نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۴۴، پاییز ۱۴۰۳
ص‌ص: ۱۲۱~۱۳۲

تأثیر شکل خوراک و غلظت مواد مغذی بر وزن بدن، ریخت‌شناسی روده و ضخامت ماهیچه سنگدان نیمچه‌های مادر گوشتی

• **انورآموزمهر[1]، بهروز دستار*[2]، امید عشایری زاده[3]، رضا میرشکار[4]، محمدرضا عبدالهی[5]**

۱- دانشجوی دکتری تغذیه طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲- استاد، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳- دانشیار، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۴- استادیار، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۵- استادیار دانشگاه مسی نیوزلند.

تاریخ دریافت : خرداد ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش : دی ۱۴۰۲

شماره تماس نویسنده مسئول: ۹۸۹۱۱۳۷۱۶۸۶۲
Email: Dastar392@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ ASJ.2024.362318.2314

چکیده

برای انجام این آزمایش تعداد ٤٥٠ قطعه نیمچه مادر گوشتی(راس ۳۰۸)، با ٦ تیمار و ٥ تکرار و ١٥ پرنده در هر تکرار در ۳۰ واحد آزمایشی توزیع شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل ۲ × ۳ در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ شکل خوراک (آردی، کرامبل و پلت) و ۲ سطح غلظت مواد مغذی (جیره استاندارد و جیره رقیق‌شده به مقدار ۹۰٪ استاندارد) در دوره رشد (۷ تا ۱۹ هفتگی) و دوره پیش‌تولید (۱۹ هفتگی تا شوک نوری) انجام شد. نتایج نشان داد در دوره رشد شکل خوراک در جیره رقیق‌شده تأثیری بر وزن نیمچه‌ها نداشت. در حالیکه استفاده از خوراک پلت در مقایسه با خوراک آردی در جیره استاندارد سبب افزایش معنی-دار وزن بدن شد (P < ۰/۰۵). در دوره پیش‌تولید استفاده از خوراک‌های پلت و کرامبل در مقایسه با خوراک آردی سبب افزایش معنی‌دار وزن بدن و رقیق‌سازی جیره سبب کاهش معنی‌دار وزن بدن نیمچه‌های مادر شد (P < ۰/۰۵). شکل خوراک و غلظت مواد مغذی تأثیر معنی‌دار بر ریخت‌شناسی پرزهای ژژنوم نداشتند (P > ۰/۰۵). استفاده از خوراک پلت در مقایسه با خوراک آردی سبب افزایش ضخامت بخش کرانیودورسال ضخیم ماهیچه‌های پشتی سنگدان نیمچه‌ها شد (P < ۰/۰۵). بر اساس نتایج این آزمایش، استفاده از جیره پلت یا کرامبل حاوی سطوح مواد مغذی توصیه شده کنترل وزن در گله‌های مادر گوشتی را به دلیل افزایش وزن بیشتر می‌تواند با مشکل مواجه کند ولی رقیق‌سازی جیره به مقدار ۹۰ درصد مقدار مواد مغذی توصیه شده تا حدود زیادی در کنترل وزن موثر است.

واژه‌های کلیدی: مرغ مادر گوشتی، شکل خوراک، جیره رقیق‌شده، عملکرد.

Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by **Research Journal of Livestock Science** (https://asj.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited

Research Journal of Livestock Science No 144 pp: 121-132

Effect of feed form and nutrient density on body weight, intestinal morphology and gizzard muscle thickness in broiler breeder pullets

By: Anvar Amoozmehr[1], Behrouz Dastar*[2], Omid Ashayerizadeh[3], Reza Mirshekar[4], Mohammad Reza Abdollahi[5]

1: Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Shahid Beheshti Ave, GORGAN, IRAN.
2: * Corresponding Author
Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Shahid Beheshti Ave, GORGAN, IRAN.
3:Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Shahid Beheshti Ave, GORGAN, IRAN.
4: Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Shahid Beheshti Ave, GORGAN, IRAN.
5: Monogastric Research Centre, School of Agriculture and Environment, Massey University, New Zealand.

Received: June 2023 **Accepted: January 2024**

A total of 450 Ross 308 female broiler breeder pullets were distributed into 30 experimental units with 6 treatments and 5 replicates with 15 birds per each. The experiment was performed in a a completely randomized design with a factorial 2 × 3 arrangement consisted of 3 feed forms (mash, crumble, and pellet) and 2 levels of nutrient density (standard diet and diluted diet to 90% standard) in the grower and pre-breeder periods. The results showed that feed form in the diluted diet had no significant effect on the weight of broiler breeder pullets during the grower period, while the use of pellet feed compared to mash feed in the standard diet caused a significant increase in body weight ($P< 0.05$). Pellet and crumble feeds compared to mash feed in the pre-production period caused a significant increase in body weight and diet dilution caused a significant decrease in the body weight of broiler breeder pullets ($P<0.05$). Neither feed form nor nutrient density significantly affected jejunum villi morphology ($P> 0.05$). The use of pellet feed compared to mash feed caused an increase in the thickness of the gizzard dorsal muscles ($P< 0.05$). Based on the results of this experiment, the use of pellet or crumble diets containing nutrients recommended levels can cause problems in weight control in broiler breeder pullets due to increased weight, but diluting the diet to 90% of the nutrients recommendation are effective to a large extent in controlling body weight.

Key words: Broiler breeder pullets, feed form, diluted diet, performance

مقدمه

متخصصان تغذیه طیور در حال مطالعه راه‌های جدیدی برای بهینه‌سازی استفاده از خوراک و راندمان تولید هستند (Zaefarian و همکاران، ۲۰۱۶؛ Massuquetto و همکاران، ۲۰۲۰). شکل خوراک نقش مهمی در تعیین عملکرد رشد، هضم مواد مغذی، سلامت روده و عملکرد تولیدی طیور دارد (Abdollahi و همکاران، ۲۰۱۴؛ Abadi و همکاران، ۲۰۱۹). جیره‌های طیور به‌طور عمده به سه شکل آردی، پلت و کرامبل می‌باشد. پلت کردن منجر به افزایش مصرف خوراک و بهبود افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در طیور می‌شود (Jim´enez-Moreno و همکاران، ۲۰۰۹؛ Guzman و

همکاران، ۲۰۱۵). هنگامی‌که جیره‌ها به‌صورت پلت تغذیه می‌شوند، هدر رفت خوراک کاهش‌یافته و استفاده از مواد مغذی افزایش می‌یابد. پلت کردن وزن نسبی سنگدان را کاهش و pH سنگدان را در طیور افزایش می‌دهد (Abdollahi و همکاران، ۲۰۱۳)، اثراتی که در نیمچه‌های تخم‌گذار به‌دلیل پایین بودن سرعت رشد و ظرفیت جذب آن‌ها کمتر مشخص شده است (Guzman و همکاران، ۲۰۱۵). بااین‌حال، اطلاعات موجود در مورد تأثیر شکل خوراک بر عملکرد رشد و توسعه دستگاه گوارش در نیمچه‌های مادر گوشتی محدود است.

یکی از مشکلات پیش رو برای مرغ‌های مادر گوشتی سرعت رشد آن‌ها می‌باشد. برای جلوگیری از اختلالات تولیدمثلی و سلامتی مرغ‌های مادر گوشتی باید سرعت رشد آن‌ها در طی مراحل پرورش و تولید کنترل شود (Hocking و همکاران، ۱۹۹۴). افزودن مقدار متوسط از منابع مختلف فیبر به جیره موجب توسعه اندام‌های گوارشی، افزایش ترشح اسیدکلریدریک و اسیدهای صفرای (Svihu، ۲۰۱۱) و بهبود سلامت دستگاه گوارش می‌شود (Perez و همکاران، ۲۰۱۱). در مرغ‌های مادر گوشتی تولید تخم‌مرغ، یکنواختی گله و عملکرد رشد با خوراک رقیق‌شده با یونجه، خوراک گلوتن گندم، کنجاله دانه‌های آفتابگردان، سبوس گندم و کنجاله هسته خرما بهبود می‌یابد (De Jong و همکاران، ۲۰۰۳). بخشی از این بهبود ممکن است به‌دلیل افزایش احساس سیری و کاهش احساس گرسنگی باشد که در جیره‌های رقیق‌شده که دستگاه گوارش را پر می‌کنند، ایجاد شود (Whittaker و همکاران، ۱۹۹۸). مطالعات محدودی در مورد استفاده از خوراک‌های پلت و کرامبل در تغذیه مرغ‌های مادر گوشتی وجود دارد و به همین دلیل این آزمایش به‌منظور بررسی اثر شکل خوراک و غلظت جیره بر وزن بدن، ریخت‌شناسی روده و سنگدان نیمچه‌های مادر گوشتی انجام شد.

مواد و روش

این آزمایش در مزرعه پرورش مرغ مادر شرکت سیمین جوجه گرگان انجام شد. بدین منظور تعداد ۴۵۰ قطعه جوجه مادر گوشتی (راس ۳۰۸) با ۶ تیمار و ۵ تکرار و ۱۵ قطعه جوجه در هر تکرار با میانگین سنی پنج هفته و میانگین وزن اولیه ۶/۹ ±۶۹۴ گرم انتخاب و در یک سالن کنترل‌شده تحت برنامه نوری مداوم در دوره پرورش ۸ ساعت روشنایی از ساعت ۷ صبح تا ساعت ۳ بعدازظهر با شدت نور ۵ لوکس نگهداری شدند. در ابتدای هفته‌ی ۲۳ طول مدت روشنایی به ۱۱ ساعت (از ساعت ۷ صبح تا ۶ بعدازظهر) و شدت نور طی مدت سه روز به ۵۰ لوکس افزایش یافت. آزمایش به‌صورت آرایش فاکتوریل ۲ × ۳ شامل ۳ شکل خوراک (آردی، کرامبل، پلت) و ۲ سطح غلظت مواد مغذی (جیره استاندارد و و جیره رقیق‌شده به مقدار ۹۰٪ استاندارد) انجام شد. مواد مغذی جیره‌ها در دوره رشد (۷-۱۹ هفتگی) و پیش‌تولید (۱۹ هفتگی تا شوک نوری) بر اساس مشخصات تغذیه مرغ مادر راس ۳۰۸ (Aviagen، ۲۰۱۶) بود و از پوسته آفتابگردان برای رقیق کردن جیره استفاده شد (جدول ۱). ترکیبات مغذی پوسته آفتابگردان شامل ۹۲/۸ درصد ماده خشک، ۴/۸ درصد پروتئین خام، ۵۲/۳ درصد فیبر خام، ۷۱/۳ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ۶۳/۱ درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و ۱۰۳۷ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی خام بود. همه پرندگان دسترسی آزاد به آب داشتند. میزان تخصیص خوراک در نیمچه‌های دریافت‌کننده جیره استاندارد براساس راهنمایی سویه راس بود (Aviagen، ۲۰۱۶)؛ اما در جیره‌های رقیق شده میزان تخصیص خوراک ۱۰ درصد بیشتر از جیره استاندارد بود. تعداد دو آبخوری زنگوله‌ای در هر واحد آزمایشی و سیستم دانخوری تراف ۱۵-۱۰ سانتی‌متر فضای دانخوری به ازای هر مرغ فراهم شد. رطوبت نسبی به‌طور متوسط ۶۰ درصد و دما مطابق با توصیه‌های مندرج در کتابچه راهنمای مدیریت پرورش مرغ مادر گوشتی Ross ۳۰۸ بود.

جدول ۱- اقلام تشکیل‌دهنده جیره‌های آزمایشی و ترکیب شیمیایی آن‌ها

اقلام خوراکی (درصد)	دوره رشد (۷ تا ۱۹ هفتگی)		دوره پیش‌تولید (۱۹ هفتگی تا شوک نوری)	
	جیره رقیق‌شده	جیره استاندارد	جیره رقیق‌شده	جیره استاندارد
دانه ذرت	۵۰/۵۷	۵۹/۰۰	۵۲/۴۳	۶۰/۸۵
کنجاله سویا	۱۵/۸۵	۱۹/۲۱	۱۷/۴۲	۲۰/۸۷
جو	۵/۰۰	۵/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰
گندم	۵/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰
سبوس گندم	۵/۰۰	۵/۰۰	۲/۹۴	۲/۹۴
بنتونیت	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰
پوسته آفتابگردان	۱۲/۲۷	–	۱۲/۳۹	–
دی- ال- متیونین	۰/۱۲	۰/۱۴	۰۰/۱۰	۰/۱۱
ال- لیزین	۰/۰۱	۰/۰۲	–	–
ال- تروئونین	۰/۰۳	۰/۰۴	–	–
دی کلسیم فسفات	۱/۶۴	۱/۸۲	۱/۳۱	۱/۴۵
کربنات کلسیم	۰/۸۳	۱/۰۴	۱/۷۳	۲/۰۵
کلرید سدیم	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۳۰
بی کربنات سدیم	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۳
توکسین بایندر	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
مکمل ویتامینه [۱]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی [۲]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
ترکیب شیمیایی (برحسب درصد)				
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم)	۲۵۲۰	۲۸۰۰	۲۵۲۰	۲۸۰۰
پروتئین خام	۱۲/۸۵	۱۴/۲۸	۱۳/۰۵	۱۴/۵۰
کلسیم	۰/۸۱	۰/۹۰	۱/۰۸	۱/۲۰
فسفر	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۳۱	۰/۳۵
سدیم	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۶
لیزین قابل هضم	۰/۵۵	۰/۶۱	۰/۵۶	۰/۶۲
متیونین قابل هضم	۰/۳	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۳۳
متیونین + سیستین قابل هضم	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۵۴
ترئونین قابل هضم	۰/۴۳	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۴۶

[۱] ترکیب در هر کیلوگرم محصول: ویتامین A ۲۰۹۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E ۷/۶۰۰ میلی گرم؛ ویتامین B_1 ۴۷۵ میلی گرم؛ ویتامین D_3، ۳۳۲۵۰۰ واحد بین المللی، ویتامین K ۹۵۰ میلی گرم؛ اسید نیکوتین، ۸/۵۰۰ میلی گرم؛ ویتامین B_{12} ۳/۸۰۰ میکروگرم؛ ویتامین B_2 ۱/۹۰۰ میلی گرم؛ ویتامین B_6 ۹۵۰ میلی گرم؛ اسید فولیک، ۲۳۷/۵ میلی گرم؛ بیوتین، ۳۸ میلی گرم؛ کولین، ۷۲۰۰۰ میلی گرم؛ اسید پانتوتنیک، ۳/۸۰۰ میلی گرم.

[۲] ترکیب در هر کیلوگرم محصول: مس ۳۰۰۰ میلی گرم؛ آهن ۱۵۰۰۰ میلی گرم؛ ید ۳۰۰ میلی گرم؛ منگنز ۲۱۰۰۰ میلی گرم؛ سلنیوم ۹۰ میلی گرم؛ روی ۱۹/۵۰۰میلی گرم.

خوراک‌ها با آسیاب چکشی با صفحه توری ۵ میلی‌متر (پلت و کرامبل) و ۸ میلی‌متر (آردی) آسیاب و در یک میکسر افقی مخلوط شدند. سپس برای تولید خوراک پلت و کرامبل، خوراک آسیاب شده پس از عبور از یک کاندیشنر با فشار بخار ۲ بار و دمای خروجی ۷۰ درجه سانتی‌گراد در مدت ۴۵ ثانیه فرآوری شد. خوراک پلت شده با دستگاه پرس پلت با ظرفیت تولید ۱۰ تن در ساعت (مدل تجاری PTN هلند و مونتاژ چین) تولید شد. برای تولید دان کرامبل از دستگاه کرامبلر استفاده شد.

بعد از تولید دان، شاخص استحکام پلت بر اساس دستگاه هولمن اندازه‌گیری شد. بدین منظور چهار تکرار صد گرمی پلت کامل به مدت ۶۰ ثانیه در معرض فشار هوای ۶۸ میلی‌بار در دستگاه هولمن NHP-100 قرار داده شد و پس از اتمام زمان فوق محتویات داخل دستگاه الک شدند تا گرم پلت کامل پس از ۶۰ ثانیه محاسبه شود. برای محاسبه شاخص استحکام پلت از رابطه گرم پلت کامل پس از یک دقیقه/صدگرم ضربدر ۱۰۰ استفاده شد. برای ارزیابی توزیع اندازه ذرات جیره‌ها از روش غربال لرزان استفاده شد. اندازه الک‌ها بزرگتر از ۱ میلی‌متر، ۱ الی ۲ میلی‌متر، ۳ میلی‌متر و کمتر از ۳ میلی‌متر بودند. ۱۰۰ گرم نمونه خوراک به مدت ۱۰ دقیقه روی الک (با استفاده از شیکر) عبور داده شد. مقدار ذرات باقی مانده در هر الک با کم کردن وزن الک از وزن نهایی الک و نمونه پس از تکان دادن اندازه گیری شد. هر نمونه از اندازه‌های مختلف ذرات با استفاده از یک بشر شیشه‌ای با حجم مشخص (۲۵۰ سانتی متر مکعب) تحت آنالیز چگالی ظاهری قرار گرفت. وزن بشر ابتدا مشخص شد. سپس خوراک داخل بشر ریخته شد و بشر و نمونه موجود مجددا وزن شدند. سپس وزن نمونه بر حجم آن تقسیم شد و چگالی ظاهری ثبت شد. همچنین جهت ارزیابی سختی پلت از پلت سنج آماندوس کاهل استفاده شد. خواص ظاهری جیره‌های آزمایشی در جدول ۲ گزارش شده است.

جدول ۲- خواص ظاهری جیره‌های آزمایشی

اقلام خوراکی (درصد)	دوره رشد (۷ تا ۱۹ هفتگی)		دوره پیش‌تولید (۱۹ هفتگی تا شوک نوری)	
	جیره رقیق‌شده	جیره استاندارد	جیره رقیق‌شده	جیره استاندارد
چگالی ظاهری (kg/m^3)	۶۰۰	۷۵۴	۶۰۰	۷۰۰
شاخص ماندگاری پلت	۹۰/۴	۹۲/۶	۹۴/۰	۹۲/۲
سختی پلت (kg)	۴/۹	۳/۸	۴/۸	۴/۹

جهت اندازه‌گیری تغییرات وزن بدن، نیمچه‌ها هر دو هفته یک‌بار وزن‌کشی شدند. جهت اندازه‌گیری ریخت‌شناسی پرزهای روده، در پایان سن ۲۳ هفتگی، از هر واحد آزمایشی یک نیمچه انتخاب و پس از توزین کشتار شدند. برای اندازه‌گیری پرزهای روده، قسمت‌هایی از وسط ژژنوم (طول حدود ۵ سانتی‌متر) برداشته شد و با سرم نمکی شستشو و بلافاصله در مایع فرمالین ۱۰ درصد غوطه‌ور شد. برش‌های ۵ میکرومتری نمونه بافت با استفاده از میکروتوم برش داده شد، سپس روی یک لام قرار داده شد و با هماتوکسیلین و ائوزین رنگ‌آمیزی شد سپس ارتفاع پرز، عرض پرز و عمق کریپت اندازه‌گیری شد همچنین، نسبت طول پرز به عمق کریپت نیز محاسبه شد و مساحت سطح و با فرمول زیر محاسبه گردید (Iji و همکاران ، ۲۰۰۱): = **مساحت سطح پرز**

[ارتفاع پرز $\times 2^{-1} \times$

+ عرض پرز در دو سوم ارتفا پرز)

[(عرض پرز در یک سوم

جهت اندازه‌گیری ضخامت ماهیچه‌های سنگدان، سنگدان از بدن نیمچه‌ها جدا شد و در بافر خنثی ۱۰ درصد در فرمالین ثابت شد و به‌صورت قطری در امتداد سطح سمت چپ آن برش داده شد تا

فرمالین کافی نفوذ کند. پس از تثبیت، برش‌هایی از دو طرف ماهیچه شکمی و پشتی زده شد. بخش شکمی شامل ماهیچه نازک کرانیودورسال و ماهیچه ضخیم پشتی و بخش پشتی شامل ماهیچه نازک کرانیودورسال و ماهیچه ضخیم کرانیودورسال بودند. تمام مقاطع تهیه و در موم پارافین قرار گرفتند، سپس به قطر ۴ میکرومتر برداشته شدند و درنهایت با هماتوکسیلین و ائوزین رنگ‌آمیزی شدند. برای ارزیابی میانگین ضخامت ماهیچه‌های سنگدان، پهن-ترین نقطه ماهیچه سنگدان به عنوان ضخامت ماهیچه سنگدان ضخیم و باریک‌ترین بخش ماهیچه با ۱۰ نقطه مختلف در امتداد ماهیچه سنگدان با استفاده از میکروسکوپ نوری اندازه‌گیری شد (Abdollahi و همکاران، ۲۰۱۹).

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۰۱۳) و رویه Mixed انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش میانگین حداقل مربعات و سطح احتمال ۵ درصد به‌عنوان سطح معنی‌داری منظور شد. مدل آماری مورد استفاده $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB_{ij}) + e_{ijk}$ بود که در آن Y_{ijk}= متغیر وابسته، μ = میانگین هر یک از مشاهدات، A_i = اثر عامل اول (شکل خوراک با سه نوع شکل آردی، کرامبل و پلت)، B_j = اثر عامل دوم (غلظت مواد مغذی جیره در دو نوع جیره استاندارد و رقیق‌شده) ، (AB_{ij}) = اثر متقابل بین عامل اول و عامل دوم و e_{ijk} = اثر اشتباه آزمایش است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن بدن نیمچه‌های مادر گوشتی در جدول ۳ گزارش شده است. در دوره‌ی رشد (۷ هفتگی) شکل خوراک تاثیر معنی‌داری بر وزن بدن نداشت ولی در طی دوره‌های رشد (۹ الی ۱۷ هفتگی) و پیش تولید (۱۹ الی ۲۳ هفتگی) شکل خوراک وزن بدن نیمچه‌های مادر گوشتی را به طور معنی‌داری تغییر داد (P<۰/۰۵)؛ به طوریکه نیمچه‌های تغذیه شده با جیره‌های کرامبل و پلت وزن بدن بیشتری در مقایسه با جیره آردی داشتند. غلظت مواد مغذی بجز در هفته‌های ۷ و ۱۳ وزن بدن نیمچه ها را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد. نیمچه‌های تغذیه شده با جیره رقیق شده وزن بدن کمتری نسبت به جیره استاندارد داشتند (P<۰/۰۵). اثر متقابل شکل خوراک و غلظت مواد مغذی فقط در طی هفته‌های ۹ الی ۱۵ هفتگی وزن بدن نیمچه‌ها را به طور معنی‌داری تغییر داد (P<۰/۰۵) به شکلی که نیمچه‌های تغذیه شده با جیره‌های استاندارد به شکل کرامبل و پلت وزن بدن بیشتری نسبت به آردی داشتند در حالیکه در جیره-های رقیق‌شده تفاوت معنی‌داری در شکل خوراک وجود نداشت. Guzman و همکارن (۲۰۱۵) با بررسی شکل خوراک (آردی و کرامبل) در نیمچه‌های تخم‌گذار از یک تا ۱۷ هفتگی نشان دادند که در کل دوره پرورش استفاده از شکل کرامبل جیره، مصرف خوراک و وزن بدن را افزایش داد. Hosseini و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با خوراک پلت در مقایسه با آردی به‌طور معنی‌داری بیشتر است. در مطالعه دیگری Amornthewaphat و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با خوراک کرامبل نسبت به آردی به‌طور معنی‌داری وزن بدن بیشتری در ۲۱ روزگی داشتند. مطالعات نشان داده است که تغذیه پرندگان با جیره‌های پلت شده یا کرامبل در مقابل آردی، سبب بهبود عملکرد رشد، کاهش تلفات خوراک و تفکیک مواد، کاهش تغذیه انتخابی، افزایش خوش‌خوراکی و قابلیت هضم جیره می‌شود (Ghazi و همکاران، ۲۰۱۲؛ Chewning و همکاران، ۲۰۱۲). Ahmed و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشتند که خوراک به شکل کرامبل و یا پلت، بلافاصله در چینه‌دان حل‌شده و همراه با هضم سریع، میزان جذب آن افزایش می‌یابد. این محققین همچنین بیان کردند که خوراک پلت، حرکات دودی دستگاه گوارش را افزایش داده و بازده خوراک را بهبود می-بخشد. شکل خوراک می‌تواند با ایجاد اثرات متفاوت دستگاه گوارش (کاهش وزن سنگدان، pH محتویات روده و وزن نسبی پانکراس)، آنزیم‌های هضمی (فعالیت کمتر آنزیم‌های هضمی پانکراس) و بار میکروبی موجود در آن (تعداد کمتر باکتری‌های کلی فورم و اینتروکوکوس در قسمت ایلئوم و کاهش تعداد *کلستریدیوم پرفریجنس* و لاکتوباسیلوس در قسمت انتهایی دستگاه گوارش)، عملکرد پرورشی پرنده را تحت تأثیر قرار دهد

(Engberg و همکاران، ۲۰۰۲).

گزارش شده است تغذیه مرغ‌های نژاد کاب (۲۵ تا ۶۰ هفته) با جیره‌های رقیق‌شده (۲۲۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم) در مقایسه با جیره‌های معمولی (۲۸۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم) سبب شد تا مرغ‌ها وزن بدن کمتری در سنین ۲۵ و ۳۰ هفتگی داشته باشند (Enting و همکاران، ۲۰۰۷b). در مطالعه دیگری Guzman و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که افزودن ۲ درصد پوسته آفتابگردان به جیره نیمچه‌های تخم‌گذار (جیره باانرژی قابل متابولیسم ۲۹۰۴ کیلوکالری در کیلوگرم) عملکرد رشد را تا ۵ هفتگی بهبود داد، اما استفاده از ۴ درصد پوسته آفتابگردان (جیره با انرژی قابل متابولیسم ۲۸۸۵ کیلوکالری در کیلوگرم) و یا تفاله چغندرقند (جیره با انرژی قابل متابولیسم ۲۸۷۴ کیلوکالری در کیلوگرم) عملکرد رشد نیمچه‌ها را کاهش داد. Enting و همکاران (۲۰۰۷a) گزارش کردند که مرغ‌های مادر که در دوره پرورش و تخم‌گذاری (هفته ۳۰) با جیره‌های غلظت پایین‌تر (جیره باانرژی قابل متابولیسم ۲۲۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم) تغذیه شده بودند، کاهش قابل‌توجهی در وزن زنده داشتند. عواملی مختلفی همچون منبع فیبر (محلول در مقابل نامحلول)، اندازه ذرات، گونه، سن، شرایط فیزیولوژیکی (تخم‌گذار در مقابل جوجه گوشتی)، میزان انرژی و پروتئین جیره و مدت‌زمان مصرف خوراک بر پاسخ پرنده به مقدار فیبر جیره مؤثر هستند (Jim´enez-Moreno و همکاران، ۲۰۰۹).

جدول ۳- تأثیر شکل خوراک و غلظت مواد مغذی بر وزن نیمچه‌های مادر گوشتی در سنین مختلف دوره پرورش (برحسب گرم)

	دوره رشد (هفتگی)							دوره پیش‌تولید (هفتگی)		
	۷	۹	۱۱	۱۳	۱۵	۱۷	۱۹	۲۱	۲۳
اثر اصلی (شکل خوراک)									
آردی	۸۵۸/۵	۱۰۶۰/۳^{b}	۱۲۸۰/۷^{b}	۱۴۸۵/۸^{b}	۱۶۴۸/۷^{b}	۱۹۳۶/۱^{b}	۲۱۸۲/۴^{b}	۲۴۶۷/۸^{b}	۲۷۹۶/۹^{b}
کرامبل	۸۷۶/۲	۱۰۸۲/۸^{a}	۱۳۱۰/۲^{a}	۱۵۳۷/۷^{a}	۱۷۱۵/۷^{a}	۲۰۰۹/۶^{a}	۲۲۸۲/۴^{a}	۲۵۶۰/۷^{a}	۲۹۰۶/۰^{a}
پلت	۸۶۹/۴	۱۰۸۶/۸^{a}	۱۳۰۶/۶^{a}	۱۵۲۷/۹^{a}	۱۷۴۳/۱^{a}	۲۰۳۲/۸^{a}	۲۳۲۱/۸^{a}	۲۵۸۳/۸^{a}	۲۹۴۰/۰^{a}
خطای معیار	۴/۹۴	۳/۵۹	۳/۰۹	۶/۵۸	۹/۹۰	۱۴/۰۶	۱۵/۲۰	۱۶/۵۹	۱۷/۲۴
اثر اصلی (غلظت مواد مغذی جیره)									
استاندارد	۸۶۸/۴۲	۱۰۸۵/۴۰^{a}	۱۳۰۷/۱۰^{a}	۱۵۲۲/۱۰	۱۷۲۴/۰^{a}	۲۰۰۷/۶۰	۲۲۸۳/۸۰^{a}	۲۵۷۶/۲۰^{a}	۲۹۱۳/۱۳^{a}
رقیق‌شده	۸۶۷/۶۹	۱۰۶۷/۹۰^{b}	۱۲۹۱/۳۰^{b}	۱۵۱۲/۲	۱۶۸۱/۱۰^{b}	۱۹۷۸/۱۰	۲۲۴۰/۷۰^{b}	۲۴۹۸/۶۰^{b}	۲۸۴۸/۶۰^{b}
خطای معیار	۴/۰۳	۲/۹۳	۲/۵۲	۵/۳۷	۸/۰۸	۱۱/۴۸	۱۲/۴۱	۱۳/۵۵	۱۴/۰۷
اثرات متقابل (شکل خوراک × غلظت مواد مغذی جیره)									
آردی × استاندارد	۸۵۰/۱	۱۰۵۳/۱^{b}	۱۲۷۷/۰^{b}	۱۴۷۹/۳^{c}	۱۶۵۱/۶^{c}	۱۹۳۳/۱	۲۱۹۲/۹	۲۴۹۶/۹	۲۸۱۴/۰
کرامبل × استاندارد	۸۷۹/۶	۱۰۹۹/۸^{a}	۱۳۲۶/۳^{a}	۱۵۴۴/۹^{a}	۱۷۳۲/۴^{ab}	۲۰۲۶/۶	۲۲۹۷/۹	۲۶۰۱/۲	۲۹۵۳/۲
پلت × استاندارد	۸۷۵/۷	۱۱۰۳/۴^{a}	۱۳۱۸/۰^{a}	۱۵۴۲/۱^{a}	۱۷۸۸/۰^{a}	۲۰۶۳/۰	۲۳۶۰/۴	۲۶۳۰/۵	۲۹۷۲/۸
آردی × رقیق‌شده	۸۶۶/۸	۱۰۶۷/۶^{b}	۱۲۸۴/۴^{b}	۱۴۹۲/۳^{bc}	۱۶۴۵/۹^{c}	۱۹۳۹/۰	۲۱۷۱/۹	۲۴۳۸/۶	۲۷۷۹/۸
کرامبل × رقیق‌شده	۸۷۲/۷	۱۰۶۵/۹^{b}	۱۲۹۴/۱^{b}	۱۵۳۰/۶^{ab}	۱۶۹۹/۰^{bc}	۱۹۹۲/۶	۲۲۶۶/۸	۲۵۲۰/۲	۲۸۵۸/۸
پلت × رقیق‌شده	۸۶۳/۴	۱۰۷۰/۳^{b}	۱۲۹۵/۲^{b}	۱۵۱۳/۷^{abc}	۱۶۹۸/۳^{bc}	۲۰۰۲/۷	۲۲۸۳/۲	۲۵۳۷/۱	۲۹۰۷/۲
خطای معیار	۶/۹۹	۵/۰۷	۴/۳۷	۹/۳۱	۱۴/۰۰	۱۹/۸۸	۲۱/۵۰	۴۷/۲۳	۲۴/۳۸
سطح احتمال									
شکل خوراک	۰/۰۵۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
غلظت مواد مغذی	۰/۸۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۲۰	۰/۰۰۱	۰/۰۸۲	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۳۴
اثرات متقابل	۰/۱۱۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۹۹	۰/۰۱۹	۰/۲۶۵	۰/۳۹۳	۰/۷۵۲	۰/۴۷۶

در هر ستون میانگین‌های با حروف نامشابه دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P<۰/۰۵$).

ریخت‌شناسی پرزهای ژژنوم

اثرات اصلی شکل خوراک و غلظت جیره و همچنین اثرات متقابل شکل خوراک و غلظت مواد مغذی برشاخص‌های ریخت شناسی روده تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در رابطه با شکل خوراک، Ege و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند استفاده از جیره به شکل کرامبل تأثیر معنی‌داری بر طول نسبی قسمت های مختلف روده کوچک مرغ‌های تخم‌گذار نداشت، در حالیکه طول روده کور مرغ‌های تخم‌گذار تغذیه شده با جیره کرامبل کاهش معنی‌داری نسبت به جیره آردی داشت. ارتفاع پرز با استفاده از جیره کرامبل افزایش یافت اما عرض و عمق پرز تحت تأثیر شکل خوراک قرار نگرفت. Wan و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند استفاده از جیره پلت ارتفاع پرز، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و عمق کریپت را در بخش دئودنوم روده‌ی کوچک مرغ‌های تخم‌گذار نژاد های- لاین در مقایسه با جیره آردی افزایش داد.

در رابطه با غلظت مواد مغذی بر مورفولوژی روده Sklan و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که استفاده از ۹۰ گرم در کیلوگرم فیبر خام در بوقلمون در طی دوره پرورش (۹۰ روزگی) سبب کاهش طول نسبی دئودنوم و افزایش طول نسبی ژژنوم و ایلئوم شد. همچنین قطر دئودنوم و ژژنوم در اثر افزودن ۹۰ گرم در کیلوگرم فیبر خام افزایش یافت. با افزودن فیبر خام تعداد پرزهای دئودنوم کاهش یافت اما تأثیری بر پرزهای ژژنوم و ایلئوم نداشت. ارتفاع پرز ژژنوم با استفاده از فیبر خام نیز افزایش یافت. Idan و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کرند جیره غذایی حاوی ۱۲ درصد سبوس گندم منجر به افزایش اندازه، طول و حجم روده در جوجه-های گوشتی می‌شود. Rezaei و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند استفاده از ۱/۵ درصد فیبر میکرونیزه شده گندم به‌طور معنی‌داری طول نسبی قسمت‌های مختلف روده، ارتفاع پرز، ضخامت پرز و نسبت پرز به عمق کریپت بلدرچین‌ها را در دوره پرورش افزایش داد. Tejeda و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که تغذیه جوجه‌های گوشتی با سویا و فیبر خام حاوی ۲ الی ۸ درصد سلولز باعث افزایش ارتفاع پرزهای دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم شد. تأثیر فیبر غذایی بر مورفولوژی روده به خصوصیات فیزیکوشیمیایی فیبر، میزان افزودن آن‌ها در جیره غذایی و مدت زمان مصرف بستگی دارد.

جدول ٤- اثرات شکل خوراک و غلظت مواد مغذی بر شاخص‌های ریخت‌شناسی پرزهای ناحیه ژژنوم نیمچه‌های مادر گوشتی در سن ۲۳ هفتگی

	طول پرز (میکرومتر)	عرض پرز (میکرومتر)	عمق کریپت (میکرومتر)	نسبت طول به عمق کریپت	مساحت پرز (میلی‌متر مربع)
اثر اصلی (شکل خوراک)					
آردی	۷۴۹/۰۳	۱۱۷/۶۹	۱۸۷/۹۲	۴/۱۰	۰/۲۷
کرامبل	۹۰۴/۶۰	۱۲۱/۱۳	۲۳۱/۸۹	۴/۱۸	۰/۳۴
پلت	۸۴۹/۳۱	۱۲۵/۵۳	۲۲۶/۶۰	۳/۸۴	۰/۳۳
خطای معیار	۶۳/۲۶	۶/۹۶	۱۶/۱۰	۰/۴۱	۰/۰۳
اثر اصلی (غلظت مواد مغذی جیره)					
استاندارد	۸۹۶/۹۲	۱۱۸/۹۷	۲۱۹/۷۴	۴/۲۸	۰/۳۴
رقیق‌شده	۷۷۱/۷۱	۱۲۳/۹۳	۲۱۱/۲۰	۳/۸۰	۰/۲۸
خطای معیار	۵۱/۶۵	۵/۶۹	۱۳/۱۴	۰/۳۴	۰/۰۲
اثرات متقابل (شکل خوراک و غلظت مواد مغذی)					
آردی × استاندارد	۸۶۴/۷۱	۱۱۶/۶۱	۱۸۲/۹۰	۴/۹۳	۰/۳۲
کرامبل × استاندارد	۹۶۳/۶۴	۱۲۰/۴۷	۲۳۲/۸۳	۴/۲۷	۰/۳۶
پلت × استاندارد	۸۶۲/۴۲	۱۱۹/۸۳	۲۴۳/۴۹	۳/۶۴	۰/۳۳
آردی × رقیق‌شده	۶۳۳/۳۶	۱۱۸/۷۷	۱۹۲/۹۴	۳/۲۸	۰/۲۳
کرامبل × رقیق‌شده	۸۴۵/۵۷	۱۲۱/۸۰	۲۳۰/۹۵	۴/۰۸	۰/۳۱
پلت × رقیق‌شده	۸۳۶/۲۱	۱۳۱/۲۴	۲۰۹/۷۲	۴/۰۳	۰/۳۴
خطای معیار	۸۹/۴۶	۹/۸۵	۲۲/۷۷	۰/۵۸	۰/۰۴
سطح احتمال					
شکل خوراک	۰/۲۳	۰/۷۳	۰/۱۳	۰/۸۳	۰/۲۷
غلظت مواد مغذی	۰/۰۹	۰/۵۴	۰/۶۵	۰/۳۲	۰/۲۶
اثرات متقابل	۰/۵۲	۰/۸۵	۰/۶۱	۰/۲۲	۰/۵۴

ضخامت ماهیچه‌های سنگدان

نتایج مربوط به تأثیر شکل خوراک و غلظت مواد مغذی بر ضخامت ماهیچه‌های سنگدان نیمچه‌های مادر گوشتی در جدول ۵ گزارش شده است. شکل خوراک و غلظت مواد مغذی تأثیر معنی‌دار بر ضخامت بخش کرانیودورسال نازک ماهیچه پشتی و بخش‌های کرانیودورسال نازک و ضخیم ماهیچه جانبی سنگدان نداشت (۰/۰۵ < P). خوراک پلت نسبت به خوراک آردی سبب افزایش معنی‌دار (P=۰/۰۳) و رقیق‌سازی جیره سبب کاهش نسبی (P=۰/۰۷) بخش کرانیودورسال ضخیم ماهیچه پشتی سنگدان شد.

Yokhana و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند استفاده از فیبر نامحلول در مرغ‌های تخم‌گذار سبب افزایش وزن سنگدان شد. Svihus (۲۰۱۱) گزارش کرد که استفاده از پوسته جو دوسر یا ذرات بزرگ غلات در جیره غذایی می‌تواند اندازه سنگدان را افزایش دهد. در مطالعه دیگری Abdollahi و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که منابع فیبر نامحلول و تغذیه گندم کامل می‌تواند رشد ماهیچه سنگدان را در جوجه‌های گوشتی بهبود بخشد.

در رابطه با اثرات شکل خوراک بر ماهیچه‌های سنگدان Svihus و

همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که ساختار پلت‌های با اندازه بزرگ‌تر تأثیری معنی‌داری بر وزن سنگدان ایجاد نکرد، اگرچه اندازه سنگدان با تغذیه جیره‌های آردی در مقایسه با جیره پلت کاهش یافت. اندازه سنگدان ممکن است به دلیل فعالیت بیشتر سنگدان برای کاهش اندازه ذرات افزایش یابد که باعث افزایش اندازه دو جفت ماهیچه سنگدان می‌شود. همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده‌شده است، رقیق‌سازی جیره با پوسته آفتابگردان سبب افزایش ضخامت ماهیچه ضخیم کرانیودورسال سنگدان شد. هنگامی که چرخه آسیاب کردن با انقباض ماهیچه‌های نازک سنگدان شروع می‌شود، پیلور باز شده و یک انقباض پریستالتیک قوی در دوازدهه اتفاق می‌افتد. پس از شروع انقباض دوازدهه، یک جفت ماهیچه ضخیم سنگدان بلافاصله منقبض می‌شود که درنتیجه برخی از محتویات وارد پیش معده شده و مقداری از مواد معده به داخل دوازدهه رانده می‌شود. با شروع شل شدن ماهیچه‌های ضخیم سنگدان، پیش معده منقبض‌شده و شیرابه هضمی را به سنگدان بازمی‌گرداند. این چرخه انقباض تا چهار بار در دقیقه اتفاق می‌افتد و ماده به دلیل اصطکاک روی لایه کویلین داخل سنگدان و در مقابل سایر مواد موجود در سنگدان در حین انقباض ماهیچه‌های بزرگ خرد می‌شود، درحالی‌که ماهیچه‌های کوچک مواد را به مناطق آسیاب بین انقباضات ماهیچه‌های بزرگ منتقل می‌کنند (Duke، ۱۹۹۲).

جدول ۵- اثر شکل خوراک و غلظت مواد مغذی بر ضخامت ماهیچه‌های سنگدان (بر حسب میلی‌متر)

	ماهیچه‌های پشتی		ماهیچه‌های جانبی	
	کرانیودورسال نازک	کرانیودورسال ضخیم	کرانیودورسال نازک	کرانیودورسال ضخیم
اثر اصلی (شکل خوراک)				
آردی	۵/۲۱	۲۲/۲۹[b]	۵/۱۱	۲۲/۵۲
کرامبل	۵/۳۴	۲۴/۲۷[ab]	۵/۳۸	۲۲/۰۷
پلت	۵/۷۹	۲۴/۵۳[a]	۴/۷۸	۲۳/۱۸
خطای معیار	۰/۳۳	۰/۶۰	۰/۴۲	۰/۷۳
اثر اصلی (غلظت مواد مغذی جیره)				
استاندارد	۵/۵۵	۲۴/۳۷	۵/۰۶	۲۲/۸۵
رقیق‌شده	۵/۳۴	۲۳/۰۲	۵/۱۱	۲۲/۳۲
خطای معیار	۰/۲۷	۰/۴۹	۰/۳۲	۰/۵۶
اثرات متقابل (شکل خوراک × غلظت مواد مغذی)				
آردی × استاندارد	۴/۷۸	۲۳/۳۲	۵/۲۸	۲۳/۲۰
کرامبل × استاندارد	۵/۹۴	۲۴/۸۰	۵/۴۴	۲۲/۸۴
پلت × استاندارد	۵/۹۴	۲۵/۰۰	۴/۴۸	۲۲/۵۲
آردی × رقیق‌شده	۵/۶۴	۲۱/۲۶	۴/۹۴	۲۱/۸۴
کرامبل × رقیق‌شده	۴/۷۵	۲۳/۷۵	۵/۳۲	۲۱/۳۰
پلت × رقیق‌شده	۵/۶۴	۲۴/۰۶	۵/۰۸	۲۳/۸۴
خطای معیار	۰/۴۷	۰/۸۵	۰/۵۶	۰/۹۷
سطح احتمال				
شکل خوراک	۰/۴۵	۰/۰۳	۰/۹۱	۰/۵۲
غلظت مواد مغذی	۰/۶۰	۰/۰۷	۰/۵۸	۰/۵۴
اثرات متقابل	۰/۱۳	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۲۹

در هر ستون میانگین‌های با حروف نامشابه دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری

در نیمچه‌های مادر گوشتی هنگامی‌که جیره‌های غذایی بر اساس مقادیر مواد مغذی توصیه‌شده فرموله شوند استفاده از خوراک‌های پلت و کرامبل سبب افزایش وزن آن‌ها در دوره پرورش می‌شود درحالی‌که با رقیق‌سازی مواد مغذی جیره به مقدار ۹۰ درصد توصیه‌شده می‌توان وزن بدن را کنترل کرد. در دوره پیش‌تولید با افزایش سن نیمچه‌ها، پلت و همچنین کرامبل کردن خوراک در جیره‌های حاوی مقادیر توصیه‌شده مواد مغذی و همچنین جیره‌های رقیق‌شده به مقدار ۹۰ درصد نیاز، وزن بدن نیمچه‌ها افزایش می‌یابد که ممکن است به دلیل افزایش بخش کرانیودورسال ضخیم ماهیچه‌های پشتی سنگدان باشد. شکل خوراک و رقیق‌سازی جیره بر ریخت‌شناسی پرزهای روده نیمچه-های مادر گوشتی تأثیر ندارد.

منابع

Abadi, M.H.M.G. Moravej, H. Shivazad, M. Torshizi, M.A.K. Kim, W.K. 2019. Effects of feed form and particle size, and pellet binder on performance, digestive tract parameters, intestinal morphology, and cecal microflora populations in broilers. Poult. Sci. 98, 1432–1440.

Abdollahi, M.R. Zaefarian, F. Hunt, H, Anwar, M. 2019. Wheat particle size, insoluble fibre sources and whole wheat feeding influence gizzard musculature and nutrient utilisation to different extents in broiler chickens. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 103, 146-161.

Abdollahi, M.R. Ravindran, V. Svihus, B. 2014. Influence of feed form on growth performance, ileal nutrient digestibility, and energy utilisation in broiler starters fed a sorghum-based diet. Livest. Sci. 65, 80–86.

Abdollahi, M.R. Ravindran, V. Svihus, B. 2013. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. Anim. Feed Sci. Technol. 179, 1–23.

Ahmed, M. Amerah, R. Lentle, G. and Ravindran, V. 2007. Influence of feed form on gizzard morphology and particle size spectra of duodenal digesta in broiler chickens. J. Poult. Sci. 44: 175-181.

Amornthewaphat, N. Lerdsuwan, S. Attamangkune, S. 2005. Effect of extrusion of corn and feed form on feed quality and growth performance of poultry in a tropical environment. Poult. Sci. 84, 1640–1647.

Aviagen. 2016. Ross 308 Parent Stock Management Handbook: Performance objectives. Aviagen, Ltd, Huntsville, Alabama, USA.

Chewning, C.J. Stark, C.R. Brake, J. 2012. Effects of particle size and feed form on broiler performance. J. Appl. Poult. Res. 21, 830–837.

De Jong, I.C. van Voorst, S. Blokhuis, H.J. 2003. Parameters for quantification of hunger in broiler breeders. Physiol. Behav. 78, 773–783.

Duke, G.E. 1992. Recent studies on regulation of gastric motility in turkeys. Poult. Sci. 71, 1-8.

Ege, G. Bozkurt, M. Koçer, B. Tüzün, A.E. Uygun, M. Alkan, G. 2019. Influence of feed particle size and feed form on productive performance, egg quality, gastrointestinal tract traits, digestive enzymes, intestinal morphology, and nutrient digestibility of laying hens reared in enriched cages. Poult. Sci. 98, 3787-3801.

Engberg, R.M. Hedemann, M.S. Jensen, B.B. 2002. The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. Br. Poult. Sci. 43, 569-579.

Enting, H. Kruip, T.A.M. Verstegen, M.W. A. Van Der Aar, P.J. 2007a. The effect of low-density diets on broiler breeder performance during the laying period and on embryonic development of their offspring. Poult. Sci. 86, 850-856...

Enting, H. Veldman, A. Verstegen, M.W. Van Der Aar, P.J. 2007b. The effect of low-density diets on broiler breeder development and nutrient digestibility during the rearing period. Poult. Sci. 86, 720-726.

Ghazi, A.M.Z. Gameel, A. Al-Maktari, M.A. 2012. A comparative effect of mash and pellet feed on broiler performance and ascites at high altitude (field study). Glob. Vet. 9, 154–159.

Guzman, P. Saldana, B. Mandalawi, H. Perez-Bonilla, A. Mateos, G.G. 2015. Productive performance of brown-egg laying pullets from hatching to 5 weeks of age as affected by fiber inclusion, feed form, and energy concentration of the diet. Poult. Sci. 94, 249–261.

Hocking, P.M. Bernard, R. Wilkie, R.S. Goddard, C. 1994. Plasma growth hormone and insulin-like growth factor-I (IGF-I) concentrations at the onset of lay in ad libitum and restricted broiler breeder fowl. Br. Poult. Sci. 35, 299–308.

Hosseini, S.M. Chamani, M. Mousavi, S.N. Hosseini, S.A. and Sadeghi, A.A. 2017. Effects of dietary physical form and dietary inclusion of probiotic and enzyme on growth performance, cellular and humoral immunity, and relative weights of lymphoid organs at early period of broiler chickens fed triticale-based diets. South Afric. J. Anim. Sci. 47, 776-784.

Idan, F. Paulk, G. Pokoo-Aikins, A. and Stark, C. 2023. Growth performance, intestinal morphometry, and blood serum parameters of broiler chickens fed diets containing increasing levels of wheat bran with or without exogenous multi-enzyme supplementation during the grower and finisher phases. Lives. Sci. 275, 105296.

Iji, P. A., Hughes, R. J., Choct, M., and Tivey, D. R. 2001. Intestinal structure and function of broiler chickens on wheat-based diets supplemented with a microbial enzyme. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 14, 54-60.

Jim´enez-Moreno, E. J. M. Gonz´alez-Alvarado, A. Gonz´alez-Serrano, R. L´azaro, and G. G. Mateos. 2009. Effect of dietary fiber and fat on performance and digestive traits of broilers from one to twenty-one days of age. Poult. Sci. 88, 2562–2574.

Massuquetto, A. Panisson, J.C. Schramm, V.G. Surek, D. Krabbe, E.L. Maiorka, A. 2020 Effects of feed form and energy levels on growth performance, carcass yield and nutrient digestibility in broilers. Animals. 14, 1139–1146.

Perez, V. Jacobs, C. Barnes, J. Jenkins, M. Kuhlenschmidt, M. S. Fahey Jr, G. Parsons, C. M. & Pettigrew, J. 2011. Effect of corn distillers dried grains with solubles and Eimeria acervulina infection on growth performance and the intestinal microbiota of young chicks. Poult. Sci. 90, 958-964.

Rezaei, M. Torshizi, M.A.K. Wall, H. Ivarsson, E.2018. Body growth, intestinal morphology and microflora of quail on diets supplemented with micronised wheat fibre. Br. Poult. Sci. 59, 422–429.

SAS (Statistical Analyses System). 2013. SAS User's Guide: Statistics Release 9.4. Cary, NC. SAS Institute Incorporation.

Sklan, D. Smirnov, A. Plavnik, I. 2003. The effect of dietary fiber on the small intestines and apparent di-gestion in the turkey. Br. Poult. Sci. 44, 735–740.

Svihus, B. 2011 The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. World Poul. Sci. J. 67, 207-224

Svihus, B. Juvik, E. Hetland, H. Krogdahl, A. 2004. Causes for improvementin nutritive value of broiler chicken diets with whole wheat instead of ground wheat. Br. Poult. Sci. 45, 55–60.

Tejeda, O.J. Kim, W.K. 2020. The effects of cellulose and soybean hulls as sources of dietary fiber on the growth performance, organ growth, gut histomorphology, and nutrient digestibility of broiler chickens. Poult. Sci. 99, 6828–6836.

Wan, Y. Ma, R. Khalid, A. Chai, L. Qi, R. Liu, W. Zhan, K. 2021. Effect of the pellet and mash feed forms on the productive performance, egg quality, nutrient metabolism, and intestinal morphology of two laying hen breeds. Animals. 11, 701.

Whittaker, X. Spoolder, H.A.M. Edwards, S.A. Lawrence, A.B. Corning, S. 1998. The influence of dietary fibre and the provision of straw on the development of stereotypic behavior in food restricted pregnant sows. Appl. Anim. Behav. Sci. 61, 89–102.

Yokhana, J. S. Parkinson, G. Frankel, T.L. 2016. Effect of insoluble fiber supplementation applied at different ages on digestive organ weight and digestive enzymes of layer-strain poultry. Poult. Sci. 95, 550–559.

Zaefarian, F. Abdollahi, M.R. Ravindran, V. 2016. Particle size and feed form in broiler diets: Impact on gastrointestinal tract development and gut health. World Poult. Sci. J. 72, 277–290.