیره‌های موردمطالعه در روز ۲۵ پرورش، جدا و به مدت ۳ روز با جیره‌های حاوی ۵ گرم در هر کیلوگرم اکسید کروم تغذیه شدند. در پایان روز سوم پرنده‌ها کشتار و محتویات ایلئوم پرنده‌های هر تیمار به‌طور مجزا جمع‌آوری و به آزمایشگاه ارسال شد. به دلیل کافی نبودن مقدار نمونه هر پرنده برای انجام آنالیزهای لازم، نمونه‌های مربوط به هر دو یا سه پرنده از هر تیمار پس از خشک کردن با هم مخلوط و سه نمونه مستقل برای هر تیمار تهیه شد. درصد قابلیت هضم ماده خشک مربوط به هر جیره با اندازه‌گیری مقدار نشانگر کروم در نمونه‌های جیره مصرفی و محتویات مذکور و استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد. قابلیت هضم مواد مغذی، شامل ماده آلی و پروتئین خام نیز با اندازه‌گیری درصد موجود هر ماده در نمونه‌های خوراک و محتویات ایلئوم هر تیمار و با استفاده از درصد قابلیت هضم ماده خشک هر تیمار براساس رابطه ۳ محاسبه گردید(۵).

(رابطه ۲)

$$\text{درصد قابلیت هضم ماده خشک} = ۱۰۰ - \frac{(۱۰۰ \times \text{مقدار کروم در نمونه خوراک})}{\text{مقدار کروم در نمونه محتویات}}$$

(رابطه ۳)

$$\text{درصد قابلیت هضم ماده مغذی} = ۱۰۰ - \frac{(۱۰۰ \times \text{درصد ماده مغذی در محتویات ایلئوم} \times \text{درصد ماده خشک هضم نشده})}{\text{درصد ماده مغذی در خوراک مصرفی}}$$

تجزیه‌وتحلیل آماری: نتایج به‌دست‌آمده در ارتباط با هریک از شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی، جمعیت میکروبی و قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام تیمارها با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab و به روش ANOVA آنالیز شد. پن به‌عنوان واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و شاخص‌های عملکردی شامل افزایش وزن، مقدار خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک تیمارها در سطح پن محاسبه گردیدند؛ بنابراین چهار تکرار مستقل برای هر تیمار غذایی در نظر گرفته شد و میانگین هر پن به‌عنوان یک مشاهده مستقل وارد تحلیل آماری شد. درمورد قابلیت هضم، تکرارهای مستقل برای هر تیمار سه عدد بود. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد و معنی‌داری آن‌ها در سطح ۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

ترکیبات شیمیایی، خصوصیات فیزیکی و فعالیت آنزیم فیتاز: نتایج مربوط به کیفیت فیزیکی پلت و میزان فعالیت آنزیم فیتاز در تیمارهای مختلف در جدول ۲ ذکر شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، درصد ماده خشک پلت معمولی و سوپرکاندیشنر تقریباً مشابه، ولی از پلت سرد و خوراک آردی بیشتر و اختلاف مشاهده‌شده بین پلت سوپر با خوراک آردی معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). تفاوت بین سایر ترکیبات شیمیایی، شامل پروتئین خام، فیبر خام، چربی خام، عصاره عاری از نیتروژن و خاکستر در خوراک آردی و انواع پلت تولیدی از نظر آماری معنی‌دار نبود.

درصد شاخص دوام پلت به شکل معنی‌داری در پلت سوپرکاندیشنر بیشتر از دو تیمار دیگر بود. این شاخص در پلت سرد نیز به شکل معنی‌داری بیشتر از پلت معمولی بود ($P<۰/۰۵$). تفاوت آماری معنی‌داری بین پلت معمولی و پلت سرد در شاخص سختی پلت دیده نشد، اما این شاخص به شکلی معنی‌داری در پلت سوپر کاندیشنر بیشتر از سایر تیمارها بود ($P<۰/۰۵$).

بیشترین میزان فعالیت آنزیم فیتاز مربوط به خوراک آردی بود. پلت کردن خوراک در هر سه روش تولید پلت منجر به کاهش معنی‌دار فعالیت این آنزیم در مقایسه با خوراک آردی شد ($P<۰/۰۵$). فعالیت فیتاز در پلت سرد نیز بیشتر از پلت معمولی و سوپر کاندیشنر بود ($P<۰/۰۵$). درصد بازیابی آنزیم فیتاز در مقایسه با خوراک آردی برابر ۹۳/۸۴، ۷۹/۹۰ و ۷۸/۹۳ به ترتیب در پلت سرد، سوپر کاندیشنر و معمولی بود.

وضعیت بهداشتی خوراک: نتایج مربوط به وضعیت بهداشتی خوراک از نظر جمعیت میکروبی در تیمارهای مختلف در جدول ۳ ذکر شده است. به‌طورکلی پلت کردن خوراک به روش‌های مختلف به شکل معنی‌داری باعث کاهش معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) تعداد کل پرگنه‌های قارچی در مقایسه با تعداد آن‌ها در خوراک آردی شد. میانگین این تعداد در خوراک آردی برابر ۲۶۶/۶۷ CFU / و در انواع پلت تولیدی بین ۶/۶۳ CFU/g تا ۲۵/۳۳ متغیر بود که نشان‌دهنده کاهش حداقل یک واحد لگاریتمی در جمعیت قارچی است. تفاوت بین جمعیت قارچی در بین تیمارهای پلت از نظر آماری معنی‌دار نبود. جمعیت کل باکتری‌های هوازی نیز در اثر پلت کردن خوراک در مقایسه با خوراک آردی به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد ($P<۰/۰۵$). هرچند این کاهش در مقایسه با جمعیت قارچها کمتر بود. اختلاف موجود بین جمعیت باکتری‌های هوازی در انواع تیمارهای پلت نیز همانند جمعیت قارچها معنی‌دار نبود. تعداد باکتری‌های کلی‌فرمی در خوراک آردی برابر ۴۰۰ CFU/g بود، ولی در هیچ‌یک از تیمارهای پلت آلودگی به باکتری‌های کلی‌فرمی مشاهده نشد.

قابلیت هضم: نتایج مربوط به قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خوراک دوره رشد در جدول ۵ ذکر شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیشترین درصد قابلیت هضم ماده خشک خوراک مربوط به پلت سوپر کاندیشنر و کمترین آن مربوط به خوراک آردی و پلت سرد است و اختلاف مشاهده‌شده با مقدار آن در پلت سرد و خوراک آردی معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$)، ولی با پلت معمولی اختلاف معنی‌دار نبود. قابلیت هضم ماده آلی پلت سوپرکاندیشنر نیز از خوراک آردی و پلت سرد بیشتر ($P<۰/۰۵$) بود، ولی اختلاف معنی‌داری با پلت معمولی نداشت. کمترین میزان قابلیت هضم ماده آلی مربوط به خوراک آردی و پلت سرد بود. درصد قابلیت هضم پروتئین خام نیز در پلت سوپرکاندیشنر از نظر عددی بیشتر از سایر تیمارها بود، ولی اختلاف مشاهده‌شده از نظر آماری معنی‌دار نبود.

عملکرد رشد: نتایج مربوط به افزایش وزن، مقدار مصرف و ضریب تبدیل خوراک در دوره آغازین، رشد و در کل دوره ۲۵ روز پرورش در جدول ۴ ذکر شده است. میانگین افزایش وزن زنده در دوره آغازین پرورش (۱ تا ۱۱ روز)، دوره رشد (۱۲ تا ۲۵ روز) و در کل دوره (۱ تا ۲۵ روز) در جوجه‌های مصرف‌کننده انواع پلت از جوجه‌های مصرف‌کننده خوراک آردی بیشتر بود ($P<۰/۰۵$) و تفاوت بین تیمارهای پلت از این نظر معنی‌دار نبود.

کمترین مقدار مصرف خوراک نیز در هر دو دوره و در کل دوره در تیمار مصرف‌کننده خوراک آردی ($P<۰/۰۵$) مشاهده شد. در دوره آغازین، در بین تیمارهای مصرف‌کننده پلت بیشترین مقدار مصرف مربوط به جوجه‌های تغذیه‌شده با پلت معمولی ($P<۰/۰۵$) بود، ولی در دوره رشد و در کل دوره تفاوت معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده نشد. بااین‌حال از نظر عددی مقدار مصرف در تیمار مصرف‌کننده پلت تهیه‌شده به روش سوپرکاندیشنر از دو تیمار دیگر مصرف‌کننده پلت کمتر بود.

ضریب تبدیل خوراک در دوره آغازین در جوجه‌های تغذیه‌شده با خوراک آردی نسبت به جوجه‌های مصرف‌کننده پلت بیشتر ($P<۰/۰۵$) بود و با اینکه تفاوت مشاهده‌شده بین تیمارهای مصرف‌کننده پلت از نظر آماری معنی‌دار نبود، ولی از نظر عددی، این شاخص در جوجه‌های مصرف‌کننده پلت تهیه‌شده به روش سوپر کاندیشنر کمتر از دو تیمار دیگر بود.

بحث

کیفیت فیزیکی پلت و فعالیت آنزیم فیتاز: در مطالعه حاضر شاخص دوام پلت تولیدی به روش سوپر کاندیشنر به‌صورت معنی‌داری بیشتر از پلت سرد و پلت معمولی بود ($P<۰/۰۵$). شاخص سختی نیز در این تیمار به شکل معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها

بود، ولی بین پلت‌های معمولی و سرد تفاوت آماری معنی‌داری دیده نشد. این نتایج می‌تواند ناشی از دما و مدت‌زمان بیشتر کاندیشنر در این گروه باشد. در مطالعه Netto و همکاران در سال ۲۰۱۹، با افزایش دمای کاندیشنر از ۶۰ به ۹۰ درجه سانتی‌گراد هر دو شاخص دوام و سختی پلت به شکل معنی‌داری بهبود پیدا کرد(۱۰). در مطالعه دیگری که توسط Salahshour و همکاران در سال ۲۰۲۳ انجام شد افزایش دمای کاندیشنر از ۶۵ به ۷۵ درجه سانتی‌گراد منجر به بهبود شاخص دوام پلت جیره‌های مورداستفاده گردید(۲۵) که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. مطالعات متعدد دیگر نیز بهبود کیفیت فیزیکی پلت تولیدی در اثر افزایش دمای کاندیشنر را گزارش کرده اند(۸، ۱۱). عامل دیگری که می‌تواند در بهبود کیفیت فیزیکی پلت سوپر کاندیشنر مؤثر باشد زمان بیشتر کاندیشن شدن است. در مطالعهdos Santos و همکاران در سال ۲۰۲۰ در پلت مصرفی در دوره ۲۱ تا ۴۲ روزگی در هر دو دمای کاندیشنر ۶۵ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش زمان کاندیشنر از ۳ تا ۲۰ ثانیه شاخص دوام پلت به شکل معنی‌داری بهبود پیدا کرد(۲۶). در مطالعه دیگری که توسط Massuquetto و همکاران در سال ۲۰۱۸ انجام پذیرفت، افزایش زمان کاندیشنر از صفر (پلت سرد) به ۶۰ ثانیه به شکل معنی‌داری شاخص دوام پلت را بهبود بخشید(۲۷). همچنین افزایش زمان کاندیشنر از صفر تا ۸۰ ثانیه به شکل معنی‌داری شاخص سختی را بهبود بخشید. این نتایج تأییدکننده اثر دما و زمان کاندیشنر بر کیفیت فیزیکی پلت تولیدی است؛ بنابراین در مطالعه حاضر نیز دما و زمان بیشتر سوپرکاندیشنر منجر به بهبود کیفیت فیزیکی پلت تولیدی در مقایسه با سایر تیمارها شده است. شاخص دوام پلت سرد به علت عدم وجود رطوبت و اصطکاک بیشتر خوراک با دیواره دای به شکل معنی‌داری بیشتر از پلت معمولی بود، اما درمورد شاخص سختی تفاوت آماری معنی‌داری بین این دو نوع پلت دیده نشد. این نتایج می‌تواند احتمالاً ناشی از دمای بیشتر سطح خارجی پلت سرد بر اثر اصطکاک باشد که می‌تواند منجر به افزایش دناتوره شدن پروتئین و ژلاتینه شدن نشاسته در سطح پلت شود؛ اما در روش تولید پلت معمولی به علت وجود کاندیشنر و افزایش رطوبت، اصطکاک بین پلت و دیواره دای کاهش پیدا کرده و بخشی از دناتوره شدن پروتئین و ژلاتینه شدن نشاسته در کاندیشنر رخ می‌دهد و درنتیجه پراکنش دناتوره شدن و ژلاتینه شدن پروتئین و نشاسته در تمام مقاطع پلت معمولی بیشتر از پلت سرد است(۹).

اثرات سوء فرایند حرارتی و مکانیکی مورداستفاده در فرایند تولید پلت روی ترکیبات حساس، ازجمله ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و پروبیوتیک‌ها یکی از اصلی‌ترین نگرانی‌ها در صنعت تولید خوراک دام و طیور است. آنزیم‌های برون‌زا یکی از افزودنی‌های خوراک می‌باشند که با اهدافی نظیر بهبود عملکرد یا خنثی کردن عوامل ضدتغذیه‌ای نظیر گزیلان و بتاگلوکان به خوراک اضافه می‌شوند. در بین آنزیم‌ها، آنزیم فیتاز به دلیل مواردی نظیر کمبود منابع فسفر، مشکلات زیست‌محیطی و اثرات ضدتغذیه‌ای که اسیدهای فیتات بر جذب مواد مغذی می‌گذارد از اهمیت خاصی برخوردار است(۲۸). این آنزیم به‌منظور ایفای نقش خود باید به شکل فعال به محل فعالیت خود در دستگاه گوارش برسد و باتوجه‌به ساختار پروتئینی این ترکیبات یکی از نقاطی که امکان غیرفعال شدن این آنزیم‌ها وجود دارد فرایند حرارتی مورداستفاده در تولید پلت است. در مطالعه حاضر فعالیت آنزیم فیتاز به شکل معنی‌داری در خوراک آردی بیشتر از سایر تیمارهای پلت بود ($P<۰/۰۵$). در جیره‌های پلت‌شده، بیشترین فعالیت آنزیم فیتاز در گروه پلت سرد مشاهده شد ($P<۰/۰۵$) و تفاوت آماری معنی‌داری در بین پلت معمولی و سوپرکاندیشنر مشاهده نگردید. در مطالعه Evans و همکاران در سال ۲۰۲۱ که روی جیره پایانی صورت پذیرفت، فعالیت آنزیم فیتاز در پلت تولیدی در دمای کاندیشنر ۷۴ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد و مدت‌زمان کاندیشنر ۳۰ ثانیه، نسبت به فعالیت آن در خوراک آردی به ترتیب برابر ۸۶/۶ و ۷۵/۸ درصد بود(۲۹). این نسبت در مطالعه حاضر برای پلت معمولی ۷۸/۹۳ درصد و برای پلت سوپرکاندیشنر برابر ۷۹/۹۰ درصد بود. کمتر بودن فعالیت آنزیم فیتاز در مطالعه حاضر در مقایسه با مطالعه Evans و همکاراندر سال ۲۰۲۱ (۲۹) می‌تواند احتمالاً مربوط به تفاوت در نوع آنزیم مورداستفاده یا تفاوت‌های احتمالی دیگر بین دو مطالعه باشد. همان‌طور که بیان شد در مطالعه مذکور افزایش دمای کاندیشنر از ۷۴ به ۸۵ درجه سانتی‌گراد کاهش چشمگیری در فعالیت آنزیم فیتاز نشان داد، اما در مطالعه حاضر باتوجه‌به اینکه در روش سوپرکاندیشنر مدت‌زمان کاندیشن شدن به‌مراتب بیشتر (۵ دقیقه به جای ۳۰ ثانیه) بود، ولی حدود ۸۰ درصد فعالیت آنزیم فیتاز در پلت تولیدی حفظ شد. در مطالعه مشابه صورت‌گرفته توسط Rezaeian و همکاران در سال ۲۰۲۶ تفاوت آماری معنی‌داری بین پلت‌های تولیدی به روش سوپرکاندیشنر در دماها و زمان‌های مختلف کاندیشنر مشاهده نشد(۳۰) که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. در مطالعه Pope و Fahrenholz در سال ۲۰۲۰ نیز افزایش دمای کاندیشنر از ۸۰ به ۹۲ درجه سانتی‌گراد، باعث کاهش قابل‌توجه فعالیت آنزیم فیتاز در پلت تولیدی شده است(۳۱) که نشان‌دهنده کاهش فعالیت این آنزیم در دماهای

بیشتر کاندیشنر برای تولید پلت به روش معمولی است. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که افزایش درجه حرارت کاندیشنر از یک‌سو باعث بهبود شاخص دوام پلت می‌گردد، ولی از سوی دیگر می‌تواند موجب کاهش فعالیت آنزیم فیتاز شود.

وضعیت بهداشتی تیمارها: خوراک و مواد اولیه آن می‌تواند به‌عنوان یک حامل برای طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها باشد. خوراک در مرحله اول در مزرعه به وسیله خاک، باد، باران و حشرات به میکروارگانسیم‌ها آلوده می‌شود. میکروارگانسیم‌های بیماری‌زا و مضر همچنین می‌توانند ازطریق مدفوع حیوانات، کوددهی و در طول انبارداری خوراک را آلوده کنند؛ بنابراین برای خوراک در طول زنجیره تولید و انتقال تا مصرف نقاط خطر فراوانی وجود دارد که امکان آلودگی آن به عوامل بیماری‌زا و مضر را فراهم می‌کند. پلت کردن خوراک شرایطی را مهیا می‌کند تا با حذف این عوامل وضعیت بهداشتی خوراک ارتقا پیدا کرده و از انتقال عوامل بیماری‌زا به خوراک پیشگیری شود(۳۲).

عوامل بیماری‌زا و مضر در خوراک را از نظر میزان رطوبت می‌توان به دو دسته قارچی و باکتریایی تقسیم کرد. عوامل قارچی که در رطوبت‌های پایین فعال و منجر به کاهش ارزش غذایی غلات و خوراک می‌شوند. همچنین برخی از گونه‌های قارچی با تولید توکسین‌های قارچی منجر به آلودگی خوراک به این توکسین‌ها می‌شوند که می‌توانند اثرات زیان‌آوری روی جوجه‌های گوشتی و در ادامه انسان‌ها، به‌عنوان حلقه پایانی زنجیره تولید داشته باشند(۳۲). در مطالعه حاضر پلت کردن خوراک به شکل معنی‌داری منجر به کاهش جمعیت قارچ‌های رشته‌ای به میزان حداقل یک واحد لگاریتمی شد ($P<۰/۰۵$). در مطالعه انجام‌شده توسط Rezaeian و همکاران در سال ۲۰۲۶ نیز پلت کردن خوراک منجر به کاهش معنی‌دار تعداد قارچ‌های رشته‌ای در مقایسه با خوراک آردی شد(۳۰) که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد. در مطالعه حاضر تفاوت آماری معنی‌داری بین گروه‌های پلت در تعداد قارچ‌های رشته‌ای مشاهده نشد، اما از نظر عددی کمترین تعداد کپک‌ها در گروه پلت سرد و پلت سوپرکاندیشنر بود که احتمالاً ناشی از زمان و دمای بیشتر در سوپرکاندیشنر و همچنین اصطکاک و درنتیجه دمای بیشتر در گروه پلت سرد است. در مطالعه دیگری که توسط Tabib و همکاران در سال ۱۹۸۴ صورت گرفت پلت کردن خوراک منجر به کاهش یک تا سه واحد لگاریتمی در جمعیت قارچ‌ها در مقایسه با خوراک آردی شد(۳۳). پلت کردن خوراک به شکل معمول در دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد صورت می‌پذیرد و حداکثر دمای مورداستفاده در این فرایند ۹۰ درجه سانتی‌گراد است که این دما روی شکل فعال میکروارگانیسم‌ها مؤثر است، ولی روی اسپور آن‌ها تأثیر ندارد(۳۴). جمعیت قارچی خوراک آردی در مطالعه حاضر نیز از نتایج گزارش‌شده توسط Anifowose و Bakre در سال ۲۰۲۱ در خوراک آغازین جوجه‌های گوشتی در کشور نیجریه (۲۱) کمتر ($۲/۷ \times ۱۰^{۲}$ در مقابل $۱/۲ \times ۱۰^{۳}$)، ولی با نتایج به‌دست‌آمده توسط Lapusneanu و همکاران در سال ۲۰۲۳ در خوراک آغازین جوجه‌های گوشتی قابل‌مقایسه می‌باشد(۳۵) که می‌تواند ناشی از تفاوت شرایط محیطی باشد. به نظر می‌رسد پلت کردن خوراک با کاهش جمعیت قارچی در صورت مهیا شدن شرایط رشد این قارچ‌ها می‌تواند سرعت مصرف مواد مغذی و همچنین متابولیت‌های ثانویه در خوراک توسط این قارچ‌ها را کاهش دهد، اما فرایند پلت کردن باتوجه‌به عدم توانایی در حذف اسپور قارچ‌ها امکان حذف آلودگی خوراک به قارچ‌های اسپورزا را ندارد.

عوامل باکتریایی که خوراک و اقلام اولیه آن را آلوده می‌کنند، باتوجه‌به نیاز به رطوبت بیشتر تا مساعد شدن شرایط محیطی به شکل اسپور بقای خود را حفظ می‌کنند. در خوراک طیف وسیعی از گونه‌های باکتریایی وجود دارند. حضور برخی از این گونه‌ها نظیر لاکتوباسیلوس‌ها می‌تواند مفید باشد، اما حضور برخی دیگر از گونه‌ها نظیر *سالمونلا* و باکتری‌های کلی‌فرمی نشان‌دهنده آلودگی خوراک به مدفوع و سایر عوامل بیماری‌زا است که تهدیدی برای رشد و سلامت جوجه‌های گوشتی می‌باشد. در مطالعه حاضر پلت کردن خوراک منجر به کاهش معنی‌داری در جمعیت باکتریایی در مقایسه با خوراک آردی شد ($P<۰/۰۵$). مطالعات متعدد دیگری نیز همین نتیجه را گزارش کرده‌اند(۳۰، ۳۶، ۳۷). بااین‌حال در مطالعه حاضر تأثیر پلت کردن بر جمعیت باکتری‌های هوازی در مقایسه با قارچ‌ها کمتر بوده است (جدول ۳). جمعیت باکتری‌های هوازی به‌تنهایی نشان‌دهنده مشکل خاصی نیست، اما به‌عنوان یک آزمایش ساده و ارزان برای سنجش فرایند حرارتی و کیفیت پلت مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ زیرا عمده باکتری‌های بیماری‌زا (به‌جز کلستریدیوم‌ها) در خوراک باکتری‌های هوازی غیر اسپورزا می‌باشند. در مطالعه حاضر پلت کردن خوراک باعث حذف باکتری‌های کلی‌فرمی از انواع تیمارهای پلت گردید. حذف کامل باکتری‌های کلی‌فرمی خوراک در اثر پلت کردن در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است(۳۰، ۳۶). نتایج گزارش‌شده توسط Furuta و همکاران در سال ۱۹۸۰ و Boltz و همکاران در سال ۲۰۱۹ نیز نشان‌دهنده کاهش قابل‌توجه جمعیت باکتری‌های کلی‌فرمی در اثر پلت کردن خوراک است(۳۷، ۳۸). این نتایج نشان‌دهنده این است که فرایند پلت کردن خوراک به‌خوبی قابلیت از بین

بردن باکتری‌های کلی‌فرمی را دارد و در صورت عدم آلودگی مجدد خوراک که می‌تواند در ادامه زنجیره تولید و نگهداری و توزیع خوراک صورت گیرد، می‌توان این نوع فراوری را به‌عنوان روشی مؤثر در حذف عوامل بیماری‌زا در خوراک قلمداد کرد. عدم مشاهده کلی‌فرم‌ها در نمونه‌های پلت‌شده نشان‌دهنده کاهش آلودگی در سطح قابل‌شناسایی در شرایط آزمون است؛ بااین‌حال باتوجه‌به محدودیت حد تشخیص روش مورداستفاده، نمی‌توان عدم وجود مطلق کلی‌فرم‌ها را نتیجه‌گیری کرد.

قابلیت هضم: عوامل مختلفی ازجمله ترکیب، اندازه ذرات و فرم جیره (پلت یا آردی)، درجه حرارت و مدت‌زمان ماندگاری خوراک در کاندیشنر و سطح مصرف خوراک روی قابلیت هضم آن مؤثر می‌باشند(۹). به‌طورکلی روشن شده است پلت کردن خوراک باعث بهبود قابلیت هضم ماده خشک می‌گردد(۲۷، ۳۹). در مطالعه حاضر نیز قابلیت هضم ماده خشک خوراک آردی نسبت به انواع تیمارهای پلت کمتر بود (جدول ۵). در تیمارهای پلت نیز کمترین درصد قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی مربوط به پلت سرد و بیشترین درصد آن مربوط به پلت سوپرکاندیشنر بود ($P<۰/۰۵$). در تولید پلت سرد به دلیل عدم استفاده از بخار در کاندیشنر و درنتیجه پایین بودن سطح رطوبت و دما، میزان ژلاتیناسیون نشاسته کم و قابلیت هضم آن نیز در مقایسه با پلت گرم کاهش می‌یابد(۹)؛ بنابراین در مطالعه حاضر مشاهده کاهش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در پلت سرد نسبت به پلت سوپرکاندیشنر که در شرایط رطوبت و دمای بالا تولید گردیده است، از این نظر قابل‌توجیه است. در مطالعه انجام‌شده توسط Netto و همکاران در سال ۲۰۱۹ نیز که با هدف بررسی اثر دمای کاندیشنر روی قابلیت هضم ماده خشک انجام شد، با افزایش دمای کاندیشنر، قابلیت هضم ماده خشک خوراک به شکل خطی افزایش پیدا کرد و در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به شکل معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود(۱۰).

با اینکه دمای بالای کاندیشنر (بیشتر از ۸۰ درجه سانتی‌گراد) می‌تواند باعث دناتوراسیون پروتئین خام خوراک گردیده و قابلیت هضم آن را نیز بهبود بخشد(۵، ۲۷، ۴۰). ولی Goodarzi Boroojeni و همکاران در سال ۲۰۱۶ با مرور مقالات متعدد در ارتباط با اثر فرایند حرارتی بر شاخص‌های مختلف خوراک در طیور، از جمله قابلیت هضم پروتئین خام، این فرضیه را مطرح کردند که برخلاف باور عمومی تاکنون، حتی اگر دناتوراسیون هیدروترمال پروتئین در حد بالایی اتفاق بیفتد، لزوماً منجر به افزایش قابلیت هضم پروتئین نخواهد شد(۱۲). در مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری بین قابلیت هضم پروتئین خام خوراک آردی و تیمارهای پلت تولیدشده در دماهای مختلف مشاهده نگردید که با نظریه آن‌ها مطابقت دارد. بااین‌حال نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه Hernandez و همکاران در سال ۲۰۲۶ مغایر با این نظریه می‌باشد(۴۱). در این مطالعه قابلیت هضم پروتئین خام خوراک پلت‌شده در حرارت ۹۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با خوراک آردی بیشتر (۷۶/۸۲ درصد در مقابل ۷۲/۷۲ درصد) و اختلاف مشاهده‌شده معنی‌دار بود. باتوجه‌به مراتب، به نظر می‌رسد برای روشن شدن دقیق تأثیر پلت کردن در شرایط مختلف بر قابلیت هضم پروتئین خام جیره نیاز به مطالعات بیشتر می‌باشد.

عملکرد رشد: مطالعات متعددی اثر مصرف خوراک آردی در مقایسه با خوراک پلت‌شده را روی عملکرد جوجه‌های گوشتی بررسی کرده‌اند. در بیشتر این مطالعات پلت کردن باعث بهبود شاخص‌های عملکردی شده است(۴۱، ۴۲). Abdollahi و همکاران در سال ۲۰۱۳ با مرور مطالعات مختلف، علت اصلی این تأثیر را مصرف بیشتر خوراک پلت در مقایسه با خوراک آردی ذکر کرده‌اند(۹). عوامل دیگری، مانند بهبود خوش‌خوراکی و قابلیت هضم، کاهش جداسازی مواد تشکیل‌دهنده و هدررفت خوراک، از بین رفتن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و غیرفعال شدن انواع عوامل ضدتغذیه‌ای توسط حرارت کاندیشنر در طول فرایند پلت کردن نیز می‌توانند در بهبود عملکرد پرنده مؤثر باشند(۳۹). در مطالعه حاضر نیز بهبود شاخص‌های عملکرد رشد در تیمارهای مصرف‌کننده پلت نسبت به خوراک آردی مشاهده گردید.

درمورد مقایسه اثر انواع روش‌های پلت کردن بر عملکرد جوجه‌های گوشتی، به‌ویژه تولید آن به روش سوپرکاندیشنر در مقایسه با سایر روش‌ها، مطالعات زیادی صورت نگرفته است. بااین‌حال نظر به اینکه تفاوت عمده بین روش تهیه پلت سوپرکاندیشنر در مقایسه با روش‌های تولید پلت معمولی و پلت سرد، دمای زیاد کاندیشنر و مدت‌زمان ماندگاری بیشتر خوراک در آن و اضافه کردن مکمل‌ها بعد از عبور از کاندیشنر می‌باشد، نتایج مطالعه حاضر می‌تواند با سایر مطالعات انجام‌شده در ارتباط با اثر دما و زمان کاندیشن شدن بر عملکرد رشد مقایسه شود. در مطالعه Gui و همکاران در سال ۲۰۲۴ افزایش درجه حرارت کاندیشنر از ۶۵ یا ۷۰ به ۸۰ یا ۸۵ درجه سانتی‌گراد، باعث بهبود میانگین افزایش وزن و مصرف خوراک در طول مدت ۲۸ روز پرورش گردیده است(۴۳). در مطالعه دیگری، بهبود ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در اثر مصرف پلت تهیه‌شده در دمای کاندیشنر ۹۲ درجه سانتی‌گراد نسبت به پلت تهیه‌شده در دمای

۷۲ درجه سانتی‌گراد نیز گزارش شده است(۸). یافته‌های مطالعه حاضر نیز تقریباً قابل‌مقایسه با نتایج آنان است. در مطالعه حاضر ضریب تبدیل خوراک پلت‌شده به روش سوپر کاندیشنر در کل دوره پرورش از نظر عددی ۲/۷ درصد کمتر از ضریب تبدیل پلت معمولی و ۵ درصد کمتر از پلت سرد بود که احتمالاً می‌تواند از یک‌سو به دلیل جلوگیری از تخریب مواد مغذی در اثر حرارت و از سوی دیگر بهبود قابلیت هضم مواد آلی باشد. نتایج به‌دست‌آمده از قابلیت هضم ماده خشک و آلی نیز مؤید این موضوع است. بااین‌حال و در مغایرت با نتایج مطالعه حاضر، Perara و همکاران در سال ۲۰۲۱ گزارش کردند مصرف پلت تولیدی در دمای ۸۸ درجه سانتی‌گراد، در مقایسه با دمای ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی را در دوره آغازین رشد جوجه‌های گوشتی کاهش داده است(۴۴). Netto و همکاران نیز تأثیر ۵ دمای کاندیشن ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد را بر عملکرد جوجه‌های گوشتی از ۱ تا ۲۱ روزگی ارزیابی و مشاهده کردند جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌هایی که در دمای ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد کاندیشن شده بودند، در سن ۲۱ روزگی در مقایسه با جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌ای که در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد کاندیشن شده بود، افزایش وزن بدن بهتری داشتند(۱۰). کاهش مصرف خوراک و وزن بدن جوجه‌های گوشتی مصرف‌کننده انواع پلت در اثر افزایش دمای کاندیشنر از ۸۲ به ۸۸ و سپس به ۹۳ درجه سانتی‌گراد توسط Homan و همکاران در سال ۲۰۱۹ نیز گزارش شده است(۴۵). علی‌رغم مشاهده اثرات مثبت یا منفی افزایش دمای کاندیشنر بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی، Rueda و همکاران در سال ۲۰۲۲، مشاهده کردند سطح دمای کاندیشنر تأثیری بر میزان مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌ها از ۱۵ تا ۴۹ روزگی نداشته است (۸). این محققان نتیجه‌گیری کردند به‌طورکلی اثر دمای کاندیشنر بر عملکرد جوجه‌های گوشتی متناقض است و نشان می‌دهد عوامل دیگری مانند ترکیب جیره، اندازه ذرات، سطح چربی، نوع آنزیم، زمان ماندگاری خوراک در کاندیشنر، فشار بخار و مشخصات دای دستگاه پلت می‌توانند بر عملکرد جوجه‌های گوشتی تأثیر بگذارند؛ بنابراین می‌توان اظهار کرد بهبود عملکرد رشد مشاهده‌شده در جوجه‌های تغذیه‌شده با پلت سوپرکاندیشنر در مقایسه با سایر تیمارها، علاوه بر کیفیت فیزیکی پلت، تحت تأثیر عوامل دیگری نیز قرار گرفته است. یکی از محدودیت‌های مطالعه حاضر این است که در روش سوپرکاندیشنر، برخلاف سایر تیمارها بخشی از ترکیبات حساس به حرارت پس از مرحله اصلی کاندیشنینگ اضافه شدند؛ بنابراین نمی‌توان اثر بهبود برخی شاخص‌ها را به‌طور کامل و مستقل به افزایش دما و زمان کاندیشنینگ نسبت داد و احتمال دارد کاهش مواجهه ترکیبات حساس به حرارت با فرایند حرارتی نیز در نتایج مشاهده‌شده نقش داشته باشد. مطالعات آینده با طراحی آزمایشی مناسب و کنترل زمان افزودن این ترکیبات می‌تواند اثر مستقل شدت کاندیشنینگ و زمان افزودن مواد حساس به حرارت را مشخص کنند. علاوه‌براین با وجود بهبود برخی شاخص‌های فیزیکی و تغذیه‌ای در پلت سوپرکاندیشنر، در مطالعه حاضر ارزیابی اقتصادی روش‌های مختلف مورد بررسی قرار نگرفت؛ ازاین‌رو برتری فنی مشاهده‌شده را نمی‌توان لزوماً به معنای برتری اقتصادی این روش تلقی کرد. هزینه سرمایه‌گذاری در تجهیزات، مصرف انرژی، ظرفیت تولید و ارزش اقتصادی بهبود عملکرد جوجه‌ها نیز باید در مطالعات آینده مورد ارزیابی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری نهایی: در مطالعه حاضر پلت کردن خوراک بدون در نظر گرفتن روش مربوطه، منجر به بهبود وضعیت بهداشتی خوراک در مقایسه با گروه آردی شد. پلت کردن خوراک به روش سوپرکاندیشنر منجر به تولید پلت با کیفیت فیزیکی بیشتر شد. اگرچه پلت کردن باعث کاهش معنی‌دار فعالیت فیتاز نسبت به خوراک آردی شد، بخش قابل‌توجهی از فعالیت این آنزیم در پلت تولیدشده به روش سوپرکاندیشنر باقی ماند. در شرایط مطالعه حاضر، پلت تولیدشده به روش سوپرکاندیشنر قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی بیشتری نسبت به خوراک آردی و پلت سرد داشت. درحالی‌که تفاوت آن با پلت معمولی معنی‌دار نبود. همچنین پلت کردن خوراک به روش سوپرکاندیشنر در مقایسه با روش‌های دیگر منجر به بهبود کیفیت پلت تولیدی گردید. تغذیه جوجه‌های گوشتی با خوراک پلت‌شده باعث افزایش مصرف خوراک، افزایش وزن و بهبود ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با خوراک آردی گردید. ضریب تبدیل خوراک پلت شده به روش سوپرکاندیشنر نیز در کل دوره پرورش از نظر عددی کمتر از پلت معمولی و پلت سرد بود. ارزیابی اقتصادی تولید پلت به روش سوپرکاندیشنر و تأثیر آن بر عملکرد رشد در مقایسه با سایر روش‌ها، می‌تواند مزیت احتمالی این روش را مشخص کند.

ملاحظات اخلاقی

مطالعه حاضر با رعایت اصول اخلاقی، هنجارها و استانداردهای ملی برای انجام مطالعات در ایران با شناسه کد اخلاق IR.UT.VETMED.REC.1402.065 انجام شد.

سپاس‌گزاری

از شرکت گهر ناب ورنا در تهیه و تولید انواع پلت برای استفاده در این طرح تشکر می‌گردد.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافعی در ارتباط با این مطالعه وجود ندارد.

References

1. Abdollahi MR, Ravindran V, Wester TJ, Ravindran G, Thomas, DV. 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. Anim Feed Sci Technol. 2010;162(3-4),106-115. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2010.08.017

2. Jim´enez-Moreno E, De Coca-Sinova A, Gonz´alez-Alvarado JM, Mateos GG. Insoluble fiber sources in mash or pellet diets for young broilers. 1. Effects on growth performance and water intake. Poult Sci. 2016;95:41-52. doi: 10.3382/ps/pev309 PMID: 26574033

3. Abdollahi MR, Zaefarian F, Ravindran. V. Feed intake response of broilers: Impact of feed processing. Anim Feed Sci Technol. 2018a;237:154–165. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2018.01.013

4. Abdollahi MR, Zaefarian F. Ravindran V, Selle PH. The interactive influence of dietary nutrient density and feed form on the performance of broiler chickens. Anim Feed Sci Technol. 2018b;239:33–43. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2018.03.005

5. Scott TA, Boldaji F. Comparison of inert markers [chromic oxide or insoluble ash (Celite)] for determining apparent metabolizable energy of wheat-or barley-based broiler diets with or without enzymes. Poult Sci. 1997;76(4):594-598. doi: 10.1093/ps/76.4.594

6. Svihus B, Juvik E, Hetland H, Krogdahl A. Causes for improvement in nutritive value of broiler chicken diets with whole wheat instead of ground wheat. Brit Poult Sci. 2004;45(1):55-60. doi: 10.1080/00071660410001668860 PMID: 15115201

7. Sultana A, Kumar A, Harfield D. Development of agri-pellet production cost and optimum size. Bioresource Technol. 2010;101:5609. doi: 10.1016/j.biortech.2010.02.011 PMID: 20189801

8. Rueda M, Rubio AA, Starkey CW, Mussini, F, Pacheco WJ. Effect of conditioning temperature on pellet quality, performance, nutrient digestibility, and processing yield of broilers. J Appl Poult Res. 2022;31(2):1-8. doi: 10.1016/j.japr.2022.100235 PMID: 36428353

9. Abdollahi, MR, Ravindran V, Svihus B. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. Anim Feed Sci Technol. 2013;179(1-4):1-23. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2012.10.011

10. Netto MT, Massuquetto A, Krabbe EL, Surek D, Oliveira SG, Maiorka A. Effect of conditioning temperature on pellet quality, diet digestibility, and broiler performance. J Appl Poult Res. 2019;28(4):963-973. doi: 10.3382/japr/pfz056

11. Cutlip SE, Hott JM, Buchanan, NP, Rack A.L, Latshaw JD, Moritz JS. The effect of steam-conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value. J Appl Poult Res. 2008;17(2):249-261. doi: 10.3382/japr.2007-00081

12. Goodarzi Boroojeni F, Svihus B, Graf von Reichenbach H, Zentek J. The effects of hydrothermal processing on feed hygiene, nutrient availability, intestinal microbiota and morphology in poultry-A review. Anim Feed Sci Technol. 2016;220:187–215. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.07.010

13. Malekkhahi M, Vyas D, Bazgir A, Bagheri F, Ebdalabadi MN, Razzaghi A. Increased super-conditioning temperature of corn grain affects performance, skeletal growth, and blood metabolites in Holstein dairy calves. J Dairy Sci. 2021;104(12):12486-12495. doi: 10.3168/jds.2021-20858 PMID: 34538495

14. Abadi, MHMG, Moravej H, Shivazad M, Torshizi MAK, Kim WK. Effects of feed form and particle size, and pellet binder on performance, digestive tract parameters, intestinal morphology, and cecal microflora populations in broilers. Poult Sci. 2019b;98(3):1432-1440. doi: 10.3382/ps/pey488 PMID: 30418632

15. Ebtesam B, Salari1 S, Erfanimajd N, Moosavi Fakhr K. Effect of mash and pellet diets containing different sources of fiber on the growth performance and cecal microbial population of broiler chickens. J Livest Sci Tech. 2021;9(1):09-21. doi: 10.22103/jlst.2021.17354.1361

16. Aviagen, R. Ross broiler management handbook. Aviagen Group, Huntsville, AL. 2025;p.51-56.

17. AOAC International. Official methods of analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem. Soc., Champaign, IL. 1990;p.69-84.

18. Behnke, KC. Factors influencing pellet quality. Feed Tech. 2001;5:19-22.

19. Abadi MHMG, Moravej H, Shivazad M, Torshizi MAK, Kim WK. Effect of different types and levels of fat addition and pellet binders on physical pellet quality of broiler feeds. Poult Sci. 2019a;98(10):4745-4754. doi: 10.3382/ps/pez190 PMID: 31002110

20. Lakshmi PJ, Devi PS, Chitturi CMK. Microbiological quality of commercially available poultry feeds from Chittor District. Inter J life Sci Res. 2018;6(4):254-259.

21. Anifowose OR, Bakre AA. Evaluation of fungal contamination in poultry feeds during the rainy season in Ogun State, Nigeria. Alex J Vet Sci. 2021;69(1):107-107.

22. Arotupin DJ, Kayode RM, Awojobi KO. Microbiological and physicochemical qualities of selected commercial poultry feed in Akure, Nigeria. J Biol Sci. 2007;7(6):981-984. doi: 10.3923/jbs.2007.981.984

23. Kim TW, Lei XG. An improved method for a rapid determination of phytase activity in animal feed. J Anim Sci. 2005;83(5):1062-1067. doi: 10.2527/2005.8351062x

24. Fenton T.W, Fenton M. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. Can J Anim Sci. 1979;59(3):631-634. doi: 10.4141/cjas79-081

25. Salahshour A, Vakili R, Nameghi AH. Effect of different conditioning temperatures and times on the pellet quality, performance, intestinal morphology, ileal microbial population, and apparent metabolizable energy in broiler chickens. Braz J Poult Sci, 2023;25:eRBCA-2023. doi: 10.1590/1806-9061-2023-1801

26. dos Santos ROF, Bassi LS, Schramm VG, da Rocha C, Dahlke F, Krabbe EL, et al. Effect of conditioning temperature and retention time on pellet quality, ileal digestibility, and growth performance of broiler chickens. Livest Sci. 2020;240:104110. doi: 10.1016/j.livsci.2020.104110

27. Massuquetto A, Durau JF, Schramm VG, Netto MT, Krabbe EL, Maiorka A. Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. J Appl Poult Res. 2018;27(1):51-58. doi: 10.3382/japr/pfx039

28. Wang Y, Zhao F, Zhang H, Zhang Q, Zhao,W, Sa R, et al. Effects of phytase source and dose on its Stability during pelleting process under different conditioning temperatures. Animals, 2023;13:3741. doi: 10.3390/ani13233741 PMID: 38067092

29. Evans CE, Saensukjaroenphon M, Gebhardt JT, Stark CR, Paulk CB. Effects of conditioning temperature and pellet mill die speed on pellet quality and relative stabilities of phytase and xylanase. Transl Anim Sci. 2021;5(3):txab043. doi: 10.1093/tas/txab043 PMID: 34485831

30. Rezaeian M, Moradi MS, Madani SA. Effects of conditioning methods on the physical and microbiological quality of broiler pelleted feeds. I J Vet Med. 2026;20(4):703-712. doi: 10.22059/ijvm.2025.393395.1005782

31. Pope JT, Fahrenhol, AC. The effect of the level of mixer-added water and mash conditioning temperature on parameters monitored during pelleting and phytase and xylanase thermostability. Anim Feed Sci Technol. 2020;269:114679. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114679

32. Maciorowski KG, Herrera P, Jones FT, Pillai SD, Ricke SC. Effects on poultry and livestock of feed contamination with bacteria and fungi. Anim Feed Sci Technol. 2007;133(1-2):109-136. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.08.006

33. Tabib Z, Jones FT, Hamilton PB. Effect of pelleting of poultry feed on the activity of molds and mold inhibitors. Poult Sci. 1984;63(1):70-75. doi: 10.3382/ps.0630070

34. Boroojeni FG, Vahjen W, Mader A, Knorr F, Ruhnke I, Röhe, I, et al. The effects of different thermal treatments and organic acid levels in feed on microbial composition and activity in gastrointestinal tract of broilers. Poult Sci. 2014;93(6):1440-1452. doi: 10.3382/ps.2013-03763

35. Lapusneanu DM, Simeanu D, Radu-Rusu CG, Zaharia R, Pop, IM. Microbiological assessment of broiler compound feed production as part of the food chain-A case study in a Romanian feed mill. Agriculture, 2023;13:107. doi: 10.3390/agriculture13010107

36. Cox NA, Burdick D, Bailey JS, Thomson JE. Effect of the steam conditioning and pelleting process on the microbiology and quality of commercial-type poultry feeds. Poult Sci. 1986;65(4):704-709. doi: 10.3382/ps.0650704

37. Furuta K, Oku I, Morimoto S. Effect of steam temperature in the pelleting process of chicken food on the viability of contaminating bacteria. Lab Anim. 1980;14(4):293-296. doi: 10.1258/002367780781071139

38. Boltz TP, Boney JW, Shen C, Jaczynski J, Moritz J.S. The effect of standard pelleting and more thermally aggressive pelleting utilizing a hygieniser on feed manufacture and reduction of Enterococcus faecium, a Salmonella surrogate. J Appl Poult Res. 2019;28(4):1226-1233. doi: 10.3382/japr/pfz088

39. Abu MH, Alabi OJ, Jiya EZ. Pellet versus mash: Assessing the impact of feed forms on growth performance, nutrient digestibility, carcass characteristics and health of broiler chickens – A review. Niger J Anim Sci Technol. 2023;6(1):52-64.

40. Svihus B, Zimonja, O. Chemical alterations with nutritional consequences due to pelleting animal feeds: a review. Anim Prod Sci. 2011;51:590–596. doi: 10.1071/AN11004

41. Hernandez JR, Gulizia JP, Vargas JI, Guzman EG, Rochell SJ, Hauck R, et al. Effect of feed form, energy level, and conditioning temperature on broiler performance, feed wastage, and nutrient digestibility from 1 to 21 days-of-age. J Appl Poult Res. 2026;35:100641. doi: 10.1016/j.japr.2025.100641

42. Chewning CG, Stark CR, Brake J. Effects of particle size and feed forms on broiler performance. J Appl Poult Res. 2012;21:830-837. doi: 10.3382/japr.2012-00553

43. Gui WG, Xue JJ, Liu ZL, Lv DY, Chen Y, Luo Y, et al. Effects of feed conditioning temperature on pellet quality, growth performance, intestinal development and blood parameters of geese from 1 to 28 d of age. Poult Sci. 2024;103:103849. doi: 10.1016/j.psj.2024.103849 PMID: 38838588

44. Perera WNU, Abdollahi MR, Zaefarian F, Wester TJ, Ravindran V. High steam conditioning temperature during the pelleting impairs growth performance and nutrient utilization in broiler starters fed barley based diet regardless of carbohydrate supplementation. Poult Sci. 2021;100:101166. doi: 10.1016/j.psj.2021.101166 PMID: 34214745

45. Homan V.B, Boney JW, Moritz JS. Effects of steam conditioning temperatures on commercial phytases and subsequent broiler performance and tibia mineralization. Appl Anim Sci. 2019;35:298–303. doi: 10.15232/aas.2019-01845