
Research Article

Evaluation of the effects of feed physical form and bird density per unit area on performance, blood indices, and intestinal morphology of Arian broiler chickens

Behboud Ghafari¹, Seyed Mohammad Hosseini^{1*}, Seyed Homayoun Farhangfar¹, Ahmad Hasanabadi²

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

2- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, , Mashhad, Iran

*Corresponding author: shosseini@birjand.ac.ir

Received: 28 August 2025

Accepted: 28 November 2025

DOI: 10.60833/ascij.2026.1216189

Abstract

This study investigated the interactive effects of feed form (pellet vs. meal) and stocking density on performance, carcass traits, blood metabolites, liver enzymes, and intestinal morphology in Arian broiler chickens. Results showed that pellet feed significantly improved feed conversion ratio (FCR). Carcass analysis revealed that breast percentage was significantly higher in pellet-fed groups ($p < 0.05$). Relative bursa of Fabricius weight increased with higher density, likely linked to immune system stimulation. Blood parameters indicated higher serum glucose in meal-fed birds ($p < 0.05$), while HDL was strongly influenced by density ($p < 0.05$). GPT enzyme activity increased with higher density ($p < 0.05$), though GOT showed no significant difference. Intestinal morphology assessment demonstrated that pellet feed increased villus length and villus-to-crypt ratio ($p < 0.05$), while high density negatively impacted some tissue indices. Pellet feed consistently improved FCR, weight gain, and intestinal characteristics, indicating enhanced nutrient absorption. Moderate density (15 birds/m²) yielded better growth performance, while higher density (18 birds/m²) positively affected traits like breast percentage and bursa weight but increased GPT, suggesting metabolic stress. Overall, pellet feed mitigated some negative effects of high density.

Keywords: Arian broilers, feed physical form, stocking density, carcass traits, Blood indices, intestinal morphology.



مقاله پژوهشی

ارزیابی اثرات شکل فیزیکی خوراک و میزان تراکم پرنده در واحد سطح، بر عملکرد، شاخص‌های خونی و مورفولوژی روده جوجه‌های گوشتی آرین

بهبود غفاری^۱، سیدمحمد حسینی^{۱*}، سید همایون فرهنگ‌فر^۱، احمد حسن‌آبادی^۲

۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

* مسئول مکاتبات: shosseini@birjand.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۶

DOI: 10.60833/ascij.2026.1216189

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر متقابل شکل فیزیکی خوراک (پلت و آردی) و تراکم پرنده در واحد سطح بر شاخص‌های عملکردی، اجزای لاشه، متابولیت‌های خونی، فعالیت آنزیم‌های کبدی و خصوصیات مورفولوژیک روده در جوجه‌های گوشتی آرین انجام شد. نتایج نشان داد که استفاده از خوراک پلت به‌طور معنی‌داری سبب بهبود ضریب تبدیل غذایی شد. بررسی اجزای لاشه نشان داد که درصد سینه در تیمارهای دریافت‌کننده پلت به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ($p < 0/05$). وزن نسبی بورس فابریسیوس در تراکم بالاتر افزایش یافت که احتمالاً با تقویت سیستم ایمنی مرتبط است. از نظر شاخص‌های خونی، سطح گلوکز سرم در تیمار آردی بالاتر از پلت بود ($p < 0/05$), در حالی که HDL به‌شدت تحت تأثیر تراکم قرار گرفت ($p < 0/05$). فعالیت آنزیم گلوتامیک پیروویک ترانس آمیناز (GPT) با افزایش تراکم افزایش یافت ($p < 0/05$), اما آنزیم گلوتامیک اگزالواستیک ترانس آمیناز (GOT) تفاوت معنی‌داری نداشت. ارزیابی مورفولوژی روده نشان داد که خوراک پلت موجب افزایش طول پرز و نسبت طول پرز به عمق کریپت ($p < 0/05$) گردید، در حالی که تراکم بالا اثر منفی بر برخی شاخص‌های بافتی داشت. استفاده از خوراک پلت، در مقایسه با خوراک آردی، به‌طور مستمر باعث بهبود ضریب تبدیل غذایی، افزایش وزن‌گیری و بهبود ویژگی‌های بافتی روده از جمله افزایش طول پرز و نسبت طول پرز به عمق کریپت شد که این موضوع بیانگر افزایش کارایی جذب مواد مغذی در پرندگان دریافت‌کننده خوراک پلت است. تراکم متوسط (۱۵ قطعه در مترمربع) عملکرد بهتری از نظر رشد و وزن‌گیری نشان داد درحالی‌که تراکم بالاتر (۱۸ قطعه) اگرچه در برخی موارد مانند درصد سینه و وزن بورس اثر مثبت داشت، اما با افزایش آنزیم GPT همراه شد که نشان‌دهنده بروز استرس متابولیکی در شرایط ازدحام بالاتر است. در مجموع، نتایج نشان داد که ترکیب خوراک پلت می‌تواند تا حدودی اثرات منفی تراکم را بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: جوجه گوشتی آرین، شکل فیزیکی خوراک، تراکم پرنده، صفات لاشه، شاخص‌های خونی، مورفولوژی روده.

مقدمه

تغذیه و تراکم پرنده از مهم‌ترین عوامل محیطی هستند که می‌توانند رشد، سلامت و عملکرد فیزیولوژیکی طیور را تحت تأثیر قرار دهند. سلامت سیستم گوارش و شاخص‌های خونی به عنوان معیارهایی کلیدی در ارزیابی وضعیت زیستی جوجه‌های گوشتی، نشان‌دهنده پاسخ بدن به شرایط تغذیه و محیط پرورش هستند. مطالعات نشان داده‌اند که شکل فیزیکی خوراک و تراکم پرنده در واحد	
--	--

سطح، بر مورفولوژی روده، جذب مواد مغذی و پاسخ‌های ایمنی تأثیرگذارند. بررسی این عوامل، نه تنها اطلاعات مهمی در زمینه مدیریت تغذیه و پرورش فراهم می‌کند، بلکه بینش‌های ارزشمندی در زمینه زیست‌شناسی و سلامت جانوری ارائه می‌دهد (۱). با توجه به پیش‌بینی افزایش جمعیت، انتظار می‌رود تقاضا برای گوشت طیور نیز به‌طور مداوم افزایش یابد. در این راستا، تغذیه مناسب و اقتصادی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد و عملکرد طیور شناخته می‌شود؛ به‌طوری‌که برآورد دقیق نیازهای غذایی از جمله انرژی، پروتئین، اسیدهای آمینه، مواد معدنی و ویتامین‌ها، برای دستیابی به حداکثر بهره‌وری الزامی است. یکی از راهبردهای کلیدی در بهینه‌سازی تولید، افزایش بازده در واحد سطح با مدیریت بهینه تراکم پرندهاست. انتخاب تراکم مناسب در واحد سطح، نه تنها می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش سودآوری گردد، بلکه اثر مستقیمی بر سلامت، رفاه و عملکرد رشد پرندگان دارد (۲، ۳). با این حال، افزایش بیش از حد تراکم، پرندگان را در معرض تنش‌های محیطی مانند کمبود فضا، کاهش تهویه، افزایش رقابت برای غذا و در نهایت افت عملکرد قرار می‌دهد (۴). این تنش‌ها معمولاً منجر به افزایش ترشح هورمون کورتیکوسترون شده و پیامدهایی چون تضعیف سیستم ایمنی، اختلال در متابولیسم، تخریب دستگاه گوارش و افزایش حساسیت به بیماری‌ها را در پی دارند (۵). همچنین افزایش سطح کورتیکوسترون می‌تواند باعث کاهش عملکرد بافت روده، از جمله کاهش ارتفاع پرزها و عمق کریپت، و کاهش کارایی جذب مواد مغذی گردد (۶). علاوه بر تراکم، شکل فیزیکی خوراک نیز از عوامل مؤثر بر عملکرد طیور است. خوراک در اشکال مختلف آردی، کرامبل و پلت ارائه می‌شود و هر یک می‌تواند بر مصرف

خوراک، قابلیت هضم، رفتار تغذیه‌ای و ضریب تبدیل غذایی اثرگذار باشد (۷). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که انتخاب شکل خوراک باید متناسب با سن پرند، شرایط محیطی و مدیریت مزرعه صورت گیرد، چراکه هر یک از این اشکال دارای مزایا و محدودیت‌هایی در عملکرد هستند. با توجه به اهمیت دو عامل تراکم و شکل فیزیکی خوراک در پرورش جوجه‌های گوشتی، هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی اثرات متقابل شکل فیزیکی خوراک (آردی و پلت) و سطوح مختلف تراکم (۱۲، ۱۵ و ۱۸ قطعه در مترمربع) بر عملکرد رشد، اجزای لاشه و ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی نژاد آرین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

روش شناسی، تیمارها و جیره‌ی آزمایشی: این آزمایش تحت شرایط تنش ناشی از تراکم جمعیت، ساختار فیزیکی خوراک بررسی شد. در این آزمایش مشخص می‌شود در چه تراکمی و با چه شکل جیره-ای، عملکرد پرندگان شروع به کاهش می‌کند. بدین صورت که با افزایش تراکم انرژی و مواد مغذی جیره سعی می‌شود با اثرات منفی ناشی از افزایش تراکم مقابله شود. این آزمایش به صورت فاکتوریل و مشتمل بر ۲ فاکتور و در قالب یک طرح کاملاً تصادفی اجرا می‌گردد، فاکتورها عبارتند از: ۱- شکل فیزیکی خوراک (آردی و پلت)، ۲- تراکم در واحد سطح (۱۲، ۱۵ و ۱۸ قطعه در متر مربع) بدین ترتیب، تعداد ۳×۲ تیمار وجود خواهند داشت که عبارتند از: ۱- تیمار شاهد (خوراک آردی با تراکم ۱۲ قطعه جوجه در متر مربع)، ۲- تیمار خوراک آردی با تراکم ۱۵ قطعه جوجه در متر مربع، ۳- تیمار خوراک آردی با تراکم ۱۸ قطعه جوجه در متر مربع، ۴- تیمار خوراک پلت با تراکم ۱۲ قطعه جوجه در متر مربع، ۵- تیمار خوراک پلت با تراکم ۱۵ قطعه جوجه در متر مربع و ۶- تیمار خوراک پلت با تراکم ۱۸ قطعه

جوجه در متر مربع. برای هر تیمار، شش تکرار (پن) وجود دارد و در هر تکرار تعداد ۱۲ یا ۱۵ یا ۱۸ قطعه جوجه ی گوشتی نر سویه ی آرین قرار داده می شود. به این ترتیب تعداد کل جوجه‌ها ۵۴۰ قطعه می باشد. جوجه‌ها در روزهای یک، ۱۰، ۲۵ و ۴۲ وزن کشی می شوند.

شاخص‌های مورد بررسی: شامل عملکرد و افزایش وزن بودند. این فراسنجه‌ها از ابتدای دوره تا پایان ۴۲ روزگی به صورت هفتگی و در پایان هر دوره بعد از اعمال ۲ ساعت گرسنگی اندازه‌گیری می‌شود. همچنین در طول دوره آزمایش تعداد تلفات و وزن آن‌ها به همراه مشخصه مربوط به گروه آزمایشی به‌طور دقیق ثبت گردید تا افزایش وزن و خوراک مصرفی جوجه‌های تلف‌شده در طی آزمایش منظور شود. به‌منظور کاهش اثر محتویات دستگاه گوارش چهار ساعت قبل از وزن‌کشی، دان از دسترس جوجه‌ها خارج شد. روز مرغ و افزایش وزن روزانه با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

(تعداد روزهای زنده‌مانی مرغ‌های تلف‌شده) +

(تعداد روزهای دوره × تعداد مرغ زنده در پایان

دوره) = روز مرغ

روزانه افزایش وزن = (وزن زنده کل پرندگان در پایان دوره + وزن تلفات) - وزن زنده کل پرندگان در آغاز دوره / روز مرغ

میزان مصرف خوراک: مصرف خوراک در طی دوره‌های مشخص به دقت طبق فرمول زیر مورد ارزیابی قرار گرفت.

خوراک مصرفی = میزان خوراک دریافتی از ابتدای

دوره - میزان خوراک باقیمانده در پایان دوره / روز

مرغ

ضریب تبدیل خوراک: ضریب تبدیل خوراک طبق فرمول زیر از تقسیم میانگین مصرف خوراک روزانه جوجه‌ها در طول دوره پرورش محاسبه شد.

ضریب تبدیل خوراک = میانگین مصرف خوراک روزانه هر جوجه / میانگین اضافه وزن روزانه هر جوجه

صفات لاشه: در پایان دوره پرورش (۴۲ روزگی)، از هر واحد آزمایشی، دو قطعه جوجه با وزن نزدیک به میانگین گروه و به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از ۱۲ ساعت قطع خوراک، با رعایت اصول بهداشتی و اخلاقی ذبح شدند. پس از تخلیه کامل دستگاه گوارش، لاشه‌ها توزین و قطعه‌بندی شدند. وزن نسبی سینه، ران، قلب، سنگدان، کبد، طحال، بورس فابریسیوس و پانکراس به‌صورت درصدی از وزن زنده ثبت شد. جهت افزایش دقت، اندام‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. کلیه نمونه‌گیری‌ها در شرایط یکسان و توسط یک تیم ثابت انجام شد تا خطای انسانی به حداقل برسد.

شاخص‌های خونی: نمونه‌های خون از ورید بال شش مرغ در هر تیمار جمع‌آوری شد. جداسازی سرم با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰ Rpm و به مدت ۱۵ دقیقه انجام گرفت. مقادیر پروتئین سرم، آلبومین، گلوکز، تری گلیسیرید، کلسترول، HDL و LDL با استفاده از اسپکتوفتومتر اتوآنالایزر مدل A-15 (Bio systems S. A- Costa Brava 30, 08030 Barcelona, Spain) با استفاده از کیت‌های تجاری (پارس آزمون، تهران، ایران) تعیین شد. در نهایت آنزیم‌های کبدی نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

مورفولوژی روده: بلافاصله پس از کشتار، قطعه‌ای از بخش میانی ژژنوم هر پرنده جدا و در محلول فرمالین بافره ۱۰٪ فیکس شد. پس از بافت‌پردازی و تهیه برش‌های ۵ میکرومتری، نمونه‌ها با رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-ئوزین آماده شدند. شاخص‌های بافت‌شناسی شامل طول و عرض پرز، عمق کریپت، ضخامت دیواره روده و نسبت طول پرز به عمق

کریپت با استفاده از میکروسکوپ نوری مجهز به نرم‌افزار تصویربرداری دیجیتال اندازه‌گیری گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها: به‌منظور تجزیه‌ی آماری داده‌های آزمایش اوّل از نرم‌افزار SAS استفاده شد و مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون آماری توکی انجام شد. مدل آماری به صورت زیر است: $Y_{ijk} = \mu + Fi + Dj + (Fi \times Dj) + e_{ijk}$ که Y_{ijk} : متغیر پاسخ است، μ : میانگین مشاهدات، Fi : اثر شکل فیزیکی خوراک (با دو شکل)، Dj : اثر میزان تراکم در واحد سطح (با سه تراکم)، $Fi \times Dj$: اثر متقابل دو طرفه بین دو فاکتور فوق، و e_{ijk} : اثر باقی مانده یا اثر خطای مدل است.

جدول ۱- درصد اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی (جیره پایه)

Table 1. Percentage of components and nutrient composition (basal diet)

Diet components (percentage)	Starter (1-11 days old)	Grower (11-24 days old)	Final (25-42 days old)
Corn	45.93	49.24	54.50
Soybean meal (protein=42%)	44.09	40.13	34.36
Soybean oil (metabolizable energy=8367)	4.54	5.66	6.47
Dicalcium phosphate	1.77	1.57	1.38
Calcium carbonate	1.26	1.15	1.08
Table salt	0.30	0.30	0.30
D-L-methionine	0.37	3.20	0.30
L-lysine-hydrochloride	0.27	0.22	0.22
L-threonine	0.1	0.05	0.03
Vitamin supplement 1	0.25	0.25	0.25
Mineral supplement 2	0.25	0.25	0.25
Sand	0.87	0.87	0.87
Nutrient composition of experimental diets based on NIR analysis of major feed ingredients			
Metabolizable energy (kcal.kg)	3000	3100	3200
Crude protein (%)	23.00	21.500	19.50
Calcium (%)	0.96	0.87	0.79
Available phosphorus (%)	0.48	0.44	0.40
Sodium (%)	0.16	0.16	0.16
Potassium (%)	0.90	0.84	0.76
Chlorine (%)	0.20	0.20	0.21
Digestible methionine (%)	0.67	0.61	0.57
Digestible methionine + cysteine (%)	0.95	0.87	0.80
Digestible lysine (%)	1.28	1.15	1.03
Digestible threonine (%)	0.86	0.77	0.69

1. The vitamin premix supplied the following amounts per kilogram of diet: 12,500 IU vitamin A (retinol), 5,000 IU vitamin D3 (cholecalciferol), 80 mg vitamin E (dl- α -tocopheryl acetate), 2.3 mg vitamin K3 (menadione), 18.3 mg vitamin B1 (thiamine), 6.8 mg vitamin B2 (riboflavin), 5.62 mg vitamin B3 (niacin), 5.18 mg vitamin B5 (pantothenic acid), 8.4 mg vitamin B6 (pyridoxine), 2.2 mg vitamin B9 (folic acid), 0.02 mg vitamin B12 (cyanocobalamin), 0.25 mg vitamin H2 (biotin), and 1,000 mg antioxidant.

2. The mineral premix supplied the following amounts per kilogram of diet: 120 mg manganese (manganese sulfate), 220 mg iron (ferrous sulfate), 110 mg zinc (zinc sulfate), 16 mg copper (copper sulfate), 1.25 mg iodine, and 0.30 mg selenium (sodium selenite).

نتایج

عملکرد: شکل فیزیکی خوراک و تراکم جوجه در واحد سطح بر عملکرد رشد تأثیرگذار بودند. جوجه‌های تغذیه‌شده با خوراک پلت در مقایسه با خوراک آردی، افزایش وزن بیشتری در طول دوره پرورش داشتند و از کارایی تغذیه‌ای بهتری برخوردار بودند. در دوره آغازین، تفاوت بین تیمارها معنی‌دار بود و بیشترین افزایش وزن در تیمار پلت با تراکم هجده قطعه در مترمربع مشاهده شد. در تراکم‌های بالاتر، اگرچه معمولاً کاهش عملکرد انتظار می‌رود، اما خوراک پلت توانست این اثر منفی را تا حد زیادی جبران کند و رشد جوجه‌ها را در سطح مطلوبی حفظ نماید. در مقابل، در تیمارهای دارای خوراک مش، افزایش تراکم باعث کاهش نسبی افزایش وزن و مصرف خوراک شد. نتایج نشان داد خوراک پلت نسبت به خوراک آردی باعث بهبود رشد، افزایش وزن و کاهش ضریب تبدیل غذایی در جوجه‌های گوشتی آراین شد.

صفات لاشه: برخی شاخص‌ها تحت تأثیر معنی‌دار تیمارها قرار گرفتند. درصد قطعه سینه در تیمار پلت با تراکم ۱۸ قطعه در متر مربع به‌طور معنی‌داری بیش از سایر تیمارها بود (۳۱/۸۸ درصد)، بود و تیمار آردی با تراکم ۱۸ جوجه که کمترین مقدار را داشت. در خصوص وزن نسبی پانکراس، تیمار آردی با تراکم ۱۲ جوجه، پایین‌ترین مقدار را نشان داد (۰/۱۴۶ درصد) و تیمار پلت با تراکم ۱۸ جوجه، بیشترین مقدار (۰/۲۳۸ درصد) را داشت، که تفاوت آن نزدیک به حد معنی‌داری آماری بود. وزن نسبی بورس فابریسیوس تحت تأثیر تیمارها به‌طور معنی‌داری تغییر یافت، به‌طوری که بیشترین مقدار مربوط به تیمار پلت با تراکم ۱۸ قطعه (۰/۱۶۶ درصد) مشاهده شد. در مقایسه اثر اصلی شکل فیزیکی خوراک، مصرف خوراک پلت باعث افزایش معنی‌دار درصد سینه و ران در مقایسه با خوراک آردی شد. بورس در جوجه‌هایی که خوراک پلت دریافت کرده بودند به‌طور معنی‌داری بزرگ‌تر بود. سایر اندام‌ها از جمله کبد، طحال، سنگدان و قلب تحت تأثیر معنی‌دار تیمارها قرار نگرفتند.

متابولیت‌های خونی: نتایج حاصل از بررسی متابولیت‌های خونی نشان داد که سطح گلوکز سرم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شکل فیزیکی خوراک قرار گرفت ($p < ۰/۰۵$)، به‌طوری که جوجه‌های تغذیه‌شده با خوراک آردی گلوکز بالاتری نسبت به جوجه‌های تغذیه‌شده با خوراک پلت داشتند. سایر شاخص‌ها شامل پروتئین کل و آلبومین تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نشان ندادند. میزان کلسترول و تری‌گلیسیرید نیز تحت تأثیر هیچ‌یک از عوامل اصلی یا اثر متقابل قرار نگرفت. در مقابل، غلظت HDL به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم قرار گرفت (۰/۰۵).

$p < ۰/۰۵$)، به‌گونه‌ای که بالاترین مقدار در تراکم ۱۸ قطعه در مترمربع و خوراک آردی مشاهده شد. همچنین مقایسه اثرات اصلی نشان داد که شکل فیزیکی خوراک تأثیر معنی‌داری بر HDL و LDL نداشت.

آنزیم‌های کبدی: فعالیت آنزیم آنزیم گلوتامیک پیروویک ترانس آمیناز (GPT) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم جوجه‌ها و اثر متقابل شکل فیزیکی خوراک $\times$ تراکم قرار گرفت ($p < ۰/۰۵$)، در حالی که آنزیم گلوتامیک اگزالواسیتیک ترانس آمیناز (GOT) در هیچ‌یک از تیمارها تغییر معنی‌داری نداشت. به‌طور کلی، افزایش تراکم از ۱۲ به ۱۸ قطعه در مترمربع منجر به افزایش معنی‌دار سطح سرمی GPT گردید. شکل فیزیکی خوراک (آردی یا پلت) به‌تنهایی اثر معنی‌داری بر سطوح سرمی GPT و GOT نداشت، هرچند در سطوح بالای تراکم، هر دو نوع خوراک با افزایش GPT همراه بودند.

مورفولوژی روده: نتایج ساختار بافتی روده نشان داد که شکل فیزیکی خوراک و تراکم واحد سطح هر دو اثر قابل توجهی بر شاخص‌های مورفولوژیک روده داشتند. طول پرز، عرض پرز، عمق کریپت، ضخامت و نسبت طول پرز به عمق کریپت همگی تحت تأثیر تیمارها قرار گرفتند ($p < ۰/۰۵$). در مقایسه اثر اصلی شکل خوراک، جوجه‌های تغذیه‌شده با خوراک پلت دارای طول پرز و نسبت طول پرز به عمق کریپت بالاتر بودند که نشان‌دهنده بهبود سطح جذب و کارایی روده است. اثر اصلی تراکم نشان داد که تراکم‌های بالاتر تأثیر منفی بر خصوصیات عمق کریپت و ضخامت دارد. سایر شاخص‌ها تحت تأثیر تراکم قرار نگرفتند. خوراک پلت بیشتر موجب بهبود شاخص‌های جذبی روده (طول پرز و نسبت طول پرز به عمق کریپت) شد.

جدول ۲- اثر شکل فیزیکی خوراک و تراکم سطح بر مصرف خوراک جوجه گوشتی نژاد آرین

Table 2- Effect of feed physical form and surface density on feed intake of Arian broiler chickens

Treatment	Feed intake			
	1-10 days	11-24 days	25-42 days	1-42 days
Interaction				
Control treatment	41.24 a	106.03	168.77	105.35
Mash feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	37.73 c	109.95	166.39	104.69
Mash feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	39.06 b	105.15	171.76	105.32
Pellet feed treatment with a density of 12 chicks per square meter	38.90 b	108.61	150.21	99.24
Pellet feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	38.58 cb	111.71	158.95	103.08
Pellet feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	38.68 cb	110.16	160.10	102.98
SEM	0.256	2.155	3.17	1.630
P-Value	<.0001	0.2537	0.7999	0.1062
Main effect of physical form of feed				
Mash feed	39.3417 a	107.043	76.035	105.118 a
Pellet feed	38.7194 b	110.160	74.082	101.767 b
SEM	0.148	1.244	1.833	0.941
P-Value	0.0058	0.0867	0.4571	0.0174
Main effect of density				
Density of 12 chicks per square meter	40.0700 a	107.321	75.728	102.293
Density of 15 chicks per square meter	38.1558 c	110.830	73.53	103.885
Density of 18 chicks per square meter	38.8658 b	107.653	75.910	104.150
SEM	0.1814	1.524	2.245	1.153
P-Value	<.0001	0.2157	0.7103	0.4772

^{abc} Different letters above each column number indicate statistical differences between means ($p < 0.05$).

جدول ۳- اثر شکل فیزیکی خوراک و تراکم سطح بر وزن‌گیری جوجه گوشتی نژاد آرین

Table 3- Effect of feed physical form and surface density on weight gain of Arian broiler chickens

Treatment	Weight gain			
	1-10 days	11-24 days	25-42 days	1-42 days
Interaction				
Control treatment	21.38 a	53.51	75.08 ab	49.99
Mash feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	18.93 c	58.62	76.16 ab	51.24
Mash feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	20.27 b	57.56	76.86 a	51.56
Pellet feed treatment with a density of 12 chicks per square meter	21.18 b	60.23	76.37 b	52.59
Pellet feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	21.38 cb	64.76	70.91 ab	52.35
Pellet feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	22.33 cb	62.60	74.96 ab	53.30
SEM	0.25	2.15	4.72	1.63
P-Value	<.0001	0.2537	0.0358	0.1062
Main effect of physical form of feed				
Mash feed	32.341 a	82.043	168.97 a	94.453 a
Pellet feed	31.7194 b	85.160	156.422 b	91.099 b
SEM	0.1481	1.244	2.72	0.94
P-Value	0.0058	0.0867	0.0028	0.0174
Main effect of density				
Density of 12 chicks per square meter	33.0700 a	82.321	159.492	91.627
Density of 15 chicks per square meter	31.1558 c	85.830	162.670	93.220
Density of 18 chicks per square meter	31.8658 b	82.653	165.930	93.482
SEM	0.18146	1.52423	3.341	1.15331
P-Value	<.0001	0.2157	0.4064	0.4774

جدول ۴- اثر شکل فیزیکی خوراک و تراکم سطح بر ضریب تبدیل خوراک جوجه گوشتی نژاد آرین

Table 4- Effect of feed physical form and surface density on feed conversion ratio of Arian broiler chickens

Treatment	Feed conversion ratio			
	1-10 days	11-24 days	25-42 days	1-42 days
Interaction				
Control treatment	1.93 ab	1.99 a	2.27	2.12 a
Mash feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	2.00 a	1.88 ab	2.19	2.05 ab
Mash feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	1.93 ab	1.83 ab	2.24	2.04 ab
Pellet feed treatment with a density of 12 chicks per square meter	1.84 cb	1.81 ab	1.98	1.89 b
Pellet feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	1.81 cb	1.73 b	2.26	1.97 ab
Pellet feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	1.73 c	1.76 ab	2.16	1.93 b
SEM	0.0355	0.0571	0.09	0.041
P-Value	0.0002	0.0399	0.2841	0.0059
Main effect of physical form of feed				

Mash feed	1.95167 a	1.90228 a	2.2364	2.068 a
Pellet feed	1.79550 b	1.76628 b	2.131	1.930 b
SEM	0.020	0.0329	0.0553	0.0240
P-Value	<.0001	0.0066	0.1910	0.0003
Main effect of density				
Density of 12 chicks per square meter	1.885	1.899	2.126	2.00
Density of 15 chicks per square meter	1.904	1.806	2.223	2.00
Density of 18 chicks per square meter	1.831	1.797	2.202	1.988
SEM	1.885	0.040	0.0678	0.029
P-Value	0.1226	0.1585	0.5691	0.8979

جدول ۵- اثر شکل فیزیکی خوراک و تراکم سطح بر صفات لاشه جوجه گوشتی نژاد آرین

Table 5- Effect of feed physical form and surface density on carcass traits of Arian broiler chickens

Treatment	Breast	thigh	pancreas	liver	spleen	bursa	gizzard	heart
Interaction								
Control treatment	28.328 ab	27.293	0.175 ab	2.246	0.106	0.089 ab	1.593	0.521
Mash feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	26.829 ab	26.058	0.168 ab	2.525	0.103	0.115 ab	1.539	0.429
Mash feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	24.858 b	25.309	0.146 b	2.845	0.109	0.062 b	1.558	0.487
Pellet feed treatment with a density of 12 chicks per square meter	26.975 ab	24.605	0.198 ab	2.254	0.094	0.082 ab	1.505	0.434
Pellet feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	31.883 a	29.498	0.238 a	2.299	0.098	0.074 b	1.407	0.425
Pellet feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	27.868 ab	24.585	0.171 ab	2.431	0.087	0.166 a	1.361	0.400
SEM	1.30	1.62	0.02	0.21	0.01	0.0210	0.10	0.04
P-Value	0.0086	0.1691	0.0634	0.2762	0.8933	0.023	0.4747	0.3688
Main effect of physical form of feed								
Mash feed	26.5667 b	24.834 b	0.17167	2.3278	0.09389	0.07278 b	1.42444	0.41944
Pellet feed	29.0133 a	27.616 a	0.19389	2.5394	0.10667	0.12222 a	1.56333	0.48000
SEM	0.6901	0.844	0.0118	0.1149	0.0080	0.0120	0.054	0.0247
P-Value	0.0178	0.0268	0.1944	0.2029	0.2681	0.0070	0.0808	0.0935
Main effect of density								
Density of 12 chicks per square meter	27.652	26.302	0.16083	2.2492	0.10167	0.07583	1.54833	0.47667
Density of 15 chicks per square meter	27.348	25.332	0.18250	2.4125	0.10083	0.09750	1.47333	0.42750
Density of 18 chicks per square meter	28.370	27.043	0.20500	2.6392	0.09833	0.11917	1.46000	0.44500
SEM	0.8451	1.0347	0.0144	0.1408	0.0098	0.0147	0.0665	0.0302
P-Value	0.6835	0.5106	0.1156	0.1621	0.9692	0.1345	0.6046	0.5154

جدول ۶- اثر شکل فیزیکی خوراک و تراکم سطح بر شاخص های خونی جوجه گوشتی نژاد آرین

Table 6- Effect of feed physical form and surface density on blood indices of Arian broiler chickens

Treatment	Glucose	total protein	albumin	cholesterol	triglycerides	HDL	LDL
Interaction							
Control treatment	253.24	3.02	3.07	159.53	125.42	44.83cb	69.50
Mash feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	222.43	3.02	3.12	134.67	112.21	42.07c	58.33
Mash feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	226.75	3.06	3.05	122.75	100.33	50.19a	53.33
Pellet feed treatment with a density of 12 chicks per square meter	203.54	2.97	2.94	145.10	125.78	44.75cb	59.67
Pellet feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	211.80	3.04	2.92	133.87	76.10	44.87cb	57.00
Pellet feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	220.42	3.06	3.09	136.68	80.49	46.69b	59.33
SEM	12.271	0.1799	0.1614	9.2689	15.746	0.6912	4.5416
P-Value	0.1218	0.9993	0.9360	0.1431	0.1258	<.0001	0.2481
Main effect of physical form of feed							
Mash feed	234.14a	3.0322	3.0767	138.983	112.65	45.6972	60.389
Pellet feed	211.92b	3.0239	2.9817	138.550	94.12	45.4344	58.667
SEM	7.085	0.103	0.093	5.351	9.091	0.399	2.622
P-Value	0.0343	0.9551	0.4768	0.9547	0.1599	0.6449	0.6457
Main effect of density							

Density of 12 chicks per square meter	228.39	2.9942	3.0017	152.317	125.60	43.4692c	64.583
Density of 15 chicks per square meter	217.11	3.0308	3.0208	134.267	94.15	45.7600b	57.667
Density of 18 chicks per square meter	223.59	3.0592	3.0650	129.717	90.41	47.4683a	56.333
SEM	8.677	0.127	0.114	6.554	11.134	0.488	3.211
P-Value	0.6573	0.9366	0.9225	0.0496	0.0642	<.0001	0.1669

جدول ۷- اثر شکل فیزیکی خوراک و تراکم سطح بر آنزیم های کبدی جوجه گوشتی نژاد آرین

Table 7- Effect of feed physical form and surface density on liver enzymes of Arian broiler chickens

Treatment	GPT	GOT
Interaction		
Control treatment	9.89ab	134.49
Mash feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	10.91ab	154.89
Mash feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	12.12a	164.81
Pellet feed treatment with a density of 12 chicks per square meter	8.48b	140.62
Pellet feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	8.78b	158.54
Pellet feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	9.95ab	155.41
SEM	0.577	17.632
P-Value	0.0011	0.8274
Main effect of physical form of feed		
Mash feed	10.2650	151.40
Pellet feed	9.7778	151.53
SEM	0.333	10.180
P-Value	0.3101	0.9929
Main effect of density		
Density of 12 chicks per square meter	9.9200b	137.56
Density of 15 chicks per square meter	8.6283b	156.72
Density of 18 chicks per square meter	11.5158a	160.11
SEM	0.408	12.468
P-Value	0.0001	0.3976

جدول ۸- اثر شکل فیزیکی خوراک و تراکم سطح بر مورفولوژی روده جوجه گوشتی نژاد آرین

Table 8- Effect of feed physical form and surface density on intestinal morphology of Arian broiler chickens

Treatment	Villus length (μm)	Villus width (μm)	Crypt depth (μm)	Thickness Villus (μm)	Villus length/Crypt depth
Interaction					
Control treatment	801.60cb	158.40ab	96.00a	142.80c	8.35bc
Mash feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	602.40cd	140.40d	69.20bc	176.40ab	6.96ab
Mash feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	655.20e	124.40cd	83.20c	134.80b	7.88c
Pellet feed treatment with a density of 12 chicks per square meter	880.80a	124.40bc	95.60a	134.80b	9.22a
Pellet feed treatment with a density of 15 chicks per square meter	602.40ab	167.60a	69.20ab	181.60ab	6.96a
Pellet feed treatment with a density of 18 chicks per square meter	692.00de	163.20ab	83.60c	192.40a	8.28bc
SEM	16.806	2.742	1.375	5.050	0.176
P-Value	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Main effect of physical form of feed					
Mash feed	703.07b	148.133b	84.933b	162.267b	8.2758b
Pellet feed	840.93a	162.000a	94.533a	180.133a	8.9014a
SEM	9.703	1.583	0.794	2.915	0.101
P-Value	<.0001	<.0001	<.0001	0.0002	0.0002
Main effect of density					
Density of 12 chicks per square meter	781.80	154.000	89.600ab	179.000a	8.5055
Density of 15 chicks per square meter	786.40	156.800	87.600b	180.000a	8.7512
Density of 18 chicks per square meter	747.80	154.400	92.000a	154.600b	8.5091
SEM	11.884	1.939	0.972	3.571	0.124
P-Value	0.0611	0.5516	0.0140	<.0001	0.2986

بحث

بهبود عملکرد ناشی از مصرف پلت، می‌تواند به عوامل مختلفی مانند افزایش قابلیت هضم مواد مغذی، کاهش ضایعات خوراک و یکنواختی بیشتر مصرف آن مرتبط باشد. این بهبود، ناشی از فرآیند فشرده‌سازی و فرآوری در پلت کردن است (۷؛ ۸). همچنین، تراکم بالاتر در شرایط محیطی مطلوب، با تحریک رفتار رقابتی و افزایش تحرک، می‌تواند کارایی استفاده از خوراک را بهبود بخشد (۹). مطالعه حاضر نشان داد که تأثیر شکل فیزیکی خوراک در تراکم‌های بالاتر، مؤثرتر و مشهودتر است. مطالعات پیشین نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. پژوهش‌های Abdollahi و همکاران (۷) و Choct و همکاران (۱۰) تأکید می‌کنند که خوراک پلت، با افزایش یکنواختی، کاهش انتخاب‌گری و بهبود فراهمی مواد مغذی، می‌تواند عملکرد رشد را ارتقا دهد. همچنین، Dozier و همکاران (۳) نشان دادند که تراکم‌های نسبتاً بالا، در صورت وجود شرایط محیطی مناسب، لزوماً اثر منفی بر عملکرد ندارند و حتی ممکن است کارایی مصرف خوراک را افزایش دهند. بر اساس پژوهش حاضر، استفاده از خوراک پلت در کنار تراکم بالاتر (۱۸ قطعه در مترمربع)، راهکاری مؤثر برای بهبود ضریب تبدیل غذایی در واحدهای پرورش جوجه گوشتی است، مشروط بر اینکه شرایط مدیریتی مانند تهویه، بستر و کیفیت خوراک به‌درستی کنترل شود. پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری با رویکرد بررسی تأثیر این تیمارها بر سایر شاخص‌های فیزیولوژیکی، رفتاری و کیفیت لاشه انجام شود تا جامعیت یافته‌ها افزایش یابد. به‌طور کلی، خوراک پلت، به‌ویژه در تراکم بالاتر، باعث بهبود ضریب تبدیل خوراک شد، در حالی که خوراک آردی در تراکم پایین‌تر، موجب افزایش مصرف خوراک بدون بهبود قابل‌توجه وزن‌گیری گردید. این نتایج، مؤید نقش شکل فیزیکی خوراک

در بهینه‌سازی کارایی رشد هستند. در پژوهشی که با استفاده از سه ساختار فیزیکی خوراک (کرامبل، پلت و آردی) انجام شد، جوجه‌های مصرف‌کننده خوراک کرامبل و پلت، مصرف خوراک بیشتری نسبت به آردی داشتند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (۱۱). همچنین، Jimenez-Moreno و همکاران (۱۲) در مطالعه‌ای بر روی اثر ساختار فیزیکی خوراک و افزودن فیبر نامحلول به جیره جوجه‌های گوشتی از ۱ تا ۲۱ روزگی، مشاهده کردند که استفاده از جیره پلت موجب افزایش مصرف خوراک گردید. هنگامی که خوراک توسط پرنده مصرف می‌شود، ساختار پلت در دستگاه گوارش بلافاصله شکسته می‌شود. از آنجایی که در پلت، ذرات به هم می‌چسبند و دانه‌های واحد را تشکیل می‌دهند، می‌توان اندازه ذرات را ریزتر از ذرات آردی در نظر گرفت (۹). ذرات ریز در سنگدان کمتر از ذرات درشت نگهداری می‌شوند (۷) و بنابراین، بدون اینکه به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر عملکرد ماهیچه‌ای سنگدان قرار گیرند، به سرعت به سمت روده کوچک حرکت می‌کنند (۹). این امر باعث افزایش مصرف اختیاری خوراک می‌شود، زیرا بخش‌های بالایی دستگاه گوارش سریع‌تر تخلیه شده و کمپلکس پیش معده-سنگدان غیرفعال می‌شود (۱۳). Feddes و همکاران (۱۴) با استفاده از چهار سطح تراکم (۱۱، ۱۴، ۱۷، ۱۹ و ۲۲، ۲۵، ۲۸، ۳۱، ۳۴، ۳۷، ۴۰، ۴۳، ۴۶، ۴۹ و ۵۲) پرنده در متر مربع) در پرورش جوجه‌های گوشتی، بیان کردند که افزایش تراکم تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک نداشت. همچنین، پرندگان تغذیه‌شده با خوراک پلت، در مقایسه با خوراک آردی، افزایش وزن بالاتری در تمام دوره‌های پرورش نشان دادند Nabi و همکاران (۱۵) نیز در پژوهشی، افزایش وزن جوجه گوشتی را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ساختار فیزیکی خوراک دانستند. جیره پلت، وزن

زنده و مصرف خوراک را نسبت به خوراک آردی به میزان قابل‌توجهی افزایش داد. افزایش وزن با خوراک پلت، ممکن است به دلیل افزایش غلظت مواد مغذی در جیره‌های پلت‌شده نسبت به جیره‌های آردی و تکنیک‌های فرآوری (۱۶) باشد که باعث تغییرات شیمیایی در خوراک حین پلت‌سازی می‌شود. این تغییرات شامل ژلاتینه شدن نشاسته، لیگنین‌زدایی، افزایش قابلیت هضم غذا، عدم فعالیت باکتری‌ها، شکسته شدن باندهای دی‌سولفیدی در پروتئین و دناتوره شدن، افزایش تأثیر آنزیم‌های هضمی و از بین رفتن برخی ممانعت‌کننده‌ها در حین فرآوری است. از طرفی، افزایش مصرف خوراک نیز دلیل مهمی در افزایش وزن پرندگان تغذیه‌شده با پلت در پژوهش حاضر می‌باشد. Abdollahi و همکاران (۷) نیز گزارش کردند که احتمال دارد در پرندگانی که از خوراک پلت تغذیه می‌کنند، مصرف پروتئین با قابلیت هضم بیشتر، باعث افزایش وزن زنده شود. Galobart و Moran (۱۷) در پژوهشی با استفاده از خوراک آردی و پلت در جوجه‌های گوشتی، تفاوت عمده‌ای در میزان رشد بین پرندگان تغذیه‌شده با خوراک آردی و پلت مشاهده نکردند. این نتایج با یافته‌های Buijs و همکاران (۱۸) که تفاوت معنی‌داری در وزن بدن پرندگان پرورش‌یافته در تراکم بالا مشاهده نکردند، مطابقت دارد. اما با یافته‌های Feddes و همکاران (۱۴) که گزارش کردند بالاترین وزن مربوط به تیمار با تراکم ۱۴۰۳ و کمترین وزن مربوط به تیمار با تراکم ۲۳۰۸ پرنده بر متر مربع است، همخوانی ندارد. Toroghian و Vakili (۱۹) در پژوهشی با استفاده از ساختار فیزیکی خوراک بر عملکرد جوجه‌های گوشتی، نشان دادند که در کل دوره، با مصرف خوراک‌های پلت و کرامبل، ضریب تبدیل خوراک به‌طور معنی‌داری بهبود یافت. مهم‌ترین دلیل بهبود عملکرد با مصرف جیره کرامبل و پلت، می‌تواند

صرف انرژی کمتر برای خوردن و استراحت بیشتر باشد. تغییرات شیمیایی در اثر وجود فشار و بخار حین فرآیند پلت‌سازی، باعث می‌شود مواد ضد تغذیه‌ای موجود در خوراک از بین بروند و پروتئین و انرژی بیشتری در دسترس قرار گیرد (۱۱). Chehraghi و همکاران (۲۰) در مطالعه‌ای با استفاده از سه ساختار فیزیکی خوراک (کرامبل، پلت و آردی)، مشاهده کردند که بالاترین مصرف خوراک در تیمارهای مصرف‌کننده خوراک پلت صورت گرفت، اما ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر معنی‌دار ساختار فیزیکی خوراک قرار نگرفت. Abudabos و همکاران (۲۱) نیز با بررسی اثر سه سطح مختلف تراکم ۲۸، ۳۷ و ۴۰ کیلوگرم وزن نهایی پرنده بر متر مربع) بر عملکرد و رفاه جوجه‌های گوشتی، نشان دادند که تراکم بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی اثر معنی‌داری نداشت، که همسو با نتایج پژوهش حاضر است. بر اساس نتایج، بیشترین درصد سینه مربوط به خوراک پلت بود که نشان‌دهنده عملکرد بهتر جیره پلت‌شده است. بهبود عملکرد سینه با خوراک پلت، ممکن است به دلیل افزایش دسترسی به پروتئین در خوراک پلت‌شده باشد. Rezaeipour و Gazani (۲۲) اثر ساختار فیزیکی خوراک، اندازه ذرات و افزودن مکمل ال-ترئونین به جیره را بر برخی خصوصیات لاشه مانند سینه، ران، کبد، پانکراس، قلب و طول روده در جوجه گوشتی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تنها وزن کبد با مصرف خوراک پلت افزایش و وزن سنگدان با خوراک پلت کاهش یافت، در حالی که ساختار فیزیکی خوراک سایر خصوصیات لاشه را تحت تأثیر قرار نداد. Zhao و همکاران (۲۳) اثر سه سطح تراکم (۵۰، ۷۰ و ۹۰ پرنده در ۴ متر مربع) را بر اجزای لاشه جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار دادند. تنها عملکرد ران در تراکم متوسط معنی‌دار بود و بیشترین

وزن را نسبت به دو گروه دیگر به خود اختصاص داد. اثر تراکم بر سایر خصوصیات لاشه معنی‌دار نبود (۲۴). در این مطالعه اندازه بورس فابریسیوس در پرندگانی که با جیره پلت تغذیه شدند، بزرگ‌تر از گروه تغذیه‌شده با جیره آردی بود. این یافته می‌تواند به بهبود وضعیت تغذیه‌ای و دسترسی یکنواخت‌تر پرندگان به مواد مغذی در جیره پلت نسبت داده شود. پلت‌سازی علاوه بر کاهش انتخابی‌خوری و هدررفت خوراک، منجر به افزایش مصرف واقعی خوراک و بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شود که در نهایت می‌تواند به رشد بهتر اندام‌های لنفوییدی از جمله بورس منجر گردد (۲۵). بزرگ‌تر بودن بورس در گروه پلت احتمالاً نشان‌دهنده توسعه مناسب‌تر سیستم ایمنی هومورال و تکامل بهتر لنفوسیت‌های B است. با این حال، افزایش بیش از حد اندازه بورس ممکن است همیشه به معنای بهبود ایمنی نباشد و می‌تواند بازتابی از تحریک بیشتر سیستم ایمنی در اثر تفاوت‌های تغذیه‌ای نیز باشد در مجموع، این نتایج نشان می‌دهد که فرم فیزیکی خوراک نقش مهمی در رشد و تکامل اندام‌های ایمنی پرندگان ایفا می‌کند (۲۵). خوراک آردی معمولاً به دلیل سطح تماس بیشتر با آنزیم‌های گوارشی موجب آزادسازی سریع‌تر گلوکز در خون می‌شود، در حالی که خوراک پلت به دلیل فشردگی و ساختار متفاوت، هضم آهسته‌تر و پاسخ گلوکز پایین‌تری ایجاد می‌کند. از سوی دیگر، بررسی پروفایل لیپیدی نشان داد که میزان HDL در تراکم بالای پرورش بیشتر از تراکم پایین بود. به نظر می‌رسد استرس ناشی از تراکم بالا با تغییر در متابولیسم لیپیدها و افزایش فعالیت کبدی می‌تواند سطح HDL را تحت تأثیر قرار دهد. این تغییرات ممکن است نقش جبرانی برای بهبود حمل و نقل کلسترول در شرایط استرس‌زا داشته باشد. با این حال، سازوکارهای دقیق این پدیده نیازمند مطالعات بیشتر

است تا ارتباط میان تراکم پرورش، استرس فیزیولوژیک و تغییرات در متابولیسم انرژی و لیپیدها به‌طور کامل روشن گردد (۲۶). در مطالعه حاضر با افزایش تراکم پرورش، میزان آنزیم GPT (ALT) افزایش یافت. این یافته نشان می‌دهد که تراکم بالاتر می‌تواند با ایجاد استرس متابولیکی و فیزیولوژیک، عملکرد طبیعی کبد را تحت تأثیر قرار دهد. افزایش تراکم معمولاً با کاهش کیفیت هوا، محدودیت فضایی، رقابت برای خوراک و آب و در نتیجه استرس اکسیداتیو همراه است که همگی می‌توانند منجر به آسیب سلولی در بافت کبد شوند. بالا رفتن سطح GPT به عنوان یک شاخص بیوشیمیایی، نشانگر آسیب به سلول‌های کبدی و نشت این آنزیم به جریان خون است (۲۷). در شرایط استرس‌زای ناشی از تراکم بالا، کبد به عنوان ارگان اصلی در متابولیسم انرژی و سم‌زدایی تحت فشار بیشتری قرار می‌گیرد و این موضوع می‌تواند توضیح‌دهنده افزایش سطوح سرمی GPT باشد. بنابراین، افزایش این آنزیم در پرندگان پرورش‌یافته در تراکم بالا، می‌تواند به عنوان یک هشدار برای اختلال در سلامت کبد و کاهش رفاه حیوان در نظر گرفته شود (۲۷). طول و عرض پرزهای روده و عمق کریپت با افزایش اندازه ذرات خوراک و همچنین در پرندگانی که خوراک پلت دریافت کردند نسبت به جوجه‌هایی که خوراک آردی دریافت کردند افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد اندازه ذرات و شکل فیزیکی خوراک بر ساختارهای میکروسکوپی روده کوچک اثرگذار هستند (۲۸). خوراک بر پایه ذرت و گندم با ذرات درشت، ارتفاع و تعداد پرزها را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد (۲۹). به‌طور مشابه، ذرت آسیاب‌شده درشت (۸ میلی‌متر) در مقایسه با ذرت ریز (۲ میلی‌متر) ارتفاع پرز، عمق کریپت دئودنوم را در جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با خوراک پلت در ۲۰ روز اول افزایش داد،

نتیجه‌گیری

خوراک پلت به‌ویژه در تراکم‌های متوسط (۱۵ قطعه در مترمربع) می‌تواند ترکیب بهینه‌ای برای دستیابی به بیشترین بهره‌وری و بهبود عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی آراین باشد. هرچند تراکم بالاتر از حد استاندارد اثر منفی شدید بر اجزای لاشه نداشت، اما با افزایش فشار متابولیکی و تغییرات آنزیم‌های کبدی همراه بود که در مدیریت عملی مزارع باید مورد توجه قرار گیرد.

منابع

1. Petracci M, Mudalal S, Soglia F, Cavani C. Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World's Poult Sci J.* 2015;71:363-374.
2. Puron D, Santamaria RE, Segaura JC, Alamilla JL. Broiler performance at different stocking densities. *J Appl Poult Res.* 1995;4:55-60.
3. Dozier WA, Thaxton JP, Branton SL, Morgan GW, Miles DM, Roush WB, McMurtry JP. Stocking density effects on growth performance and processing yields of heavy broilers. *Poult Sci.* 2005;84:1332-1338.
4. Lin H, Sui S, Jiao H, Buyse J, Decuypere E. Impaired development of broiler chickens by stress mimicked by corticosterone exposure. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 2006;143:400-405.
5. Yang J, Liu L, Sheikahmadi A, Wang Y, Li C, Jiao H, et al. Effects of corticosterone and dietary energy on immune function of broiler chickens. *PLoS ONE.* 2015;10(3):e0119750.
6. Quinteiro-Filho WM, Ribeiro ALM, Ferraz-de-Paula V, Pinheiro MLM, Sakai M, Sá LRM, et al. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poult Sci.* 2010;89:1905-1914.
7. Abdollahi MR, Ravindran V, Svihus B. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. *Anim Feed Sci Tech.* 2013;179(1-4):1-23.
8. Svihus B, Kløvstad KH, Perez VM, Zimonja O, Sahlström S, Schuller RB, et al. Physical and

بدون آنکه تغییری در ژژنوم ایجاد شود (۳۰). بلندترین پرز دئودنوم در جوجه‌های گوشتی مشاهده شد که با جیره ذرت-سویا حاوی ۴٪ پوسته سویا با ذرات درشت (۶۰۰ میکرومتر) تغذیه شدند، در حالی که گروهی که ۸٪ سلولز ریز (۱۰۰ میکرومتر) دریافت کردند کمترین ارتفاع پرز ژژنوم را داشتند (۳۱). ارتفاع طولانی‌تر پرزها، سطح لومن بیشتری برای جذب مواد مغذی فراهم می‌کند. ذرات ریز خوراک می‌توانند مورفولوژی روده را تغییر داده و عملکرد و ترشح آنزیم‌های گوارشی و در نتیجه قابلیت هضم خوراک را تحت تأثیر قرار دهند (۳۲). در مطالعه حاضر، جوجه‌های تغذیه‌شده با خوراک پلت، طول پرز و نسبت طول پرز به عمق کریپت بالاتری نشان دادند، که نشان‌دهنده پاسخ عمومی ظرفیت جذب و هضم به بار بهتر مواد مغذی در جوجه‌های دریافت‌کننده خوراک پلت است. هر چه پرزها بلندتر باشند، سطح فعال روده بیشتر شده و ترشح آنزیم‌های روده افزایش می‌یابد، که منجر به بهبود عملکرد هضم و جذب روده‌ای می‌شود. یافته‌های ما با مطالعات قبلی در جوجه‌های گوشتی (۳۲) مطابقت دارد که شکل خوراک و اندازه ذرات بر مورفولوژی روده و عملکرد جذب مواد مغذی اثر قابل توجهی دارند. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که تراکم بالای پرورش تأثیرات منفی بر توسعه‌ی روده دارد. Shakeri و همکاران (۳۳) گزارش کردند که تراکم بالای پرورش باعث کاهش طول پرزهای دئودنوم شده اما تأثیری بر عمق کریپت دئودنوم در جوجه‌های گوشتی نداشته است. Yin و همکاران (۳۴) دریافتند که تراکم بالای پرورش طول و وزن نسبی ژژنوم و ایلئوم را کاهش داده و در نتیجه منجر به تأخیر در رشد روده کوچک می‌شود. بنابراین، تراکم بالای پرورش می‌تواند به طور منفی بر توسعه روده تأثیرگذار باشد که هم راستا با نتایج مطالعه‌ی حاضر است.

- effects on broiler welfare: Identifying sensitive ranges for different indicators. *Poult Sci.* 2009; 88(8):1536-1543.
19. Toroghian M, Vakili R. The effect of physical form of feed on performance and nutritional behaviors in broilers. *Iran J Anim Sci Res.* 2014;6(4):359-364.
20. Chehraghi M, Zakeri A, Taghinejad-Roudbaneh M. Effects of different feed forms on performance in broiler chickens. *Eur J Exp Biol.* 2013;3(4):66-70.
21. Abudabos AM, Samara EM, Hussein EO, Al-Ghadi MA, Al-Atiyat RM. Impacts of stocking density on the performance and welfare of broiler chickens. *Ital J Anim Sci.* 2013;12(1):e11.
22. Rezaei pour V, Gazani S. Effects of feed form and feed particle size with dietary L-threonine supplementation on performance, carcass characteristics and blood biochemical parameters of broiler chickens. *J Anim Sci Technol.* 2014;56(1):20.
23. Zhao J, Jiao H, Jiang Y, Song Z, Wang X, Lin H. Cool perches improve the growth performance and welfare status of broiler chickens reared at different stocking densities and high temperatures. *Poult Sci.* 2013; 92(8):1962-1971.
24. Tong Q, Li F, Zhang Y, Liu Y, Wang Y, Zhang G. Effect of high stocking density on growth performance, meat quality, and intestinal health in broilers. *Poult Sci.* 2021;100:100904.
25. Shabani S, Seidavi A, Asadpour L, Corazzini M. Effects of physical form of diet and intensity and duration of feed restriction on the growth performance, blood variables, microbial flora, immunity, and carcass and organ characteristics of broiler chickens. *Livest Sci.* 2015;180:150-157.
26. Nasr MA, Alkhedaide AQ, Ramadan AA, Hafez AESE, Hussein MA. Potential impact of stocking density on growth, carcass traits, indicators of biochemical and oxidative stress and meat quality of different broiler breeds. *Poult Sci.* 2021;100(11):101442.
27. Wang B, Min Z, Yuan J, Zhang B, Guo Y. Effects of dietary tryptophan and stocking density on the performance, meat quality, 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. *Anim Feed Sci Tech.* 2004; 117:281-293.
9. Amerah AM, Lentle RG, Ravindran V. Influence of feed form on gizzard morphology and particle size spectra of duodenal digesta in broiler chickens. *J Poult Sci.* 2007;44(2):175-181.
10. Choct M, Dersjant-Li Y, McLeish J, Peisker M. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: A review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in poultry. *Br Poult Sci.* 2004;45(3):261-274.
11. Jahan MS, Asaduzzaman M, Sarkar AK. Performance of broiler fed on mash, pellet and crumble. *Int J Poult Sci.* 2006;5(3):265-270.
12. Jiménez-Moreno E, de Coca-Sinova AG, González-Alvarado JM, Mateos GG. Inclusion of insoluble fiber sources in mash or pellet diets for young broilers. 1. Effects on growth performance and water intake. *Poult Sci.* 2016;95(1):41-52.
13. Svihus B. The gizzard: Function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poult Sci J.* 2011;67:207-223.
14. Feddes JJR, Emmanuel EJ, Zuidhof MJ. Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poult Sci.* 2002;81(6):774-779.
15. Nabi F, Rind MI, Li J, Zulqarnain M, Shahzad M, Ahmed N, Iqbal MK, Rehman MU. Influence of different feed forms and particle size on efficiency of broiler production. *Online J Anim Feed Res.* 2017;7(2):24-28.
16. McKinney LJ, Teeter RG. Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. Pellet quality and II. Prediction of consequential formulation dead zones. *Poult Sci.* 2004;83(7):1165-1174.
17. Galobart J, Moran ET. Influence of stocking density and feed pellet quality on heat-stressed broilers from 6 to 8 weeks of age. *Int J Poult Sci.* 2005;4(2):55-59.
18. Buijs S, Keeling LJ, Rettenbacher S, Van Poucke E, Tuytens FAM. Stocking density

32. Zang JJ, Piao XS, Huang DS, Wang JJ, Ma X, Ma YX. Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2009;22(1):107-112.
33. Shakeri M, Zulkifli I, Soleimani AF, O'Reilly EL, Eckersall PD, Anna AA, et al. Response to dietary supplementation of L-glutamine and L-glutamate in broiler chickens reared at different stocking densities under hot, humid tropical conditions. *Poult Sci.* 2014;93(11):2700-2708.
34. Yin LY, Wang ZY, Yang HM, Xu L, Zhang J, Xing H. Effects of stocking density on growth performance, feather growth, intestinal development, and serum parameters of geese. *Poult Sci.* 2017;96(9):3163-3168.
- metabolic status of broilers. *J Anim Sci Biotechnol.* 2014;5(1):44.
28. Dahlke F, Ribeiro AML, Kessler ADM, Lima AR, Maiorka A. Effects of corn particle size and physical form of the diet on the gastrointestinal structures of broiler chickens. *Braz J Poult Sci.* 2003;5:61-67.
29. Röhe I, Ruhnke I, Knorr F, Mader A, Boroojeni FG, Löwe R, Zentek J. Effects of grinding method, particle size, and physical form of the diet on gastrointestinal morphology and jejunal glucose transport in laying hens. *Poult Sci.* 2014;93(8):2060-2068.
30. Moradi S, Moradi A, Atabaigi Elmi V, Reza Abdollahi M. Interactive effect of corn particle size and insoluble fiber source on performance, nutrient utilization and intestine morphology in broilers fed pelleted diets. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2021;105(6):1113-1126.
31. Tejeda OJ, Kim WK. Effects of fiber type, particle size, and inclusion level on the growth performance, digestive organ growth, intestinal morphology, intestinal viscosity, and gene expression of broilers. *Poult Sci.* 2021; 100(10):101397.