



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effects of physical feed form of the diets on growth performance, intestinal microflora and morphology, and litter quality in broiler chickens

M. Navid Talemi¹, H. Darmani Kuhi^{1*}, A. Safari¹, Sh. Shahangian¹

1. Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

(Received: 19-02-2025 – Revised: 18-09-2025 – Accepted: 20-09-2025 – Available online: 01-10-2025)

Abstract

Introduction: In recent years, the poultry industry has encountered several challenges. One critical yet often overlooked issue is the relationship between feed texture and litter quality, which significantly impacts locomotive problems and carcass quality. Nutritional factors such as energy and protein levels, minerals, feed texture, and dietary restrictions play a crucial role in influencing litter moisture, litter quality, carcass characteristics, and the condition of bird feet. Litter serves as a conducive environment for microbial growth and ammonia production. Effective management of litter moisture and ammonia emissions is vital for disease prevention and enhancing air quality in poultry houses. Ammonia production is a major concern in enclosed poultry systems, originating from the microbial breakdown of uric acid in excreta. The emission rate of ammonia gas from poultry litter is influenced by pH, moisture content, temperature, ventilation, ammonia and uric acid levels in excreta, litter type, stocking density, and bird age. Different feed processing methods and structural changes impact bird performance, intestinal microbial diversity, intestinal health, digestion, intestinal content viscosity, enzyme activity, and pH levels. In the first week post-hatching, the small intestine experiences rapid growth, with increased villi height and crypt depth, enhancing nutrient digestion and absorption. This growth is accompanied by the stabilization of gut microbiota. The balance between pathogenic and non-pathogenic bacteria is crucial in determining disease occurrence. The type, structure, quality, and quantity of diet significantly influence intestinal cell growth, nutrient utilization, and bacterial species composition, particularly at the digestive system's end. Over 640 microbiota species in the digestive system contribute to digestive health and microflora balance. Research indicates that the ileum's microbial profile in broiler chickens affects intestinal performance and, subsequently, nutrient digestion and absorption. This study aimed to explore the effects of different feed textures (mash, crumble, pellet, and extruded) on intestinal histology, microbiota, and litter quality in broiler chickens.

Materials and methods: In this study, 480 one-day-old male Ross 308 broiler chickens, each weighing approximately 36 grams, were used. The chicks were sourced from Navaid Morgh Gilan Company in Rasht, Iran. Before their arrival, experimental diets were prepared and placed in feeding trays, while water was provided using siphon and nipple drinkers. The diets were offered in four physical forms: mash, crumble, pellet, and extruded, formulated to meet the nutrient guidelines for Ross 308. At the experiment's conclusion, the chickens were weighed, and their feed consumption was recorded. Body weight gain (BWG), feed intake (FI), feed conversion ratio (FCR), and mortality rate were calculated at the end of the rearing period. The birds were slaughtered on day 42. To evaluate the impact of feed physical form on intestinal microbial flora, contents from the duodenum, jejunum, and ileum were collected to count *Escherichia coli*, *Lactobacillus*, and total coliforms. On days 21 and 42, litter from all pens was examined. Samples were collected from five areas of each pen's litter (four corners

* Corresponding author: h.darmani@guilan.ac.ir



and one center sample) and analyzed in the laboratory. For moisture measurement, approximately 50 grams of litter were dried in an oven at 105 °C until a constant weight was achieved, determining moisture content through weight loss. Post-slaughter, samples from the duodenum, jejunum, and ileum were preserved in a 10% formalin solution. After 72 hours of tissue fixation, dehydration was performed using increasing concentrations of ethanol followed by xylene treatment. Samples were then embedded in paraffin and sectioned into 5-6 µm slices, stained with hematoxylin and eosin (H&E). Villus length was measured from top to base, and width was recorded at the midpoint. Crypt depth was measured from the villus base to the end of the mucous layer. The villus length to crypt depth ratio and surface area were calculated, along with the thickness of the lamina propria and muscularis mucosae. Statistical analysis was conducted using SAS software with the GLM procedure in a completely randomized design.

Results and discussion: The study results indicated that growth performance was significantly affected by the form of feed ($P<0.01$). Chicks fed with extruded feed throughout the rearing period demonstrated improved performance compared to other treatments ($P<0.05$). The highest level of anaerobic bacteria in the litter at 35 days was found in the pellet group ($P<0.05$). At 21 days, the greatest litter moisture was associated with crumbled feed in the starter diet and pellets in the grower and finisher diets. The lowest weights of the ileum and jejunum were observed in chicks fed extruded feed throughout the rearing period ($P<0.05$). The maximum villus height in the jejunum was noted with crumbled feed in the starter diet and extruded feed in the grower and finisher diets, as well as with pellets throughout the period. Additionally, using crumbled feed in the starter diet and pellets in the grower diet resulted in the maximum villus width.

Conclusions: The study indicated that the physical form of diets significantly influences growth performance, digestive efficiency, nutrient absorption, intestinal histology, litter pH and moisture, and intestinal bacterial populations. Birds fed extruded feed throughout the rearing period achieved the highest BWG. The lowest FCR was observed in chicks that consumed crumbled feed during the starter phase and extruded feed during the grower and finisher phases; however, these differences were not significant compared to birds consistently fed extruded feed. Pellet and extruded diets negatively impacted bedding moisture compared to mash diets, potentially increasing the risk of hock joint burns and lameness in broiler chickens. Therefore, careful attention must be given to litter management, considering the type of feed used.

Keywords: Feed physical texture, Broiler chicken, Microbial flora, Intestinal morphology, Litter quality

Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare, and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of the University of Guilan, Iran.

Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: The authors received no specific funding for this project.

How to cite this article:

Navid Talemi, M., Darmani Kuhi, H., Safari, A., & Shahangian, Sh. (2026). Effects of physical feed form of the diets on growth performance, intestinal microflora and morphology, and litter quality in broiler chickens. *Animal Production Research*, 15(2), 63-76. doi: 10.22124/ar.2025.29869.1884



اثر شکل فیزیکی خوراک بر عملکرد رشد، فلور میکروبی و ریخت‌شناسی روده و کیفیت بستر در جوجه‌های گوشتی

مصطفی نوید تالمی^۱، حسن درمانی کوهی^{۱*}، عباس صفری^۱، شبنم شاهنگیان^۱

۱- گروه علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۹ - تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۷/۰۹)

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی آثار شکل فیزیکی خوراک (آردی، کرامبل، پلیت و اکستروود) بر عملکرد رشد، فلور میکروبی و ریخت‌شناسی روده و کیفیت بستر با استفاده از ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با هشت تیمار و پنج تکرار از سن ۱ تا ۴۲ روزگی انجام شد. جوجه‌هایی تغذیه شده با خوراک اکستروود در کل دوره، میانگین وزن بالاتری نسبت به سایر تیمارها داشتند ($P < 0/01$). بیشترین شمار باکتری‌های بی‌هوازی بستر در ۳۵ روزگی مربوط به تیمار با شکل آردی بود ($P < 0/05$). pH بستر در ۲۱ روزگی در تیمار با شکل کرامبل در جیره آغازین و اکستروود در جیره رشد و پایانی در بیشترین سطح بود. در ۴۲ روزگی نیز بیشترین مقدار pH بستر در تیمار با شکل اکستروود مشاهده شد. بالاترین سطح رطوبت بستر در ۲۱ روزگی با استفاده از خوراک کرامبل در جیره آغازین و پلیت در جیره رشد و پایانی به دست آمد. کمترین وزن ایلئوم و ژژنوم مربوط به تیمار با شکل اکستروود در کل دوره بود ($P < 0/05$). بیشترین ارتفاع ویلی در ژژنوم با مصرف خوراک کرامبل در جیره آغازین و اکستروود در جیره رشد و پایانی و دان پلیت در کل دوره حاصل شد. جیره با شکل کرامبل در جیره آغازین و پلیت در جیره رشد، بیشترین عرض ویلی را نشان داد. بیشترین ارتفاع ویلی در ایلئوم مربوط به تیمار اکستروود یا پلیت در کل دوره پرورش بود. نتایج نشان داد که شکل فیزیکی جیره‌ها، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد، عملکرد گوارشی، جذب مواد مغذی، بافت‌شناسی قسمت‌های مختلف روده، pH و رطوبت بستر و جمعیت باکتریایی روده دارد. همچنین، توجه به مدیریت بستر جوجه‌ها ضروری است و برای این منظور، نوع خوراک نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بافت فیزیکی خوراک، جوجه گوشتی، فلور میکروبی، ریخت‌شناسی روده، کیفیت بستر

* نویسنده مسئول: h.darmani@guilan.ac.ir

مقدمه

صنعت طیور در طول سال‌های گذشته در معرض زیان‌های متعددی قرار داشته است. ارتباط شکل خوراک با کیفیت بستر از موضوعاتی است که مورد توجه اندکی قرار گرفته، در صورتی‌که با مشکلات و ناهنجاری‌های مهم حرکتی و کیفیت لاشه مرتبط است. عوامل متعدد تغذیه‌ای همچون میزان انرژی و پروتئین، مواد معدنی، شکل و کیفیت خوراک و محدودیت غذایی به‌صورت معنی‌داری روی رطوبت و نهایتاً کیفیت بستر و ویژگی‌های لاشه و پای پرنده تأثیر می‌گذارند. بستر، محیط مناسبی برای تکثیر میکروبی و تولید گاز آمونیاک است. کنترل رطوبت و گاز آمونیاک متساعد شده از بستر، ارزش بسیار زیادی در کنترل بیماری‌های مختلف و بهبود هوای تنفسی سالن پرورش دارد (Ritz, 2005). تولید آمونیاک، یکی از عمده‌ترین نگرانی‌ها در سیستم‌های بسته پرورش طیور است. گاز آمونیاک در سالن‌های پرورش طیور از تجزیه میکروبی اسید اوریک موجود در فضولات بر بستر حاصل می‌شود. میزان خروج گاز آمونیاک از بستر طیور وابسته به pH، میزان رطوبت، دما، تهویه، غلظت آمونیاک و اسید اوریک موجود در فضولات طیور، نوع بستر، تراکم در واحد سطح و سن طیور است (Al-Homidan et al., 2003).

انواع فرآوری و تغییر در ساختار خوراک بر عملکرد دستگاه گوارش، جمعیت و تنوع میکروفلور، سلامت روده و فرآیند هضم، ویسکوزیته محتویات هضمی روده، فعالیت آنزیم‌ها، وزن و pH محتویات هضمی و در نهایت، عملکرد طیور اثرگذار هستند. در خلال هفته اول پس از تفریخ، روده کوچک به‌سرعت رشد می‌کند، ارتفاع پرز و عمق کریپت افزایش می‌یابد و توانایی هضم و جذب مواد مغذی بیشتر می‌شود (Zang et al., 2009). همچنین، رشد اندام‌های گوارشی با پایداری میکروفلور روده همراه است. تعادل و عدم تعادل بین باکتری‌های بیماری‌زا و غیربیماری‌زا تعیین‌کننده بروز یا عدم بروز بیماری است (Owosibo et al., 2013). نوع، ساختار، کیفیت و کمیت جیره، اثر معنی‌داری بر رشد و تکثیر سلول‌های روده، استفاده مواد مغذی و ترکیب گونه‌های باکتریایی به‌ویژه در انتهای دستگاه گوارش دارد. بیش از ۶۴۰ گونه میکروفلور در دستگاه گوارش وجود دارد که باعث توسعه سلامتی و توازن میکروفلور دستگاه گوارش می‌شود (Rehman et al., 2007). مطالعات نشان داده است

که پروفایل میکروبی ایلئوم جوجه‌های گوشتی بر عملکرد روده و در نتیجه، هضم و جذب مواد مغذی اثر می‌گذارد. هدف از این پژوهش، بررسی شکل‌های مختلف خوراک (آردی، کرامبل، پلت و اکستروود) بر ریخت‌شناسی و میکروفلور روده و کیفیت بستر در جوجه‌های گوشتی است.

مواد و روش‌ها

پرنده‌گان، جیره‌ها و مدیریت: در این پژوهش از ۴۸۰ قطعه جوجه یک‌روزه گوشتی سویه راس ۳۰۸ تک جنس (نر) با میانگین وزن یک‌روزگی برابر با ۳۶ گرم استفاده شد. جوجه‌ها به‌وسیله شرکت زنجیره نوید مرغ گیلان تأمین شدند. پیش از ورود جوجه‌ها، جیره‌های آزمایشی آماده‌شده در سینی‌های دان‌خوری توزیع شدند و آب در داخل آب‌خوری‌های کله‌قندی و نیپل قرار گرفت.

جیره‌ها بر اساس توصیه‌های تغذیه‌ای سویه راس ۳۰۸ تنظیم شدند (Aviagen, 2019). ترکیبات و محتوای مواد مغذی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است. تراکم پرورش به‌میزان ۱۲ پرنده در متر مربع در نظر گرفته شد. دمای سالن در هفته اول در ۳۳ درجه سلسیوس حفظ شد و سپس، به‌تدریج هر هفته، ۲ درجه سلسیوس کاهش یافت تا به ۲۱ درجه سلسیوس رسید و در همان سطح باقی ماند. برنامه نوری، رطوبت نسبی و دما مطابق با دستورالعمل‌های سویه راس ۳۰۸ تنظیم شد (Aviagen, 2019). برای اطمینان از رفاه حیوانات، پرنده‌گان به‌صورت آزادانه به خوراک و آب دسترسی داشتند.

طرح آزمایشی و تیمارها: این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با هشت تیمار و پنج تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد ارزیابی در این آزمایش بدین شرح بودند: تیمار ۱- شکل فیزیکی آردی در کل دوره پرورش، تیمار ۲- شکل فیزیکی کرامبل شده در کل دوره پرورش، تیمار ۳- شکل فیزیکی اکستروود شده در کل دوره پرورش، تیمار ۴- شکل فیزیکی پلت شده در کل دوره پرورش، تیمار ۵- شکل فیزیکی کرامبل شده در جیره آغازین و شکل پلت شده در جیره رشد و پایانی، تیمار ۶- شکل فیزیکی کرامبل شده در جیره آغازین و شکل اکستروود شده در جیره رشد و پایانی، تیمار ۷- شکل فیزیکی پلت شده در جیره آغازین و رشد و آردی در جیره پایانی و تیمار ۸- شکل فیزیکی اکستروود شده در جیره آغازین و رشد و آردی در جیره پایانی.

جدول ۱- ترکیب اجزای خوراک و تجزیه مواد شیمیایی محاسبه شده

Table 1. Ingredients composition and calculated chemical analysis

Ingredients (kg per ton)	Rearing period (age in days)		
	Starter (1-10 d)	Growth (11-24 d)	Finisher (25-42 d)
Corn	500	540	585
Wheat	25	34.5	34.50
Soybean meal (44%)	330	310	300
Corn gluten meal (62%)	44.5	25	0
Fish meal (64%)	25	12.50	0
Soybean oil	20	25	30
Calcium carbonate	11.50	11.50	11.50
Monocalcium phosphate	14	13.50	13
Vitamin supplement 10% for chicken ¹	1.25	1.15	1
Mineral supplement 25% for chicken ²	3	2.75	2.50
Table salt	2.50	2.5	2
Molasses	2.20	2.20	2.20
DL-methionine	3.30	3.10	3.10
L-lysine hydrochloride	3	2.70	2.30
L-threonine	1.30	1.10	1.10
L-arginine	0.60	0.40	0.30
Choline chloride 60%	0.80	0.65	0.45
Emulsifier	0.50	0.50	0.50
Coccidiostat	1	1	0
Toxin binder	1.50	1.50	1.50
Prebiotic	1.50	1	1
Acidifier	1.50	1	1
Bentonite	6.05	6.35	7.05
Total	1000	1000	1000
Chemical analysis (%)			
Dry matter	89.37	89.24	89.05
Metabolizable energy, kcal/kg	2950	3050	3120
Crude protein	22.5	20.60	18.50
Ether extract	4.60	5.10	5.60
Crude fiber	1.85	1.83	1.83
Total ash	6.60	6.20	5.90
Calcium	0.95	0.87	0.78
Available phosphorus	0.48	0.43	0.61
Potassium	0.88	0.85	0.82
Sodium	0.16	0.16	0.16
Chloride	0.24	0.24	0.21
Digestible methionine	0.68	0.62	0.55
Digestible methionine + cysteine	0.96	0.87	0.79
Digestible lysine	1.28	1.15	1.03
Digestible threonine	0.87	0.77	0.69
Digestible arginine	1.37	1.23	1.13

¹ Each kilogram contains 10,000,000 IU Vitamin A, 4,000,000 IU Vitamin D₃, 65,000 mg Vitamin E, 3,000 mg Vitamin K₃, 3,500 mg Vitamin B₁, 7,000 mg Vitamin B₂, 55,000 mg Niacin, 22,000 mg Calcium Pantothenate, 4,500 mg Vitamin B₆, 2,000 mg Vitamin B₉, 20 mg Vitamin B₁₂, 270 mg Biotin, and 150,000 mg Antioxidant.

² Each kg contains 48,000 mg Manganese, 48,000 mg Zinc, 12,000 mg Iron, 6,460 mg Copper, 502 mg Iodine, and 140 mg Selenium.

(تعداد جوجه در پایان دوره × تعداد روزهای دوره) + (تعداد

روزهای زنده‌مانی × تعداد تلفات) = روز مرغ

= خوراک مصرفی روزانه (گرم)

خوراک مصرفی در دوره مورد نظر

روز مرغ در دوره مورد نظر

مصرف خوراک روزانه (گرم/جوجه/روز) از تفاضل خوراک

باقی‌مانده در آخر هفته از میزان خوراک عرضه شده در

ابتدای هفته بر اساس رابطه زیر و به‌صورت مصرف خوراک

روزانه محاسبه شد. برای وزن‌کشی خوراک از ترازوی

دیجیتال با دقت ۵ گرم استفاده شد.

برای محاسبه افزایش وزن جوجه‌ها در هر واحد آزمایشی در هر هفته و کل دوره، مجموع وزن جوجه‌ها در ابتدای هر هفته از وزن جوجه‌های آن واحد در پایان هر هفته پرورش به‌همراه وزن تلفات کسر شد و بر اساس روز مرغ محاسبه شد.

ضریب تبدیل خوراک در هر هفته و کل دوره، از تقسیم میانگین مصرف خوراک به میانگین افزایش وزن روزانه در دوره مورد نظر بر اساس فرمول زیر محاسبه شد.

= ضریب تبدیل خوراک

خوراک مصرفی در دوره مربوطه (گرم)

افزایش وزن در دوره مربوطه (گرم)

فلور میکروبی روده: برای سنجش اثر شکل فیزیکی خوراک بر فلور میکروبی روده، محتویات دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم برای شمارش باکتری‌های اشریشیاکلی، لاکتوباسیلوس و کلی‌فرم‌ها جمع‌آوری شدند و بعد از کشتار جهت انجام آزمایش میکروفلور به آزمایشگاه ارسال شد. ابتدا برای رقیق‌سازی، لوله‌های آزمایش را در پلاستیک اتوکلاو قرار داده و در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس اتوکلاو شد. برای این منظور، یک گرم از محتویات ایلئوم در ۹ میلی‌لیتر محلول نمکی استریل برای تشکیل سریال‌های رقت از 10^{-1} تا 10^{-9} رقیق‌سازی شده و سه سریال رقت 10^{-4} ، 10^{-5} و 10^{-6} کشت داده شد. ۱۰۰ میکرولیتر از رقت‌های ذکر شده به داخل پلیت‌های محیط کشت منتقل شده و به‌صورت خطی پخش شد. عمل کشت دادن زیر هود میکروبی و در کنار شعله و با استفاده از دستکش لاتکس انجام شد. به‌منظور شمارش باکتری از محیط کشت MRS آگار برای لاکتوباسیلوس، محیط کشت EMB آگار برای E.coli و محیط کشت MacConkey آگار برای کلی‌فرم استفاده شد (Pirgozliev et al., 2008). انکوباسیون محیط کشت MRS آگار به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۹ درجه سلسیوس در شرایط بی‌هوازی انجام شد. جهت ایجاد شرایط بی‌هوازی از یک جار با درپوش محکم و شمع استفاده شد و پس از قرار دادن پلیت‌ها در جار، شمع روشن را در آن قرار داده تا با مصرف اکسیژن موجود در آن باعث تولید دی‌اکسیدکربن و هیدروژن شده و شرایط بی‌هوازی موردنظر را فراهم کند. محیط کشت EMB و MacConkey آگار به مدت ۲۴-۴۸ ساعت در دمای ۳۹ درجه سلسیوس انکوباسیون شدند و تعداد کلنی‌های تهیه شده برای هر یک از محتویات تعیین شد (Moharrery & Mahzonieh, 2005).

جمعیت باکتریایی، pH و رطوبت بستر: در روزهای ۲۱ و ۴۲، بستر همه قفس‌ها بررسی شد. نمونه‌های بستر برای اندازه‌گیری رطوبت از پنج ناحیه بستر در هر تکرار (چهار نمونه از گوشه‌ها و یک نمونه از ناحیه مرکزی) جمع‌آوری شده و در ظرف درب‌دار به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری رطوبت بستر، 50 ± 0.1 گرم از نمونه بستر در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون قرار گرفت و محتوای رطوبت آنها به‌روش از دست دادن وزن پس از خشک شدن تا هنگامی‌که وزن آنها ثابت شود، تعیین شد (AOAC, 2005). اندازه‌گیری رطوبت بستر با استفاده از فرمول زیر انجام شد:

وزن نمونه با رطوبت - وزن نمونه بدون رطوبت
وزن نمونه با رطوبت = رطوبت بستر

$\times 100$

برای اندازه‌گیری pH بستر نیز ۵ گرم از نمونه بستر جمع‌آوری شده، به‌مدت ۳۰ دقیقه در ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر باقی ماند و برای پنج دقیقه مخلوط و pH با دستگاه pHسنج اندازه‌گیری شد.

در روزهای ۳۵ و ۴۲، بستر همه قفس‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های بستر برای اندازه‌گیری رطوبت از پنج ناحیه بستر در هر تکرار (چهار نمونه از گوشه‌ها و یک نمونه از ناحیه مرکزی) جمع‌آوری شده و در ظرف درب‌دار به آزمایشگاه منتقل شدند. به‌منظور تعیین جمعیت باکتریایی بی‌هوازی از محیط‌های کشت MacConkey agar استفاده شد. میزان ۵۰ گرم نمونه بستر با ۴۵۰ میلی‌لیتر بافر فسفات سالین سترون شده (استریل) به‌مدت دو ساعت مخلوط شد. از نمونه‌های بستر رقت‌های 10^{-4} ، 10^{-5} و 10^{-6} با استفاده از بافر سالین سترون شده تهیه و در محیط‌های کشت مورد نظر تلقیح شد. سپس، محیط کشت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس و به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. شمار میکروبی بر اساس میانگین واحد تشکیل کلنی (CFU) در هر گرم نمونه بستر بیان شد.

ریخت‌شناسی / جزای روده: پس از کشتار از سه بخش دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم نمونه‌برداری انجام شد و نمونه‌ها در ظرف حاوی فرمالین ۱۰ درصد به آزمایشگاه بافت‌شناسی انتقال داده شدند. مراحل کار به این ترتیب انجام شد (De Los Santos et al., 2007): پس از تثبیت بافت، نمونه‌ها در سبدهای مخصوص قرار داده شدند، سپس برای آب‌گیری در سری رقت‌های اتانول با درجات پایین تا درجات بالا

اندازه‌گیری شد. نسبت طول پرز به عمق کریپت و مساحت ظاهری پرز نیز محاسبه شد. همچنین، ضخامت لایه لامینا پروپریا و تونیکا ماسکولاریس اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش در نرم‌افزار اکسل به‌طور دقیق و منظم گردآوری و ثبت شدند. سپس، در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS Version 9.3 (2011) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. به‌منظور مقایسه میانگین تیمارها برای صفات مورد نظر از آزمون توکی در سطح آماری ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که فرم خوراک دارای اثر معنی‌داری بر عملکرد رشد بود ($P < 0.05$). نتایج مصرف خوراک (FI) در دوره ۱ تا ۴۲ روزگی نشان داد که پرندهایی که در دوره‌های آغازین و رشد با خوراک اکستروید شده و در دوره پایانی با خوراک آردی تغذیه شدند، بیشترین مصرف خوراک را داشتند، در حالی که کمترین مقدار مصرف خوراک مربوط به جیره آردی در کل دوره پرورش بود (جدول ۲). Jouzani et al. (2019) گزارش کردند که استفاده از خوراک پلت در دوره پایانی جوجه‌های گوشتی به‌طور معنی‌داری مصرف خوراک، افزایش وزن زنده، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک (FCR) را بهبود می‌بخشد که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد. اثر تیمارهای آزمایشی بر افزایش وزن در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که فرم خوراک تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن داشت ($P < 0.05$). از روز ۱ تا ۴۲، بیشترین افزایش وزن در پرندهایی مشاهده شد که در کل دوره پرورش با خوراک اکستروید شده تغذیه شدند. با این حال، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهایی که در کل دوره پرورش از خوراک اکستروید شده استفاده کردند و تیمارهایی که از خوراک کرامبل در دوره آغازین و خوراک اکستروید و پلت در دوره‌های رشد و پایانی بهره بردند، مشاهده نشد. نتایج این مطالعه نشان داد که پرندهایی که با جیره‌های پلت و اکستروید شده تغذیه شدند، افزایش وزن به‌طور معنی‌داری بالاتر نسبت به سایر تیمارها داشتند. شکل خوراک تأثیر معنی‌داری بر FCR داشت ($P < 0.01$). کمترین مقدار FCR مربوط به تیمارهایی بود که در دوره آغازین از خوراک کرامبل و در دوره‌های رشد و پایانی از خوراک اکستروید شده استفاده کردند، اما تفاوت معنی‌داری با پرندهایی که در کل دوره پرورش از خوراک اکستروید شده

شامل ۵۰، ۷۰، ۸۵، ۹۶ و ۱۰۰ درصد هرکدام به‌ترتیب به‌مدت ۵۰، ۵۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۲۰ دقیقه استفاده شد. جهت شفاف کردن بافت و بازپس‌گرفتن الکل در محلول زایلین به‌مدت ۱۰۵ دقیقه قرار داده شد. موادی نظیر چربی در شفاف کردن از بین می‌روند. بنابراین، باید محل آنها را با پارافین پر نمود تا حالت بافت حفظ شود. در این مرحله، نمونه‌ها ابتدا به مدت ۲ ساعت در پارافین ذوب شده با دمای ۴۵ تا ۶۰ درجه سلسیوس آغشته شدند. برای نگهداری و برش زدن، نمونه‌ها در توده‌ای از پارافین قرار داده شدند. قالب‌ها شامل فلزهای مربعی‌شکل بود. هر بافت در این بلوک‌ها قرار داده شد و سپس، پارافین مذاب در آن ریخته شده و به‌مدت ۳ ساعت در دمای اتاق قرار داده شد. قالب‌ها کدگذاری شده و برای برش آماده شدند. در این مرحله با استفاده از دستگاه میکروتوم (Leitz 1512) از قالب‌ها لایه‌ای تقریباً به اندازه ۶ میکرون برش داده شده و بعد آنها را در ظرف آبی با دمای ۴۰ تا ۴۵ درجه سلسیوس شناور ساخته و به‌وسیله لام، نمونه‌های شناور روی لام قرار داده شدند. جهت ذوب پارافین‌های روی لام، آنها در اتوکلاو ۵۰ تا ۶۰ درجه سلسیوس قرار داده شده و آماده رنگ‌آمیزی شدند. لام‌ها در سبدهای مخصوص رنگ‌آمیزی قرار گرفتند و به‌مدت ۱۵ دقیقه با زایلین پارافین‌زدایی شدند و با سریال رقت‌های الکل اتانول ۱۰۰، ۹۶، ۸۵ و ۷۰ درصد به‌ترتیب به‌مدت ۵، ۵، ۲ و ۲ دقیقه دهیدراته شدند و ۲ تا ۳ مرتبه با آب مقطر شست‌وشو داده شدند و در محلول هماتوکسیلین به رنگ آبی برای رنگ‌آمیزی هسته به‌مدت ۵ دقیقه قرار داده شدند. سپس، با آب مقطر مجدداً ۲ تا ۳ مرتبه شست‌وشو داده شدند و ۲ تا ۳ ثانیه در محلول اسید الکل یک درصد قرار داده شدند و ۲ تا ۳ مرتبه با آب مقطر شست‌وشو انجام شد و سپس، در محلول اتوزین یک درصد به رنگ بنفش جهت رنگ‌آمیزی سیتوپلاسم به‌مدت ۲ دقیقه قرار داده شدند و در نهایت، دهیدراتسیون به‌وسیله سری رقت‌های الکل اتانول ۷۰، ۸۵، ۹۶ و ۱۰۰ درصد به‌ترتیب به مدت ۲۰ ثانیه، ۲۰ ثانیه، ۱ دقیقه و ۱ دقیقه انجام شد. نمونه‌های رنگ‌آمیزی‌شده، لامل‌گذاری و برچسب‌گذاری شدند و با میکروسکوپ نوری (Olympus BX51) بررسی، اندازه‌گیری و تصویربرداری شدند. فاصله رأس پرز تا پایه پرز به‌عنوان طول پرز اندازه‌گیری شد. از قسمت میانی پرزها به‌عنوان عرض پرزها گزارش شد. فاصله بین پایه پرز تا بخش انتهایی لایه مخاطی به‌عنوان عمق کریپت

یافته‌های دیگر پژوهشگران هم‌خوانی داشت (Aguzey et al., 2018). همچنین، نتایج نشان داد که شکل فیزیکی خوراک، تأثیر معنی‌داری فقط بر طول ژنوم و ایلئوم داشته است ($P < 0.05$)، اما بر طول دئودنوم، تأثیر معنی‌داری نداشت. جوجه‌های تغذیه‌شده با خوراک اکستروود در جیره‌های آغازین و رشد و خوراک آردی در جیره پایانی، بیشترین طول ژنوم و جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های آردی در کل دوره پرورش، بیشترین طول ایلئوم را نشان دادند. جوجه‌های تغذیه‌شده با خوراک به‌شکل فیزیکی کرامبل در جیره‌های آغازین و شکل اکستروود در جیره رشد و پایانی، کمترین طول ایلئوم را داشتند. Abdollahi et al. (2013) گزارش کردند که دان پلت دارای تأثیر مستقیمی روی دستگاه گوارش پرندگان است و مصرف خوراک پلت در پرندگان موجب کاهش وزن و حجم پیش‌معه، سنگدان و روده کوچک از مسیر تأثیر بر کاهش طول کل روده کوچک می‌شود. یافته‌های مشابهی به‌وسیله Torok et al. (2009) گزارش شد که از نظر آنها، خوراک پلت و اکستروود باعث کاهش معنی‌داری در طول نسبی دئودنوم نسبت به خوراک آردی می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر، هم‌خوانی دارد. Azizian et al. (2019) نیز نشان داد خوراک اکستروود و پلت باعث کاهش معنی‌داری در طول نسبی دوازدهه نسبت به خوراک آردی شده است، ولی تفاوت معنی‌داری در دیگر قسمت‌های روده باریک بین شکل‌های مختلف خوراک مشاهده نشده است که با نتایج تحقیق حاضر، منطبق است.

و یا در دوره آغازین از خوراک کرامبل و در دوره‌های رشد و پایانی از خوراک پلت استفاده کردند، مشاهده نشد. بیشترین مقدار FCR مربوط به جیره آردی در کل دوره پرورش بود (جدول ۲). این یافته‌ها با مطالعات قبلی (Amerah, 2008; Abdollahi et al., 2013) هم‌خوانی دارد. اثر بافت فیزیکی خوراک بر وزن و طول نسبی اجزای روده، شامل دئودنوم، ژنوم و ایلئوم، در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد، شکل فیزیکی خوراک تأثیر معنی‌داری بر وزن نسبی ژنوم و ایلئوم داشته است ($P < 0.05$)، اما بر وزن نسبی دئودنوم تأثیر معنی‌داری نداشت. نتایج نشان داد، جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره آردی در کل دوره پرورش، بیشترین وزن نسبی ایلئوم و ژنوم را داشته‌اند و کمترین وزن ایلئوم و ژنوم مربوط به جوجه‌های تغذیه‌شده با خوراک اکستروود در کل دوره پرورش بوده است. Liermann et al. (2019) گزارش دادند وزن نسبی روده در پرندگانی که با خوراک به‌شکل فیزیکی پلت تغذیه شدند، نسبت به پرندگانی که از خوراک آردی استفاده کردند بالاتر است. همچنین در این پژوهش، وزن ژنوم در پرندگانی که از جیره پلت استفاده کرده بودند، به‌طور معنی‌داری بالاتر بود که با نتایج پژوهش پیش‌رو مطابقت ندارد. در مطالعه‌ای دیگر مشاهده شده است که مصرف خوراک پرندگان با جیره به‌شکل فیزیکی پلت باعث کاهش طول نسبی دئودنوم، ژنوم و ایلئوم شد (Hosseini & Afshar, 2017). نتایج به‌دست آمده نشان داد دان پلت و اکستروود، وزن نسبی کمتری نسبت به تیمارهایی که در کل دوره پرورش خوراک با شکل فیزیکی آردی استفاده کرده بودند داشت که با

جدول ۲- اثر شکل فیزیکی خوراک روی مصرف خوراک (FI)، افزایش وزن بدن (BWG)، و ضریب تبدیل خوراک (FCR)

جوجه‌های گوشتی در پایان دوره آزمایش

Table 2. Effect of physical feed form on feed intake (FI), body weight gain (BWG), and feed conversion ratio (FCR) of Ross 308 broiler chicks at the end of the experimental period

Treatments	FI (g)	BWG (g)	FCR
Mash feed throughout rearing period	4402.19 ^c	2223.00 ^d	1.98 ^a
Crumble throughout rearing period	4555.88 ^b	2663.09 ^b	1.74 ^{bc}
Extruded throughout rearing period	4524.81 ^b	2810.44 ^a	1.61 ^c
Pellet throughout the rearing period	4501.23 ^b	2663.45 ^b	1.69 ^{bc}
Crumble (starter) and pellet (grower and finisher)	4560.49 ^b	2781.40 ^a	1.64 ^c
Crumble (starter) and extruded (grower and finisher)	4403.88 ^c	2751.88 ^a	1.60 ^c
Pellet (starter and grower) and mash (finisher)	4696.1 ^a	2563.72 ^{bc}	1.83 ^b
Extruded (starter and grower) and mash (finisher)	717.65 ^a	2592.12 ^{bc}	1.82 ^b
SEM	37.04	36.75	0.035
P-value	0.013	0.0001	0.0001

^{a-d} Different letters within each column indicate significant differences among means ($P < 0.05$). SEM: Standard error of the means

جدول ۳- اثر شکل فیزیکی خوراک روی وزن و طول نسبی بخش‌های روده (دودنوم، ژژونوم و ایلئوم) جوجه‌های گوشتی سویه راس

Table 3. Effect of physical feed form on relative weight and length of intestinal segments (duodenum, jejunum, and ileum) of Ross 308 broiler chicks

Treatments	Relative weight			Relative length		
	Duodenum	Jejunum	Ileum	Duodenum	Jejunum	Ileum
Mash throughout rearing period	0.791	1.552 ^{abc}	1.502 ^a	15.69	39.45 ^{ab}	45.86 ^a
Crumble throughout rearing period	0.603	1.416 ^{abc}	1.238 ^b	15.59	39.98 ^{ab}	44.42 ^{bdc}
Extruded throughout rearing period	0.590	1.30 ^c	1.060 ^b	16.41	38.66 ^b	43.92 ^{dc}
Pellet throughout rearing period	0.819	1.612 ^b	1.125 ^b	15.16	39.44 ^{ab}	45.39 ^{ab}
Crumble (starter) and pellet (grower and finisher)	0.636	1.630 ^a	1.190 ^b	16.01	38.84 ^{ab}	44.14 ^{bdc}
Crumble (starter) and extruded (grower and finisher)	0.663	1.339 ^{bc}	1.081 ^b	16.42	38.84 ^{ab}	43.06 ^d
Pellet (starter and grower) and mash (finisher)	0.588	1.511 ^{abc}	1.217 ^b	15.66	39.49 ^{ab}	44.83 ^{abc}
Extruded (starter and grower) and mash (finisher)	0.676	1.470 ^{abc}	1.278 ^b	15.27	40.95 ^a	43.76 ^{dc}
SEM	0.026	0.033	0.029	0.167	0.214	0.17
P-value	0.212	0.026	0.001	0.42	0.0147	0.0006

a-d Different letters within each column indicate significant differences among means ($P < 0.05$). SEM: Standard error of the means

آردی یا کرامبل استفاده کرده بودند، وجود نداشت. بیشترین شمار باکتری *Coliform* در تیمارهایی مشاهده شد که در کل دوره پرورش از جیره‌های آردی و خوراک با شکل فیزیکی پلت در جیره آغازین و آردی در جیره‌های رشد و پایانی مصرف کرده بودند و کمترین مقدار آن در تیمارهایی که خوراک با شکل اکستروود در جیره‌های آغازین و رشد و شکل آردی در جیره پایانی و کرامبل در کل دوره پرورش استفاده کرده بودند، مشاهده شد. بیشترین شمار *Lactobacillus* در جوجه‌هایی که در جیره‌های آغازین و رشد از دان پلت و شکل آردی در جیره پایانی استفاده کرده بودند، مشاهده شد و کمترین شمار آن در تیمارهایی که خوراک به شکل آردی در کل دوره پرورش استفاده کرده بودند، مشاهده شد.

پژوهشگران در آزمایشی نشان دادند تغذیه با خوراک پلت در مقایسه با خوراک آردی، تغییراتی در میکروفلور روده ایجاد می‌کند. در این حالت، pH روده کمتر و جمعیت باکتری‌های کلی‌فرم و انتروکوک در ایلئوم افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد، در حالی که تعداد کلستریدیوم پرفرنزئس و لاکتوباسیل‌ها در انتهای دیستال دستگاه گوارش کاهش می‌یابد (Abdollahi et al., 2013).

داده‌های به دست آمده نشان داد، شکل فیزیکی خوراک، تأثیر معنی‌داری بر باکتری‌های روده داشت ($P < 0.05$). بیشترین شمار *E. coli* ایلئوم در تیمارهایی که جیره آغازین و رشد آنها شامل خوراک با شکل پلت بودند، مشاهده شد. همچنین، جوجه‌هایی که خوراک پلت در جیره آغازین و رشد و آردی در جیره پایانی مصرف کرده بودند، بیشترین مقدار *Coliform* را در ایلئوم نشان دادند و جوجه‌هایی که جیره آردی را در کل دوره پرورش مصرف کرده بودند، کمترین مقدار *Coliform* را نشان دادند. همچنین، جوجه‌هایی که خوراک پلت در کل دوره پرورش و کرامبل را در جیره آغازین و پلت را در جیره‌های رشد و پایانی مصرف کرده بودند، بیشترین مقدار *Lactobacillus* را در ایلئوم نشان دادند، در حالی که جوجه‌هایی که جیره آردی را در طول کل دوره پرورش مصرف کرده بودند، کمترین مقدار *Lactobacillus* را در ایلئوم داشتند (جدول ۴). بررسی باکتری‌های سکوم نشان داد جوجه‌هایی که در طول دوره پرورش از پلت استفاده کرده بودند، بیشترین مقدار *E. coli* و آنهایی که خوراک با شکل فیزیکی اکستروود در جیره آغازین و رشد و شکل آردی در جیره پایانی مصرف کرده بودند، کمترین مقدار *E. coli* را داشتند و تفاوت معنی‌داری با جوجه‌هایی که در کل دوره پرورش از خوراک با شکل

جدول ۴- اثر شکل فیزیکی خوراک روی جمعیت میکروبی جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸
Table 4. Effect of physical feed form on intestinal microbiota of Ross 308 broiler chicks

Experimental treatments	In cecum (CFU)			In ileum (CFU)		
	<i>Lactobacillus</i>	<i>Coliform</i>	<i>E. coli</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Coliform</i>	<i>E. coli</i>
Mash throughout rearing period	7.088 ^c	9.682 ^a	8.737 ^c	9.40 ^c	9.312 ^c	8.759 ^c
Crumbled throughout rearing period	8.577 ^d	8.986 ^b	8.879 ^c	9.59 ^c	9.598 ^b	8.712 ^c
Extruded throughout rearing period	9.077 ^c	9.278 ^{ab}	9.301 ^{ab}	9.74 ^d	9.629 ^b	8.764 ^c
Pellet throughout rearing period	8.321 ^d	9.217 ^{ab}	9.758 ^a	10.05 ^a	9.612 ^b	8.828 ^c
Crumbled (starter) and pellet (grower and finisher)	9.273 ^{bc}	9.512 ^a	9.399 ^{ab}	10.08 ^a	9.868 ^a	8.857 ^c
Crumbled (starter) and extruded (grower and finisher)	9.571 ^b	9.391 ^{ab}	9.398 ^{ab}	10.00 ^{ab}	9.532 ^{bc}	9.348 ^b
Pellet (starter and grower) and mash (finisher)	9.810 ^a	9.682 ^a	9.597 ^b	9.83 ^c	9.871 ^a	9.728 ^a
Extruded (starter and grower) and mash (finisher)	9.600 ^{ab}	8.942 ^b	8.693 ^c	9.74 ^c	9.712 ^{ab}	9.020 ^c
SEM	0.10	0.061	0.049	0.039	0.032	0.051
P-value	0.001	0.005	0.001	0.001	0.001	0.0001

^{a-c} Different letters within each column indicate significant differences among means ($P < 0.05$). SEM: Standard error of the means; CFU: Colony-forming unit

است که این نتایج، هم‌سو با نتایج (Azizian et al. 2019) و (Dersjant-Li et al. 2015) است که بیان داشتند در خوراک اکستروود، به‌دلیل افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی در بستر، احتمالاً رشد میکروب‌ها و قارچ‌های بستر توقف و کاهش یافته است که با نتایج تحقیق پیش‌رو در ۳۵ روزگی مطابقت دارد. این پژوهشگران بیان داشتند با افزایش حجم فضولات پرنده، رشد میکروب‌ها در بستر افزایش می‌یابد و افزایش جمعیت میکروبی بستر و میزان pH و خروج آمونیاک می‌تواند به سیستم ایمنی آسیب برساند.

اثر بافت فیزیکی خوراک بر pH و رطوبت در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج نشان داد که شکل فیزیکی خوراک در سن ۲۱ و ۴۲ روزگی، تأثیر معنی‌داری بر pH بستر داشت ($P < 0.05$) و در سن ۴۲ روزگی، تأثیر معنی‌داری بر رطوبت بستر مشاهده نشد. نتایج نشان داد جوجه‌هایی که خوراک کرامبل در جیره آغازین و اکستروود در جیره رشد و پایانی استفاده کرده بودند، بیشترین مقدار pH را در سن ۲۱ روزگی در بستر داشتند، در حالی که کمترین مقدار pH در این سن با استفاده از جیره آردی در کل دوره و اکستروود در جیره آغازین و رشد و شکل آردی در جیره پایانی به‌دست آمد. همچنین، برای pH در سن ۴۲ روزگی، بیشترین مقدار با استفاده از جیره اکستروود در کل دوره

(Shabani et al. 2015) گزارش کردند با مصرف خوراک پلت در مقایسه با خوراک آردی، جمعیت لاکتوباسیل‌های روده کاهش یافت، اما تفاوت معنی‌داری در جمعیت باکتری‌های هوازی، انتروباکتریا و اشرشیاکلی مشاهده نشد که با یافته‌های تحقیق پیش‌رو مطابقت ندارد. نتایج مطالعه دیگر (Ghaseminejad et al., 2017) نشان داد که با مصرف خوراک پلت، جمعیت اشرشیاکلی، بالاتر از خوراک آردی بود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

اثر بافت فیزیکی خوراک بر صفات اجزای بستر در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان داد، شکل فیزیکی خوراک در سن ۳۵ روزگی، تأثیر معنی‌داری بر جمعیت باکتریایی بستر داشت ($P < 0.05$)، اما در سن ۴۲ روزگی، اثر آن معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد جوجه‌هایی که در کل دوره پرورش از خوراک اکستروود، یا از خوراک کرامبل در جیره آغازین و اکستروود در جیره رشد و پایانی استفاده کرده بودند، کمترین CFU را در سن ۳۵ روزگی داشتند، در حالی که جوجه‌هایی که در کل دوره پرورش از دان آردی استفاده کرده بودند، بیشترین میانگین CFU را در سن ۳۵ روزگی داشتند.

همان‌طور که نتایج این پژوهش نشان داد، جمعیت باکتریایی در تیمار اکستروود نسبت به دیگر تیمارها پایین‌تر

پرنده از جیره پلت و اکستروود استفاده می‌کند، مصرف آب افزایش می‌یابد و پرنده، فضولات بیشتری را دفع می‌کند که در نتیجه، رطوبت بیشتری وارد بستر شده و باعث کیک شدن بستر می‌شود.

اثر بافت فیزیکی خوراک بر صفات ریخت‌شناسی اجزای مختلف روده در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج نشان داد، شکل فیزیکی خوراک، تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع و عرض ویلی‌ها در ژژنوم و ارتفاع ویلی‌ها در ایلئوم دارد ($P < 0.05$)، اما تأثیر معنی‌داری بر سایر صفات ندارد. جوجه‌هایی که خوراک کرامبل در جیره آغازین و اکستروود در جیره رشد و پایانی و یا خوراک پلت در کل دوره استفاده کرده بودند، بیشترین ارتفاع ویلی را داشتند. همچنین، پرنده‌گانی که خوراک با شکل فیزیکی کرامبل در جیره آغازین و شکل پلت در جیره رشد و پایانی استفاده کرده بودند، بیشترین عرض ویلی در ژژنوم را داشتند. در خصوص بخش ایلئوم روده کوچک، بیشترین ارتفاع ویلی با جوجه‌هایی که از خوراک اکستروود یا پلت در کل دوره پرورش استفاده کرده بودند به‌دست آمد و کمترین ارتفاع ویلی با استفاده از جیره آردی به‌دست آمد.

مواد مغذی و افزودنی‌های خوراک می‌توانند بر ریخت‌شناسی روده باریک طیور تأثیرگذار باشند. در نواحی ابتدایی روده باریک، پرزها بیشترین ارتفاع را دارند و در انتهای روده، ارتفاع پرزها کاهش می‌یابد. این روند در عرض پرز، عمق کریپت و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت نیز مشاهده می‌شود. پرزهای بلندتر باعث ممانعت از عبور سریع‌تر مواد هضمی می‌شوند، رطوبت محتویات روده را کاهش می‌دهند و ضریب تبدیل غذایی را بهبود می‌بخشند (Zang et al., 2009; Itani et al., 2024).

پرورش و کمترین مقدار با استفاده از جیره کرامبل در کل دوره پرورش مشاهده شد. بیشترین مقدار رطوبت بستر در سن ۲۱ روزگی با استفاده از خوراک کرامبل در جیره آغازین و شکل پلت در جیره رشد و پایانی به‌دست آمد، در حالی که کمترین مقدار رطوبت با استفاده از جیره آردی در کل دوره پرورش به‌دست آمد.

(Amerah et al., 2008) بیان کردند افزایش pH بستر به دلیل جذب ازت آمونیاکی و عدم خروج آمونیاک از بستر در اواخر دوره پرورش و همچنین، کاهش pH آن شاید به دلیل خروج آمونیاک و ازت از بستر باشد. (Azizian et al., 2019) در مطالعه‌ای نشان داد که در تیمار اکستروود، درصد رطوبت، نیتروژن و میزان ازت فرار بستر بیشتر و جمعیت باکتری اسپورزا و کل چارچ بستر، کمتر از بسترهای دیگر بوده است. درصد سوختگی مفصل خرگوشی، درصد پرنده‌های لنگشی و تلفات در تیمار اکستروود و پلت بیشتر از تیمار آردی بوده است که با نتایج تحقیق پیش‌رو مطابقت دارد. بنابراین، شکل خوراک پلت و اکستروود در مقایسه با خوراک آردی، آثار منفی بر درصد رطوبت، نیتروژن و میزان ازت فرار بستر و درصد تلفات داشته و باعث افزایش وقوع سوختگی مفصل خرگوشی و لنگش در جوجه‌های گوشتی شده است. بنابراین، مدیریت بستر در هنگام استفاده از دان اکستروود و پلت توصیه می‌شود. مطالعه دیگری نشان داده است که استفاده از جیره آردی نسبت به جیره پلت باعث کاهش بیماری کوکسیدیوز، جمعیت میکروبی سکوم، کاهش pH دستگاه گوارش و همچنین، کاهش عوامل بیماری‌زای موجود در خوراک می‌شود (Khajali & Slominski, 2012). این پژوهشگران بیان داشتند رطوبت و حجم فضولات بستر از عوامل مهم و تأثیرگذار بر کیفیت بستر هستند. زمانی که

جدول ۵- اثر شکل فیزیکی خوراک روی جمعیت باکتریایی بستر

Table 5. Effect of physical feed form on bacterial populations present in the litter

Treatments	CFU/day 35	CFU/day 42
Mash throughout entire rearing period	11.52 ^a	11.33
Crumble throughout entire rearing period	11.15 ^{bc}	11.18
Extruded throughout entire rearing period	11.03 ^c	11.32
Pellet throughout entire rearing period	11.37 ^{ab}	11.11
Crumble (starter) and pellet (growth and finisher)	11.15 ^{bc}	11.23
Crumble (starter) and extruded (growth and finisher)	11.08 ^c	10.98
Pellet (starter and growth) and mash (finisher)	11.39 ^{ab}	11.15
Extruded feed (starter and growth) and mash (finisher)	11.32 ^{ab}	11.22
SEM	0.002	0.038
P-value	0.042	0.51

^{a-c} Different letters within each column indicate significant differences among means ($P < 0.05$). SEM: Standard error of the means; CFU: Colony-forming unit

جدول ۶- اثر شکل فیزیکی خوراک روی کیفیت بستر

Table 6. Effect of physical feed form on the litter quality

Treatments	Litter pH		Litter moisture (%)	
	Day 21	Day 42	Day 21	Day 42
Mash throughout entire rearing period	6.990 ^b	7.398 ^{ab}	39.082 ^b	39.84
Crumble throughout entire rearing period	7.390 ^{ab}	7.240 ^b	49.600 ^a	39.37
Extruded feed throughout entire rearing period	7.616 ^a	8.128 ^a	44.550 ^{ab}	33.76
Pellet throughout entire rearing period	7.212 ^{ab}	7.466 ^{ab}	47.280 ^{ab}	32.50
Crumble (starter) and pellet (growth and finisher)	7.626 ^a	7.664 ^{ab}	50.598 ^a	40.64
Crumble (starter) and extruded (growth and finisher)	7.830 ^a	7.782 ^{ab}	46.294 ^{ab}	33.58
Pellet (starter and growth) and mash (finisher)	7.766 ^a	7.850 ^{ab}	44.586 ^{ab}	31.57
Extruded (starter and growth) and mash (finisher)	6.916 ^a	7.366 ^{ab}	46.814 ^{ab}	44.59
SEM	0.080	0.094	1.03	1.51
P-value	0.0098	0.027	0.0158	0.289

^{a-b} Different letters within each column indicate significant differences among means ($P < 0.05$). SEM: Standard error of the means

جدول ۷- اثر شکل فیزیکی خوراک روی بافت‌شناسی روده جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸

Table 7. Effect of physical feed form on histology of different intestinal parts (μm) of Ross 308 broiler chicks

Treatments	Duodenum			Jejunum			Ileum		
	Height (H)	Width (W)	Depth ((D))	H	W	D	H	W	D
Mash throughout rearing period	1366	192	266	875 ^b	154 ^b	222	543 ^b	224	200
Crumble throughout rearing period	1397	164	240	1029 ^{ab}	178 ^{ab}	196	566 ^{ab}	197	154
Extruded throughout rearing period	1478	182	211	1031 ^{ab}	173 ^{ab}	166	634 ^a	147	164
Pellet throughout rearing period	1524	164.7	237	1289 ^a	202 ^{ab}	235	620 ^a	214	196
Crumble (starter) and pellet (growth and finisher)	1486	212	257	1079 ^{ab}	214 ^a	224	592 ^a	205	125
Crumble (starter) and extruded (growth and finisher)	1645	203	246	1284 ^a	195 ^{ab}	194	550 ^{ab}	192.67	138
Pellet (starter and growth) and mash (finisher)	1357	172	206	1093 ^{ab}	167 ^{ab}	211	554 ^{ab}	152	197
Extruded (starter and growth) and mash (finisher)	1306	186	246	967 ^{ab}	169 ^{ab}	215	556 ^{ab}	180	154
SEM	46.18	5.57	8.39	13.08	17.61	27.81	27.14	8.49	7.05
P-value	0.692	0.262	0.643	0.021	0.0448	0.5753	0.037	0.265	0.175

^{a-b} Different letters within each column indicate significant differences among means ($P < 0.05$). SEM: Standard error of the means

نتایج تحقیق حاضر تقریباً مطابقت دارد. مطالعات مختلف نشان دادند شکل فیزیکی خوراک، به‌ویژه ساختار و شکل آن، می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر ریخت‌شناسی روده در جوجه‌های گوشتی داشته باشد. شکل فیزیکی خوراک می‌تواند رشد و توسعه روده، فعالیت و حرکات روده‌ای و ساختار ریخت‌شناسی روده را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه به بهبود عملکرد گوارشی و جذب مواد مغذی کمک کند. با این حال، ذکر این نکته لازم است که هر مطالعه ممکن است شرایط خاص خود را داشته باشد و نتایج ممکن است به شرایط و منابع خاص محدود شود (Kheravii et al., 2018).

همچنین، Amerah et al. (2007) در تحقیقی گزارش دادند که لایه موکوسی دئودنوم و ژژنوم روده در پرندگانی که از خوراک پلت استفاده می‌کنند، افزایش یافت که در نتیجه آن، ارتفاع پرزها بیشتر مشاهده می‌شود که تقریباً با نتایج حاضر منطبق است، در حالی که تحقیقات سایر پژوهشگران نشان داد که مصرف خوراک آردی منجر به افزایش طول پرزها، عمق کریپت‌ها و سلول‌های جامی و کاهش نسبت طول به عمق کریپت‌ها شده و در نتیجه، جذب مواد مغذی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Itani et al., 2024). Kheravii et al. (2018) و Khasanah et al. (2024)، اثر معنی‌دار شکل خوراک بر ریخت‌شناسی روده را گزارش کردند که با

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان نتیجه گرفت که شکل-های مختلف خوراک در طول دوره پرورش، آثار متفاوتی بر عملکرد پرندگان داشتند. طی دوره پرورش، بیشترین افزایش وزن بدن در پرندگانی مشاهده شد که با خوراک اکستروده تغذیه شدند، در حالی که کمترین FCR مربوط به تیمارهایی بود که از خوراک کرامبل در دوره آغازین و خوراک اکستروده شده در دوره‌های رشد و پایداری استفاده کردند. با این حال، تفاوت معنی‌داری در مقایسه با پرندگانی که در کل دوره پرورش با خوراک اکستروده شده تغذیه شدند، مشاهده نشد. نتایج نشان داد که شکل فیزیکی

جیره‌ها، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد، عملکرد گوارشی، جذب مواد مغذی، بافت‌شناسی قسمت‌های مختلف روده، pH و رطوبت بستر و جمعیت باکتریایی روده دارد. بیشترین افزایش وزن بدن در پرندگانی مشاهده شد که در کل دوره پرورش با خوراک اکستروده شده تغذیه شدند. خوراک‌های پلت و اکستروده شده در مقایسه با خوراک آردی، آثار منفی بر رطوبت بستر داشتند، که می‌تواند منجر به افزایش شیوع سوختگی مفصل خرگوشی و لنگش در جوجه‌های گوشتی شود. بنابراین، توجه به مدیریت بستر جوجه‌ها ضروری است و برای این منظور، نوع خوراک نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

فهرست منابع

- Abdollahi, M., Ravindran, V., Svihus, B. J. A. F. S., & Technology. (2013). Influence of grain type and feed form on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of nitrogen, starch, fat, calcium and phosphorus in broiler starters. *Animal Feed Science and Technology*, 186(3-4), 193-203. doi: 10.1016/j.anifeeds.2013.10.015
- Aguzey, H. A., Gao, Z., Haohao, W., & Guilan, A. (2018). Influence of feed form and particle size on gizzard, intestinal morphology and microbiota composition of broiler chicken. *Poultry, Fisheries & Wildlife Sciences*, 6(2), 1000196. doi: 10.4172/2375-446X.1000196
- Al-Homidan, I. H., Robertson, J. F., & Petchey, A. M. (2003). Review of the effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. *Worlds Poultry Science Journal*, 59(3), 340-349. doi: 10.1079/WPS20030021
- Amerah, A. M. (2008). Feed particle size, whole wheat inclusion and xylanase supplementation in broiler diets: influence on the performance, digesta characteristics and digestive tract development. A thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Poultry Nutrition at Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Amerah, A. M., Ravindran, V., Lentle, R., & Thomas, D. J. P. S. (2007). Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. *Poultry Science*, 86(12), 2615-2623. doi: 10.3382/ps.2007-00212
- Amerah, A. M., Ravindran, V., Lentle, R., & Thomas, D. J. P. S. (2008). Influence of feed particle size on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters fed wheat-and corn-based diets. *Poultry Science*, 87(11), 2320-2328. doi: 10.3382/ps.2008-00149
- AOAC. (2005). Official Method of Analysis (18th Ed.). Association of Official Analytical Chemists International, Maryland, USA.
- Aviagen. (2019). Aviagen Ross Nutrition Specifications. http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/RossBroilerNutritionSpecs2019-N.pdf, Accessed Jan 2020.
- Azizian, M., Saki, A. A., Karimi Torshizi, M. A., & Azimi, S. (2019). The effect of feed form (Mash, Pellet, Extrude) on energy and protein efficiency, morphology and microbial population of intestine in broiler chicken. *Iranian Journal of Animal Science*, 50(1), 69-77. doi: 10.22059/ijas.2019.281830.653707 [In Persian]
- De Los Santos, F. S., Donoghue, A., Farnell, M., Huff, G., Huff, W., & Donoghue, D. (2007). Gastrointestinal maturation is accelerated in turkey poultlets supplemented with a mannan-oligosaccharide yeast extract (Alphamune). *Poultry Science*, 86(5), 921-930. doi: 10.1093/ps/86.5.921
- Dersjant-Li, Y., Van De Belt, K., Van Der Klis, J., Kettunen, H., Rinttilä, T., & Awati, A. J. (2015). Effect of multi-enzymes in combination with a direct-fed microbial on performance and welfare parameters in broilers under commercial production settings. *Journal of Applied Poultry Research*, 24(1), 80-90. doi: 10.3382/japr/pfv003

- Ghaseminejad, M., Sadeghi, A. A., Motamedi-Sedeh, F., & Chamani, M. (2017). Caecal bacterial populations and growth of broiler chickens fed diets with different particle sizes and forms. *Kafkas Universitesi veteriner fakultesi Dergisi*, 23(5), 743-748. doi: 10.9775/kvfd.2017.17676
- Jouzani, N. (2019). Effect of feed physical form and vitamin supplementation levels in the finisher diet of commercial Ross 308 broiler chickens. Master's thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. [In Persian]
- Hosseini, S. M., & Afshar, M. (2017). Effects of feed form and xylanase supplementation on performance and ileal nutrients digestibility of heat-stressed broilers fed wheat-soybean diet. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1), 550-556. doi: 10.1080/09712119.2016.1224765
- Itani, K., Apajalahti, J., Smith, A., Ghimire, S., & Svihus, B. (2024). The effect of increasing the level of oat hulls, extent of grinding and their interaction on the performance, gizzard characteristics and gut health of broiler chickens fed oat-based pelleted diets. *Animal Feed Science and Technology*, 308, 115858. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2023.115858
- Khajali, F., & Slominski, B. (2012). Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. *Poultry Science*, 91(10), 2564-2575. doi: 10.3382/ps.2012-02332
- Khasanah, H., Kusbianto, D. E., Purnamasari, L., dela Cruz, J. F., Widianingrum, D. C., & Hwang, S. G. (2024). Modulation of chicken gut microbiota for enhanced productivity and health: A review. *Veterinary World*, 17(5), 1073-1083. doi: 10.14202/vetworld.2024.1073-1083
- Kheravii, S., Morgan, N., Swick, R. A., Choct, M., & Wu, S.-B. (2018). Roles of dietary fibre and ingredient particle size in broiler nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 74(2), 301-316. doi: 10.1017/S0043933918000259
- Liermann, W., Frahm, J., Berk, A., & Dänicke, S. (2019). Investigations of relationships between alterations of the gastrointestinal tract caused by feeding variously processed feedstuffs and blood and immunological traits of broilers. *Poultry Science*, 98(1), 306-318. doi: 10.3382/ps/pey347
- Moharrery, A., & Mahzonieh, M. (2005). Effect of malic acid on visceral characteristics and coliform counts in small intestine in the broiler and layer chickens. *International Journal of Poultry Science*, 4(10), 761-764. doi: 10.3923/ijps.2005.761.764
- Owosibo, A. O., Odetola, O. M., Odunsi, O. O., Adejinmi, O. O., & Lawrence-Azua, O. O. (2013). Growth, haematology and serum biochemistry of broilers fed probiotics based diets. *African Journal of Agricultural Research*, 8(41), 5076-5081. doi: 10.5897/AJAR2013.7593
- Pirgozliev, V., Murphy, T., Owens, B., George, J., & McCann, M. E. E. (2008). Fumaric and sorbic acid as additives in broiler feed. *Research in Veterinary Science*, 84(3), 387-394. doi: 10.1016/j.rvsc.2007.06.010
- Rehman, H. U., Vahjen, W., Awad, W. A., & Zentek, J. (2007). Indigenous bacteria and bacterial metabolic products in the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition*, 61(2007), 319-335. doi: 10.1080/17450390701556817
- Ritz, C. W., Fairchild, B. D., & Lacy, M. P. (2005). Litter quality and broiler performance. Cooperative Extension Service/The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences. Bulletin 1267.
- Shabani, S., Seidavi, A., Asadpour, L., & Corazzin, M. (2015). 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. *Livestock Science*, 180, 150-157. doi: 10.1016/j.livsci.2015.07.006
- SAS Institute. (2011). SAS User's Guide. Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Zang, J. J., Piao, X. S., Huang, D. S., Wang, J. J., Ma, X., & Ma, Y. X. (2009). Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(1), 107-112. doi: 10.5713/ajas.2009.80352