



توليدات دامی

دوره ۲۴ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۱

صفحه‌های ۳۴۱-۳۵۳

DOI: 10.22059/jap.2022.339855.623677

مقاله پژوهشی

تأثیر منابع مختلف چربی و سطح بنتونیت بر شاخص‌های تولید و کیفیت خوراک پلت

صابر معتمدی وشاره^۱، حسین مروج^{۲*}، مازیار محیطی اصلی^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲. استاد، گروه علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۱۱

چکیده

تأثیر نوع چربی و سطوح مختلف بنتونیت در جیره بر شاخص‌های تولید و کیفیت خوراک (پلت) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و چهار تکرار بررسی شد. جیره‌های آزمایشی شامل ترکیب سطوح صفر و ۱/۵ درصد روغن خام سویا و پودر چربی با سه سطح بنتونیت (صفر، یک و دو درصد) بودند. شاخص‌های اندازه‌گیری شده شامل کارایی دستگاه پرس پلت (برق مصرفی، نرخ تولید در واحد زمان و ماده خشک محصول نهایی)، شاخص‌های کیفی پلت پس از تولید (استحکام و سختی) و درصد پلت سالم پس از خطوط دان‌خوری بشقابی و زنجیری در محیط مرغداری بودند. استفاده از چربی در خوراک، میزان برق مصرفی را کاهش و نرخ تولید در واحد زمان و درصد ماده خشک محصول نهایی را نسبت به جیره‌های فاقد چربی بهبود داد و نرخ تولید در واحد زمان در جیره پودر چربی با دو درصد بنتونیت از سایر جیره‌ها بیش‌تر بود ($P < 0.05$). شاخص استحکام پلت به‌روش تامبلینگ در جیره حاوی پودر چربی و فاقد بنتونیت از سایر جیره‌های آزمایشی بیش‌تر بود ($P < 0.05$), هم‌چنین درصد پلت سالم پس از دان‌خوری زنجیری در جیره‌های حاوی چربی، به‌ویژه در جیره حاوی پودر چربی و فاقد بنتونیت بیش‌تر از سایر جیره‌ها بود ($P < 0.05$). ضریب همبستگی بین درصد پلت سالم و شاخص استحکام پلت بین روش تامبلینگ و دان‌خوری زنجیری بیش‌تر بود. براساس نتایج حاصل، استفاده از پودر چربی به جای روغن و افزودن یک درصد بنتونیت به جیره، کیفیت پلت و شاخص‌های عملکرد تولیدی آن را در کارخانه بهبود می‌بخشد.

کلیدواژه‌ها: برق مصرفی، پلت، سختی پلت، کیفیت پلت و نرخ تولید.

The effect of different sources of fat and different levels of bentonite on pellet production and quality indices

Saber Motamedi Veshareh¹, Hosein Moravej^{2*}, Maziyar Mohiti Asli³

1. Ph.D. Student, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural sciences, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural sciences, University of Tehran, Karaj, Iran.

3. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture science, University of Guilan, Rasht, Iran.

Received: March 1, 2022

Accepted: May 1, 2022

Abstract

The effect of the type of fat and different levels of betonies in the diet on production and quality indicators of feed (pellet) was investigated by using a completely randomized design with nine treatments and four replications. The experimental treatments included the combination of 0 and 1.5% crude soybean oil and calcium fat powder with three levels of betonies (0, 1 and, 2%). The measured indicators include the efficiency of the pellet press machine (electricity consumption, production rate per unit of time and dry matter of the final product), qualitative indicators of pellet after production (strength and hardness) and the percentage of intact pellets after feeder plats and lines in the poultry farm environment. The use of fat in the feed reduced the amount of electricity consumption and improved the production rate per unit of time and dry matter percentage of the final product compared to non-fat treatments. In this case, the production rate per unit of time in the fat powder treatment with 2% bentonite was higher than other treatments ($P < 0.05$). The pellet durability index that was evaluated by tumbling method in fat powder treatment without bentonite was higher than other experimental treatments ($P < 0.05$). In addition, the percentage of intact pellets after auto feeder lines was higher in fat-containing treatments, particularly fat powder treatment without bentonite, than other treatments ($P < 0.05$). The highest correlation coefficient between the percentage of intact pellets and the pellet durability index was related to the Tumbling method in auto feeder lines. Based on the results of the present experiment, using fat powder instead of oil in pellet feed and adding one percent of bentonite to the diet improves the pellet quality and its production performance indicators in the factory.

Keywords: Electricity consumption, Pellet, Pellet hardness, Pellet quality and production rate.

مقدمه

پلت کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های فرآوری خوراک است، به طوری که استفاده از خوراک پلت سبب بهبود عملکرد پرنده در مقایسه با خوراک مش می‌شود [۷ و ۱]. پلت کردن خوراک مصرف خوراک را افزایش می‌دهد، زیرا خوراک پلت چگالی بالاتری دارد و مواد مغذی بیشتری در اختیار پرنده قرار می‌دهد و با کاهش مصرف انرژی جهت مصرف خوراک سبب بهبود عملکرد پرنده می‌شود [۱۲ و ۱۳]. برای دستیابی به عملکرد بهتر پرنده با خوراک پلت باید دان پلت سالم در اختیار پرنده قرار گیرد و شکل فیزیکی دان پلت از زمان تولید در کارخانه تا زمانی که در داخل دان‌خوری مرغداری قرار می‌گیرد حفظ شود [۱۱].

کیفیت فیزیکی پلت به مقاومت پلت در برابر خرد و خاکه شدن طی فرایند تولید و عملیات مکانیکی (کیسه‌گیری، حمل و نگهداری) از زمان تولید تا زمانی که در دان‌خوری در دسترس پرنده قرار گیرد اطلاق می‌شود [۱]. به منظور ارزیابی سختی و استحکام پلت از روش‌ها و دستگاه‌های آزمایشگاهی متفاوتی استفاده می‌شود. شاخص استحکام پلت بیان‌کننده میزان پایداری پلت در برابر فشارهای مکانیکی و پنوماتیکی است [۲۳]. بالاتر بودن شاخص استحکام پلت به معنی تولید خاکه کم‌تر در طی فرایند تولید است که به‌روشن هولمن و تامبلینگ قابل ارزیابی است [۱۳]. سختی پلت نشان‌دهنده مقاومت فیزیکی پلت در برابر خرد شدن است و به عبارت دیگر هرچه سختی پلت بیشتر باشد؛ نیروی بیشتری برای خرد شدن آن لازم است تا به قطعه‌های کوچک‌تر تبدیل شود [۲۱، ۲۳].

کیفیت فیزیکی خوراک پلت ناشی از عوامل متعددی از قبیل ترکیب جیره (۴۰ درصد)، اندازه ذرات (۲۰ درصد)، کاندیشنر (۲۰ درصد)، شاخص‌های فیزیکی دای (۱۵ درصد) خنک و یا خشک‌نمودن خوراک (۵ درصد)

است [۱۷]. ترکیب جیره به‌عنوان مؤثرترین عامل بر کیفیت فیزیکی پلت تحت تأثیر مواد مغذی از قبیل چربی، پروتئین، فیبر (نامحلول)، رطوبت، نشاسته و مواد معدنی است. نوع و سطح چربی و مرحله اضافه‌شدن آن به خوراک می‌تواند بر کیفیت پلت تأثیر زیادی داشته باشد [۱۳ و ۱۸]. در یک مطالعه نشان داده شد که جیره‌های پایانی حاوی ۱/۵ درصد پودر چربی کلسیمی همراه با پلت چسبان، تیمار پودر چربی به‌تنهایی شاخص کیفی پلت بالاتری در مقایسه با روغن خام سویا به‌همراه پلت چسبان داشت [۱۳]. اثر متقابل بین نوع چربی (پیه گاو، روغن سویا، چربی طیور و پیه خوک) و سطح چربی (۱/۵ و سه درصد) بر شاخص استحکام پلت گزارش شده است [۱۰]. نشان داده شده است که روغن سویا و پودر چربی (حاوی ۶۵ درصد اسیدپالمیتیک) تأثیرات متفاوتی بر کیفیت پلت دارد، به طوری که استفاده از پودر چربی خالص (چربی اشباع شده پالمیتیک) در مقایسه با روغن خام سویا کیفیت فیزیکی پلت جوجه‌های گوشتی را بهبود می‌دهد [۲۵].

بتونیت یک پودر معدنی ارزان قیمت از گروه رس‌ها می‌باشد که امروزه نقش مهمی را با توجه به ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خود در صنایع ایفا می‌کند. بتونیت انواع مختلفی دارد که خوشبختانه بیش‌تر آن‌ها در کشور ما وجود دارند. بتونیت سدیم به‌دلیل ساختار سه لایه‌ای خود توانایی جذب فوق‌العاده‌ای دارد و می‌تواند رطوبت و گازها را جذب نماید. بتونیت دارای خواص جذب سموم قارچی است و به‌عنوان پلت چسبان در خوراک دام و طیور نیز استفاده می‌شود [۴]. امروزه ترکیبات مختلفی به‌عنوان پلت چسبان با هدف ارتقای کیفیت فیزیکی پلت مورد استفاده قرار می‌گیرند. که برخی از این ترکیبات از جمله بتونیت فاقد ارزش غذایی هستند، اما تأثیر سودمند استفاده از آن در سطح یک تا دو درصد جیره گزارش شده است [۲۲]. در حقیقت بتونیت

تولیدات دامی

با وجود این‌که اثر سطح و نوع چربی و پلت چسبان بر شاخص استحکام خوراک پلت دوره پایانی جوجه‌های گوشتی بررسی شده است [۱۳] تاکنون گزارشی در خصوص کارایی دستگاه پرس پلت در کارخانه و درصد پلت سالم در مرغداری ارائه نشده است. لذا این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر منابع مختلف چربی (پودر چربی کلسیمی و روغن سویا) با و بدون پلت چسبان بر شاخص‌های کیفی تولید پلت در کارخانه خوراک و مرغداری و عوامل مؤثر بر هزینه‌های تولید پلت انجام شد.

مواد و روش‌ها

اثر نوع چربی و سطح بتونیت بر کیفیت پلت با استفاده از نه تیمار در چهار تکرار بررسی شد. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه آزمایشی [۲] در جدول (۱) نشان داده شده است. تیمارها شامل سه جیره فاقد چربی با سه سطح بتونیت (صفر، یک و دو درصد)، سه جیره حاوی ۱/۵ درصد پودر چربی با سه سطح بتونیت (صفر، یک و دو درصد) و سه جیره حاوی ۱/۵ درصد روغن سویا با سه سطح بتونیت (صفر، یک و دو درصد) بودند. به‌ازای هر تکرار مقدار ۵۰۰ کیلوگرم خوراک پلت بر پایه ذرت و کنجاله سویا تولید شد. جیره‌های آزمایشی متناسب با کتابچه راهنمای پرورش جوجه‌های گوشتی نژاد راس ۳۰۸ برای دوره رشد تنظیم شدند (جدول ۱). از پودرچربی کلسیمی مخصوص طیور (برند پرشیافت متعلق به شرکت کیمیا دانش الوند) حاوی ۸۰۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم انرژی قابل‌متابولیسم، ۱۱ درصد کلسیم، ۸۵ درصد چربی خام، ۳۵ درصد اسید چرب اشباع، ۶۵ درصد اسید چرب غیراشباع و ۱۰ درصد گلیسرول استفاده شد.

به‌منظور انجام این آزمایش ۱۸۰۰۰ کیلوگرم خوراک پلت دوره رشد در کارخانه دانه زرین نقش جهان (واقع در استان اصفهان) تولید شد. اقلام خوراک با آسیاب چکشی و

دارای خاصیت جذب آب و افزایش حجم است که سبب افزایش شاخص استحکام پلت می‌شود [۱۴]. محموله‌های خوراک پلت پس از تولید در کارخانه تا زمانی که در اختیار پرنده قرار می‌گیرند، تحت تأثیر عوامل فرسایشی مانند بارگیری، انتقال و تخلیه در مرغداری هستند، لذا به‌نظر می‌رسد نتایج حاصل از شاخص‌های کیفی استحکام و سختی پلت در محیط کارخانه نیز تحت تأثیر همان چالش‌ها قرار گیرند و پیش‌بینی درصد پلت سالم در خطوط مختلف دان‌خوری با استناد به شاخص‌های مزبور در کارخانه خوراک قابل تأمل باشد. از این‌رو، ضروری است نتایج شاخص‌های مختلف کیفی پلت در کارخانه خوراک و مرغداری با هم مقایسه شود تا بتوان بهترین سطح و نوع منبع چربی و پلت چسبان را در این زمینه شناسایی نمود [۲۲ و ۱۳].

هزینه‌های تولید پلت شامل دو بخش هزینه‌های ثابت (هزینه تأسیسات و نیروی کار) و هزینه‌های متغیر (تولید بخار در کاندیشنر و انرژی الکتریکی برای آسیاب، پرس پلت و کولر) می‌باشد. که در این بین هزینه برق مصرفی به‌دلیل تأثیر پذیری بالاتر از عوامل تولید بیش‌تر موردتوجه قرار می‌گیرد. در مطالعه‌ای با هدف بررسی تأثیر چربی بر برق مصرفی تولید خوراک پلت مشخص شد که افزودن چربی به جیره، برق مصرفی را کاهش داد، هم‌چنین سطح چربی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر برق مصرفی در کنار دمای کاندیشنر و نرخ طول به قطر سوراخ دای بود [۹]. دو مولفه نرخ تولید در واحد زمان و درصد ماده خشک محصول نهایی نیز از لحاظ درآمدزایی برای کارخانه خوراک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به‌طوری‌که کاهش درصد ماده خشک نهایی (با رعایت محدوده استاندارد ۸۸ الی ۹۰ درصد)، موجب کاهش اُفت وزن نهایی محصول و افزایش محصول نهایی به‌ازای هر بار تولید خواهد شد.

دور ۵۰ دور در دقیقه نمونه‌ها به‌طور خودکار از دستگاه تخلیه و خاکه از دانه سالم جدا شد. شاخص استحکام پلت با روش تامبلینگ با استفاده از رابطه (۱) برآزش شد.

$$(1) = \text{شاخص استحکام پلت با روش تامبلینگ} = \frac{\text{گرم پلت کامل پس از ۱۰ ثانیه}}{\text{پانصد گرم پلت کامل}} \times 100$$

آزمایش هولمن با دستگاه هولمن NHP ۱۰۰ قابل حمل (Takpro Ltd متعلق به کشور انگلیس) انجام شد. مقدار ۱۰۰ گرم نمونه پلت (بدون خاکه) داخل محفظه دستگاه هولمن ریخته شد و پس از ۶۰ ثانیه چالش با فشار ۶۸ میلی بار نمونه از دستگاه تخلیه و سپس با الک شماره ۷ (۲/۸ میلی متری) خاکه از دانه پلت جدا شد. شاخص استحکام پلت به‌روش هولمن با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$(2) = \text{شاخص استحکام پلت با روش هولمن} = \frac{\text{گرم پلت کامل پس از ۶۰ ثانیه}}{\text{صد گرم پلت کامل}} \times 100$$

سختی پلت (نیوتن) به وسیله دستگاه بروکفیلد آنالیز بافت (Middleborough 10,000 g CT3) با پراب گلوله‌ای شماره سه اندازه‌گیری شد. نمونه‌هایی با طول یک سانتی‌متر انتخاب و دستگاه برای فشرده‌سازی قطر گلوله تا ۱/۵ میلی‌متر و سرعت پراب ۱/۵ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم شد [۲۴].

به‌منظور اندازه‌گیری درصد پلت سالم پس از دان‌خوری مقدار ۹۰۰۰ کیلوگرم دان پلت در ۱۸۰ عدد کیسه ۵۰ کیلوگرمی به مرغداری منتقل شد.

برای اندازه‌گیری درصد پلت سالم پس از دان‌خوری بشقابی، از یک خط دان‌خوری با طول ۵۴ متر و ۷۲ عدد بشقاب استفاده شد. در ابتدا خط دان‌خوری تخلیه و تمیز شد و سپس دریچه‌های خروجی دان از لوله دان‌خوری به داخل تمام بشقاب‌ها بسته شد و تنها دریچه خروجی آخرین دان‌خوری باز بود.

با الک سه میلی‌متری آسیاب و سپس در همزن (میکسر) افقی مخلوط شدند. دستگاه پرس پلت ساخت کشور چین با کاندیشنر دو طبقه با طول ۳۰۰ و قطر ۶۰ سانتی‌متر بود که خوراک به مدت ۶۰ ثانیه در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۸۰ پوند بر اینچ مربع تحت فرایند هیدروترمال قرار می‌گرفت. دای دارای کونیک با نسبت بهینه قطر به ضخامت ۱۰ برابر (قطر هر سوراخ سه میلی‌متر و ضخامت بدنه دای ۳۰ میلی‌متر) بود. از هر سری تولید ۵۰۰ کیلوگرمی (هر تکرار)، ۲۵۵ کیلوگرم نمونه گرفته شد، یک نمونه پنج کیلوگرمی برای ارزیابی شاخص‌های استحکام، سختی پلت و درصد رطوبت در ظروف مناسب نگهداری شد و به آزمایشگاه ارسال شد و ۲۵۰ کیلوگرم نمونه برای اندازه‌گیری درصد پلت سالم پس از دان‌خوری به مرغداری منتقل شد. برای اندازه‌گیری مقدار برق مصرفی (کیلو وات ساعت) یک عدد کنتور در مدار برق پرس پلت تعبیه شد. همچنین نرخ تولید در واحد زمان نیز از ابتدای تولید تا انتهای تولید هر سری ثبت شد. برای اندازه‌گیری درصد ماده خشک محصول نهایی (به‌منظور مشخص شدن آفت ماده خشک محصول نهایی در ارزیابی مقدار کیلوگرم وزن محصول نهایی) نمونه‌ای از پلت‌های تولیدی بعد از طی مرحله کولر در ظروف سربسته جهت اندازه‌گیری میزان رطوبت به آزمایشگاه تغذیه منتقل شد.

ارزیابی شاخص استحکام پلت به دو روش محفظه غلطان (تامبلینگ) و هولمن با چهار تکرار و برای آزمایش سختی پلت به‌روش بروکفیلد با ۱۲ تکرار انجام شد. نمونه‌های پنج کیلوگرمی با الک ۳/۱۵ میلی‌متری (Eckhardt DIN 4188, Hann, Germany) الک شد و سپس نمونه‌ها در نایلون پلاستیکی نگهداری شد. اندازه‌گیری شاخص تامبلینگ به‌واسطه دستگاه محفظه غلطان پی‌فاست انجام شد [۳]. ابتدا ۵۰۰ گرم نمونه در محفظه دستگاه ریخته شد و بعد از ۱۰ دقیقه چرخش با

تولیدات دامی

تأثیر منابع مختلف چربی و سطح بنتونیت بر شاخص‌های تولید و کیفیت خوراک پلت

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه آزمایشی

اقلام	جیره فاقد روغن سویا و پودر چربی	جیره حاوی پودر چربی کلسیمی	جیره حاوی روغن خام سویا
دانه ذرت	۶۳/۹۳	۶۱/۱۹	۶۰/۷۵
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین)	۳۲/۶	۳۴/۲	۳۴/۲
روغن خام سویا	۰	۰	۱/۵
پودر چربی کلسیمی	۰	۱/۵	۰
دی کلسیم فسفات	۱/۱۵	۱/۲۱	۱/۲۱
کربنات کلسیم	۱/۰۶	۰/۶۴	۱/۰۸
جوش شیرین	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۳
نمک	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل ویتامینی ^۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی ^۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی ال متیونین	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۵
ال لیزین هیدروکلراید	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۲
آنالیز شیمیایی محاسبه شده			
انرژی قابل متابولیسم (پلوکالری بر کیلوگرم)	۲۸۱۰	۲۸۷۰	۲۸۶۰
پروتئین خام (درصد)	۱۹/۵	۱۹/۹	۱۹/۸
کلسیم (درصد)	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۸۳
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۴	۰/۴۱	۰/۴۱
لیزین (درصد)	۱/۱۵	۱/۱۷	۱/۱۷
متیونین + سیستین (درصد)	۰/۸۹	۰/۹	۰/۹
ترئونین (درصد)	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۷

۱. ترکیب مکمل ویتامینی استفاده شده به‌ازای هر کیلوگرم شامل ۳۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D3، ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۹۰۰ میلی‌گرم ویتامین B1، ۳۳۰۰ میلی‌گرم ویتامین B2، ۵۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین اسید پانتوتیک، ۱۵۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین نیاسین، ۱۵۰ میلی‌گرم ویتامین B6، ۵۰۰ میلی‌گرم ویتامین B۱۲، ۷/۵ میلی‌گرم ویتامین B۱۲، ۱۰۰۰ میلی‌گرم K3، ۲۵۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین، ۵۰۰ میلی‌گرم H2 می‌باشد.

۲. ترکیب مکمل معدنی استفاده شده به‌ازای هر کیلوگرم شامل ۴۰ گرم منگنز، ۲۰ گرم آهن، ۸۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۴۰۰ میلی‌گرم ید، ۳۳۸۰ میلی‌گرم روی، ۴ گرم مس بود.

هم‌چنین برای اندازه‌گیری درصد پلت سالم پس از دان‌خوری زنجیری، از یک دان‌خوری با مترآز ۴۴ متر استفاده شد، برای این منظور در قسمت انتهای خط دریاچه‌ای در کف دان‌خوری برای تخلیه دان تعبیه شد. ۱۰۰ کیلوگرم دان پس از ۱۰ دقیقه گردش در دان‌خوری، تخلیه شد (برای تخلیه کامل قبل از طی دور آخر، یک تکه پارچه در خط قرار داده شد). کلیه دان‌های تخلیه‌شده

مقدار ۱۰۰ کیلوگرم دان در مخزن ابتدای خط دان‌خوری ریخته شد و پس از حدود ۱۰ دقیقه تمامی دان از انتهای خط تخلیه شد و با استفاده از رابطه (۳) درصد پلت سالم پس از دان‌خوری محاسبه شد.

$$(۳) \quad \text{درصد پلت سالم در دان‌خوری} = \frac{\text{گرم پلت کامل پس از دان‌خوری}}{\text{وزن اولیه به گرم}} \times ۱۰۰$$

تولیدات دامی

دوره ۲۴ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۱

از دو دان خوری دوباره با الک شماره ۷ (۲/۸ میلی متری) شد و با استفاده از رابطه (۳) درصد پلت سالم پس از دان خوری زنجیری محاسبه شد.

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱)، با رویه GLM برای مدل (۴) تجزیه و میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری کم‌تر ۰/۰۵ مقایسه شدند.

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \varepsilon_{ij} \quad (4)$$

در این رابطه، Y_{ij} مقدار هر مشاهده؛ μ میانگین کل مشاهدات؛ T_j اثر جیره‌های آزمایشی و ε_{ij} خطای کل آزمایش می‌باشد. برای تعیین معادلات تابعیت و ضریب همبستگی بین شاخص‌های استحکام و سختی پلت به درصد پلت سالم و از نرم‌افزار Minitab (نسخه ۱۸) استفاده شد. هم‌چنین جهت مقایسه گروهی جیره‌ها با یکدیگر از روش تجزیه اورتوگونال استفاده شد.

نتایج

نتایج مربوط به شاخص‌های تولید خورک در کارخانه در جدول (۲) آورده شده است. افزودن چربی به جیره میزان برق مصرفی را نسبت به جیره‌های بدون چربی کاهش داد ($P < 0/05$). افزودن بنتونیت به جیره فاقد چربی میزان برق مصرفی را افزایش داد و مصرف چربی (با یک درصد و بدون بنتونیت) برق مصرفی را کاهش داد ($P < 0/05$). استفاده از پودر چربی با دو درصد بنتونیت نرخ تولید در واحد زمان را افزایش داد، اما جیره فاقد چربی و یک درصد بنتونیت نرخ تولید را کاهش داد ($P < 0/05$). استفاده از پودر چربی و روغن نسبت به جیره‌های فاقد چربی نرخ تولید در واحد زمان را افزایش داد ($P < 0/05$). در جیره‌های پودر چربی افزایش بنتونیت به‌طور معنی‌داری نرخ تولید را افزایش داد ($P < 0/05$). درصد ماده خشک محصول نهایی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر جیره‌های

آزمایشی قرار گرفت، به‌طوری‌که جیره‌های بدون منبع چربی مقدار درصد ماده خشک محصول نهایی بیش‌تری نسبت به سایر جیره‌ها داشتند ($P < 0/05$). در جیره‌های پودر چربی افزایش بنتونیت اثری بر ماده خشک محصول نهایی نداشت، اما در جیره‌های حاوی روغن افزایش بنتونیت، درصد ماده خشک محصول نهایی را افزایش داد ($P < 0/05$). پودر چربی بدون بنتونیت درصد ماده خشک را کاهش و جیره فاقد چربی و بنتونیت درصد ماده خشک را افزایش داد.

نتایج مقایسات اورتوگونال نیز نشان داد که میزان برقی مصرفی تحت تأثیر سطح بنتونیت و نوع چربی قرار گرفت و بین گروه‌های حاوی سطوح مختلف بنتونیت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0/05$) جیره‌های حاوی دو درصد بنتونیت در مقایسه با جیره‌های صفر و یک درصد بنتونیت از لحاظ نرخ تولید در واحد زمان تفاوت معنی‌دار داشتند، اما استفاده از بنتونیت تأثیری بر درصد ماده خشک محصول نهایی نداشت ($P < 0/05$). استفاده از منابع مختلف چربی (پودر چربی و روغن) در مقایسه با جیره‌های فاقد منابع چربی به‌طور معنی‌داری میزان برق مصرفی، نرخ تولید در واحد زمان و ماده خشک محصول نهایی را تغییر داد ($P < 0/05$). در مقایسه بین منابع مختلف چربی استفاده از پودر چربی به جای روغن اختلاف معنی‌داری در میزان برق مصرفی و ماده خشک نهایی ایجاد کرد ($P < 0/05$).

نتایج مربوط به شاخص‌های کیفی استحکام و سختی پلت با روش‌های هولمن، تامبلینگ و بروکفیلد پس از تولید در جدول (۳) آورده شده است. سطح و نوع چربی و سطح بنتونیت اثر معنی‌داری بر شاخص استحکام پلت (تامبلینگ و هولمن) و سختی پلت (بروکفیلد) داشت ($P < 0/05$). افزایش سطح بنتونیت در جیره بدون چربی تأثیری بر شاخص استحکام به‌روش تامبلینگ نداشت.

تولیدات دامی

تأثیر منابع مختلف چربی و سطح بتونیت بر شاخص‌های تولید و کیفیت خوراک پلت

نتایج شاخص استحکام پلت به‌روش هولمن در جیره‌های بدون چربی نشان داد که جیره حاوی یک درصد بتونیت شاخص استحکام پلت را افزایش داد، در حالی که جیره حاوی روغن و فاقد بتونیت شاخص استحکام را کاهش داد ($P < 0/05$). در جیره‌های روغن با افزایش سطح بتونیت شاخص استحکام به‌طور معنی‌داری بهبود یافت. در بین جیره‌های حاوی پودر چربی و روغن به‌غیر از جیره حاوی روغن با دو درصد بتونیت استفاده از پودر چربی به جای روغن شاخص استحکام را افزایش داد ($P < 0/05$).

شاخص استحکام به‌روش تامبلینگ در جیره حاوی پودر چربی بدون بتونیت از سایر جیره‌ها بیش‌تر بود اما شاخص استحکام پلت در جیره حاوی روغن و فاقد بتونیت کم‌تر از سایر جیره‌ها بود ($P < 0/05$). در جیره‌های حاوی روغن با افزایش بتونیت شاخص استحکام پلت به‌روش تامبلینگ افزایش یافت ($P < 0/05$) در حالی که استفاده توأم پودر چربی و بتونیت شاخص استحکام پلت را نسبت به جیره پودرچربی و فاقد بتونیت کاهش داد ($P < 0/05$).

جدول ۲. تأثیر نوع چربی و سطح بتونیت بر شاخص‌های مربوط به عملکرد تولیدی کارخانه خوراک

جیره	میزان برق مصرفی (کیلو وات ساعت)	نرخ تولید (تن/ساعت)	ماده خشک محصول نهایی (درصد)
فاقد چربی و بتونیت	۰/۸۹ ^b	۱/۷۴ ^f	۹۱/۴۰ ^a
فاقد چربی و یک درصد بتونیت	۰/۹۲ ^b	۱/۵۸ ^h	۹۱/۱۳ ^a
فاقد چربی و دو درصد بتونیت	۰/۹۸ ^a	۱/۶۵ ^g	۹۱/۲۱ ^a
۱/۵ درصد پودر چربی بدون بتونیت	۰/۶۳ ^e	۱/۸۸ ^d	۸۹/۹۴ ^c
۱/۵ درصد پودر چربی با یک درصد بتونیت	۰/۶۴ ^e	۱/۹۸ ^c	۹۰/۱۵ ^c
۱/۵ درصد پودر چربی با دو درصد بتونیت	۰/۷۰ ^d	۲/۲۶ ^a	۹۰/۱۹ ^{bc}
۱/۵ درصد روغن بدون بتونیت	۰/۷۸ ^c	۱/۹۸ ^c	۹۰/۱۲ ^c
۱/۵ درصد روغن با یک درصد بتونیت	۰/۸۰ ^c	۱/۸۳ ^e	۹۰/۴۵ ^b
۱/۵ درصد روغن با دو درصد بتونیت	۰/۷۸ ^c	۲/۲۴ ^b	۹۰/۴۵ ^b
SEM	۰/۰۱۹	۰/۰۳۶	۰/۰۸۶
P-Value	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵
مقایسات ارتگونال			
فاقد بتونیت با یک درصد بتونیت	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۲۳
فاقد بتونیت با دو درصد بتونیت	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۱۶
یک درصد بتونیت با دو درصد بتونیت	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۸۳
فاقد چربی با منابع چربی	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
پودر چربی با روغن	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۰۳

g-a: تفاوت ارقام با حروف متفاوت در هر ستون، معنی‌دار است ($P < 0/05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

تولیدات دامی

دوره ۲۴ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۱

هولمن و شاخص سختی پلت به‌روش بروکفیلد نداشت. استفاده از منابع چربی (پودر چربی و روغن) در مقایسه با جیره‌های فاقد چربی شاخص سختی پلت به‌روش بروکفیلد، شاخص استحکام پلت به‌روش هولمن و تامبلینگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر جیره آزمایشی قرار داد. در مقایسه بین جیره‌های حاوی روغن و پودر چربی نیز شاخص‌های استحکام پلت به‌روش هولمن و تامبلینگ و سختی پلت به‌روش بروکفیلد به‌طور معنی‌داری متفاوت بود ($P < 0/05$).

نتایج مربوط به درصد پلت سالم پس از دان‌خوری زنجیری و بشقابی در محیط مرغداری در جدول (۴) آورده شده است. در مقایسه جیره‌ها براساس درصد پلت سالم پس از دان‌خوری بشقابی، مشهود است که جیره‌های فاقد چربی تحت تأثیر بنتونیت قرار نگرفتند و افزودن بنتونیت تأثیری بر درصد پلت سالم نداشت ($P < 0/05$).

در مقایسه جیره‌ها به لحاظ شاخص سختی پلت به‌روش بروکفیلد، جیره فاقد چربی و دو درصد بنتونیت سختی پلت را افزایش داد، درحالی‌که جیره حاوی روغن و فاقد بنتونیت شاخص سختی پلت را کاهش داد ($P < 0/05$). در جیره‌های حاوی پودر چربی، با افزایش سطح بنتونیت شاخص سختی پلت کاهش یافت، اما در جیره‌های روغن با افزایش سطح بنتونیت شاخص سختی پلت افزایش یافت ($P < 0/05$).

در جیره‌های حاوی پودر چربی، جیره حاوی پودر چربی و فاقد بنتونیت سختی پلت را افزایش داد، درحالی‌که در بین جیره‌های حاوی روغن جیره حاوی روغن و دو درصد بنتونیت سختی پلت را افزایش داد ($P < 0/05$). نتایج مقایسات ارتوگونال نشان داده که سطح بنتونیت اثر معنی‌داری بر شاخص استحکام پلت داشت ($P < 0/05$). اما تأثیری بر شاخص استحکام پلت به‌روش

جدول ۳. تأثیر نوع چربی و سطح بنتونیت بر ارزیابی شاخص‌های کیفیت پلت در آزمایشگاه

جیره	تامبلینگ (درصد)	هولمن (درصد)	بروکفیلد (نیوتن)
فاقد چربی و بنتونیت	۹۴/۱۶ ^{cd}	۷۸/۶۰ ^c	۶۱/۶۹ ^b
فاقد چربی و یک درصد بنتونیت	۹۴/۲۵ ^c	۸۱/۲۵ ^a	۶۰/۱۴ ^c
فاقد چربی و دو درصد بنتونیت	۹۴/۲۷ ^c	۷۹/۵ ^b	۶۳/۶۹ ^a
۱/۵ درصد پودر چربی بدون بنتونیت	۹۴/۸۹ ^a	۷۷/۶۹ ^d	۵۶/۷۹ ^d
۱/۵ درصد پودر چربی با یک درصد بنتونیت	۹۴/۱۱ ^d	۷۹/۶۹ ^b	۵۰/۰۲ ^c
۱/۵ درصد پودر چربی با دو درصد بنتونیت	۹۴/۴۹ ^b	۷۸/۳۹ ^c	۴۳/۱۲ ^e
۱/۵ درصد روغن بدون بنتونیت	۹۱/۱۸ ^e	۶۷/۰۰ ^f	۳۴/۶۴ ⁱ
۱/۵ درصد روغن با یک درصد بنتونیت	۹۲/۵۰ ^f	۷۶/۵۰ ^c	۳۹/۵۷ ^h
۱/۵ درصد روغن با دو درصد بنتونیت	۹۳/۸۰ ^c	۷۹/۷۵ ^b	۴۶/۷۲ ^f
SEM	۰/۱۸۷	۰/۶۶۱	۱/۶۴۲
P-Value	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱
مقایسات ارتوگونال			
فاقد بنتونیت با یک درصد بنتونیت	۰/۶۹	۰/۰۱	۰/۵۱
فاقد بنتونیت با دو درصد بنتونیت	۰/۸۴	۰/۰۱	۰/۴۸
یک درصد بنتونیت با دو درصد بنتونیت	۰/۵۳	۰/۰۱	۰/۱۹
فاقد چربی با چربی	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
پودر چربی با روغن	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

a-h: ارقام با حروف متفاوت در هر ستون، معنی‌دار است ($P < 0/05$).

SEM خطای استاندارد میانگین‌ها.

تأثیر منابع مختلف چربی و سطح بتونیت بر شاخص‌های تولید و کیفیت خوراک پلت

سایر سطوح بتونیت داشت ($P < 0/05$). مقایسه بین جیره‌های حاوی منابع چربی و بدون چربی نیز درصد پلت سالم در دان‌خوری زنجیری و بشقابی به‌طور معنی‌داری متفاوت بود، اما در مقایسه بین پودر چربی و روغن درصد پلت سالم در دان‌خوری زنجیری متفاوت بود ($P < 0/05$).

نتایج مقایسه ضرایب همبستگی شاخص‌های استحکام و سختی پلت پس از تولید و درصد پلت سالم پس از دان‌خوری‌های بشقابی و زنجیری مرغداری در جدول (۵) نشان می‌دهد که همبستگی شاخص‌های استحکام و سختی پلت با درصد پلت سالم در انتهای خطوط دان‌خوری زنجیری، به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از دان‌خوری بشقابی بود ($P < 0/05$). هم‌چنین ضریب همبستگی بین روش تامبلینگ و دان‌خوری زنجیری بیش‌تر از سایر روش‌های آزمایشی بود.

جیره‌های حاوی پودر چربی و فاقد بتونیت و جیره فاقد چربی و بتونیت درصد پلت سالم پس از دان‌خوری بشقابی را افزایش داد ($P < 0/05$)، درحالی‌که جیره حاوی پودر چربی و یک درصد بتونیت و جیره حاوی روغن و فاقد بتونیت درصد پلت سالم را کاهش داد ($P < 0/05$). در مقایسه جیره‌ها براساس درصد پلت سالم پس از دان‌خوری زنجیری، جیره فاقد چربی و یک درصد بتونیت درصد پلت سالم را افزایش و جیره روغن و فاقد بتونیت مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. در بین جیره‌های حاوی پودر چربی و روغن، جیره‌های حاوی پودر چربی با صفر و دو درصد بتونیت درصد پلت سالم افزایش دادند ($P < 0/05$). نتایج مقایسات ارتوگونال نیز نشان داد که جیره‌های فاقد بتونیت درصد پلت سالم در دان‌خوری زنجیری متفاوتی با

جدول ۴. اثر جیره‌های مورد آزمایش بر درصد پلت سالم پس از دان‌خوری بشقابی و زنجیری در محیط مرغداری

جیره	دان‌خوری بشقابی (درصد)	دان‌خوری زنجیری (درصد)
فاقد چربی و بتونیت	۹۳/۴۵ ^{ab}	۸۸/۲۵ ^d
فاقد چربی و یک درصد بتونیت	۹۳/۲۲ ^b	۹۰/۵۳ ^a
فاقد چربی و دو درصد بتونیت	۹۳/۱۹ ^b	۸۹/۴۴ ^b
یک و نیم درصد پودر چربی بدون بتونیت	۹۳/۸۸ ^a	۸۹/۷۸ ^b
یک و نیم درصد پودر چربی با یک درصد بتونیت	۹۰/۴۵ ^d	۸۸/۰۵ ^d
یک و نیم درصد پودر چربی با دو درصد بتونیت	۹۳/۱۴ ^b	۸۹/۸۸ ^b
یک و نیم درصد روغن بدون بتونیت	۹۰/۶۱ ^{cd}	۸۲/۹۳ ^f
یک و نیم درصد روغن با یک درصد بتونیت	۹۳/۳۱ ^b	۸۸/۸۵ ^c
یک و نیم درصد روغن با دو درصد بتونیت	۹۱/۰۵ ^c	۸۵/۰۰ ^e
SEM	۰/۲۱۶	۰/۳۹۸
P-Value	۰/۰۱	۰/۰۵
مقایسات ارتوگونال		
فاقد بتونیت با یک درصد بتونیت	۰/۵۱	۰/۰۱
فاقد بتونیت با دو درصد بتونیت	۰/۷۶	۰/۰۶
یک درصد بتونیت با دو درصد بتونیت	۰/۷۳	۰/۱۰
فاقد چربی با چربی	۰/۰۱	۰/۰۱
پودر چربی با روغن	۰/۰۹	۰/۰۱

F-a: تفاوت ارقام با حروف متفاوت در هر ستون، معنی‌دار است ($P < 0/05$).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

تولیدات دامی

دوره ۲۴ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۱

جدول ۵. مقایسه ضرایب همبستگی نتایج شاخص‌های استحکام و سختی پلت پس از تولید و درصد پلت سالم پس از

دان‌خوری‌های بشقابی و زنجیری مرغداری

درصد پلت سالم پس از دان‌خوری زنجیری	درصد پلت سالم پس از دان‌خوری بشقابی	
۰/۷۵	۰/۶۵	شاخص استحکام پلت به‌روش تامبلینگ
۰/۶۶	۰/۵۵	شاخص استحکام پلت به‌روش هولمن
۰/۴۷	۰/۲۵۳	شاخص سختی پلت به‌روش بروکفیلد
۰/۰۵	۰/۰۵	P-Value

بحث

مطابق با سایر پژوهش‌های انجام‌شده و نتایج این پژوهش نوع چربی و سطح بنتونیت تأثیرات متفاوتی بر عملکرد دستگاه پرس پلت [۱۵] و شاخص کیفی پلت داشت [۱۳]. افزودن چربی به خوراک پلت نه‌تنها برای تغلیظ نمودن جیره و ارتقای سطح کیفی جیره دارای اهمیت است، بلکه بر شاخص عملکرد تولیدی کارخانه از جمله میزان برق مصرفی و نرخ تولید در واحد زمان تأثیرات مثبتی دارد [۱۴]. افزودن چربی در میکسر منجر به کاهش اصطکاک و افزایش سهولت عبور خوراک از دای و کاهش خورندگی و استهلاک دای می‌شود [۳ و ۱۵] و همسو با یافته‌های این پژوهش، سایر پژوهش‌گران نیز گزارش نمودند که افزایش سطح چربی در خوراک پلت میزان برق مصرفی و نرخ تولید در واحد زمان را بهبود می‌دهد [۵، ۱۰ و ۱۶]. با توجه به این‌که پودر چربی حاوی حدود ۱۱ درصد کلسیم می‌باشد، به‌نظر می‌رسد این کلسیم موجب بروز ماهیتی فیزیکوشیمیایی شبیه به گریس در پودر چربی می‌شود که ماندگاری پودر چربی روی سطح دای را نسبت به روغن افزایش می‌دهد و به‌دنبال آن میزان اصطکاک در خوراک‌های حاوی پودر چربی کم‌تر از روغن است و در نتیجه با سهولت بیش‌تری از دای خارج می‌شوند که می‌تواند موجب کاهش برق مصرفی در هنگام تولید خوراک‌های حاوی پودر چربی نسبت به سایر خوراک‌های موردآزمایش شود که مؤید این موضوع افزایش معنی‌دار در نرخ تولید در واحد زمان

جیره‌های حاوی پودر چربی بدون بنتونیت می‌باشد که با افزایش سطح پودر چربی مقدار تولید در واحد زمان بدون تغییر معنی‌دار در برق مصرفی افزایش یافته است. اما در جیره‌های حاوی بنتونیت این روند دچار دگرگونی شده است که دلیل آن کاملاً مشخص نیست و احتمالاً به تعامل بین بنتونیت و منابع چربی مرتبط است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد میزان تولید در واحد زمان در این‌گونه جیره‌ها کاهش یافته است. افزایش سطح چربی منجر به کاهش اصطکاک خوراک در هنگام عبور از دای شده و از افزایش دمای بیش از حد در پلت ممانعت می‌نماید، از این رو افزودن چربی به جیره پلت می‌تواند بر پایداری آنزیم و قابلیت هضم پروتئین نیز تأثیرگذار باشد [۱۳] و این امر نیز ضرورت استفاده از چربی در جیره‌های پلت را بیش از پیش نشان می‌دهد. از سوی دیگر، مطابق با یافته‌های این پژوهش، گزارش شده است که افزودن روغن خام سویا به میکسر تأثیر منفی بر شاخص استحکام پلت دارد. گزارش شده است کاهش کیفیت پلت در اثر افزایش روغن می‌تواند به‌دلیل تأثیر منفی روغن بر ژلاتینه‌شدن نشاسته باشد [۶]. هرچند که ژلاتینه‌شدن مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر کیفیت پلت نیست [۱۵، ۲۱ و ۲۵]. کیفیت پلت تحت تأثیر نیروهای جاذبه بین ذرات مانند نیروهای الکترواستاتیکی و مغناطیسی، نیروی پیونددهنده اشتراکی (توسط فیبر و ذرات با ظاهر صاف و حجیم پدیدار می‌شود)، پل‌های

تولیدات دامی

پلت‌های حاوی روغن، رطوبت بیشتری را بعد از کولر در خود نگه می‌دارند.

در حقیقت، بنتونیت یک خاک رس دی هیدرواکتا مونت موریلونیت است که دارای خاصیت جذب آب و افزایش حجم است و سبب افزایش شاخص استحکام پلت می‌شود [۱۳]. اما در این آزمایش افزودن بنتونیت سبب افزایش ماده خشک نهایی شد که به نظر می‌رسد باعث افزایش اصطکاک در زمان عبور از دای شود. مطابق با یافته‌های این آزمایش افزودن بنتونیت توانست اختلاف در شاخص استحکام پلت به روش تامبلینگ، هولمن و درصد پلت سالم پس از دان‌خوری زنجیری ایجاد نماید. بیان شده است که در شرایط تجاری در جیره‌های پایانی که غلظت انرژی بالاتری دارند، مقادیر بیشتری از بنتونیت (بیش از ۱/۵ درصد) مورد نیاز است [۴].

تفاوت بین مقادیر دو شاخص اندازه‌گیری استحکام پلت بیانگر شدیدتر بودن آسیب وارده شده به پلت‌های سالم با روش هولمن در مقایسه با روش تامبلینگ است [۲۰]. بیان شده که روش تامبلینگ و هولمن شبیه‌سازی و تقلیدی از رفتار سیستم حمل خوراک در آمریکا و اروپا می‌باشد. در حقیقت هر یک از این روش‌ها به‌طور اختصاصی برای سیستم متفاوتی از حمل و نقل خوراک از کارخانه تا مزرعه طراحی شده‌اند. باور کلی بر دقیق‌تر بودن روش تامبلینگ نسبت به روش هولمن است زیرا نه تنها حجم خوراک بیشتری در روش تامبلینگ (۵۰۰ گرم در مقایسه با ۱۰۰ گرم خوراک) مورد آزمون قرار می‌گیرد، بلکه چالش برخورد ذرات پلت در روش هولمن در اثر استفاده از جریان هوا بیشتر از دستگاه تامبلینگ است، هرچند که زمان چالش در دستگاه هولمن کم‌تر از دستگاه تامبلینگ می‌باشد. از طرفی عنوان شده است که دستگاه هولمن دستگاه چندان قابل اعتمادی نیست، زیرا دستگاه یک توری با روزنه ثابت دارد و

جامد (به‌واسطه انتقال گرما به داخل ذرات، ایجاد سایش به‌دلیل کریستالی شدن برخی مواد و هم‌چنین واکنش شیمیایی سخت‌شدن ناشی از افزودن پلت چسبان و جامدشدن ذرات ذوب‌شده جسم گرانوله‌شده در اثر خنک‌شدن در داخل کولر اتفاق می‌افتد)، پل‌های مایع یا فشار موئینگی یا فشار سطحی (به‌دلیل وجود آب آزاد بین ذرات به‌وجود می‌آید و نیروهای چسبنده و هم‌چسبی که با افزودن پلت چسبان‌های با ویسکوزیته بالا به وقوع می‌پیوندد)، قرار می‌گیرند [۹ و ۱۳].

در آزمایشی تأثیر دو سطح (۲/۵ و پنج درصد) روغن و پودر چربی خالص بر کیفیت فیزیکی خوراک پلت مورد ارزیابی قرار گرفت. مطابق با یافته‌های این پژوهش و آزمایش‌های دیگر نشان داده شد که افزودن پودر چربی کیفیت پلت در مقایسه با روغن را بهبود بخشید. افزودن روغن در میکسر سبب ایجاد لایه‌ای مقاوم در برابر نفوذ رطوبت به داخل ذرات خوراک می‌شود درحالی‌که به‌نظر می‌رسد، پودر چربی با پروفایل اسیدهای چرب متفاوت از روغن و نقطه ذوب بالاتر از روغن، دیرتر از روغن ذوب می‌شود و بنابراین فرصت بیشتری برای اجازه نفوذ رطوبت به داخل ذرات خوراک برای افزایش ژلاتیناسیون بهتر نشاسته در کاندیشنر و دای می‌دهد که در نهایت در اثر ایجاد پل‌های جامد موجب افزایش کیفیت پلت می‌شود [۲۵]. وجود گلیسرول به‌عنوان یک امولسیون‌کننده و سورفکتانت بر سطح رطوبت دانه پس از کولر و کیفیت پلت تأثیر مثبتی دارد [۱۳]. بنابراین از آنجاکه پودر چربی نیز حاوی گلیسرول آزاد می‌باشد، به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش درصد ماده خشک محصول نهایی بعد از کولر در جیره حاوی پودر چربی وجود گلیسرول آزاد باشد، از طرفی همان‌طور که گفته شد پودر چربی نسبت به روغن فرصت بیشتری برای نفوذ رطوبت به عمق خوراک داخل کاندیشنر ایجاد می‌کند و در نتیجه محصول نهایی حاوی پودر چربی در مقایسه با

3. ASAE. (1997) Cubes, Pellets, and Crumbles: Definitions and Methods for Determining Density, Durability, and Moisture Content. ASAE Standard S269.4. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI.
4. Attar A, Kermanshahi, H and Golian A (2018) Effects of conditioning time and sodium bentonite on pellet quality, growth performance, intestinal morphology and nutrient retention in finisher broilers. *British Poultry Science* 59: 190-197.
5. Briggs JL, Maier DE, Watkins BA and Behnke, KC (1999). Effect of ingredients and processing parameters on pellet quality. *Poultry Science* 78: 1464-1471.
6. Cavalcanti WB and Behnke KC (2005) Effect of composition of feed model systems on pellet quality: a mixture experimental approach. II. *Cereal Chemistry* 82: 462-467.
7. Corzo AL, Mejia and Loar RF (2011) Effect of pellet quality on various broiler production parameters. *J. Appl. Poult. Res* 20: 68-74.
8. Hancock CJ (2010) Impact of feed form and nutrient distribution in an automated commercial broiler feeding system. Master dissertation, Kansas State University.
9. Kersten J, Rohde HR, Nef E and Almann, H (2005) Principles of mixed feed production: components, processes, technology. Agrimedia. Germany.
10. Loar RE, Wamsley KGS, Evans A, Moritz, JS and Corzo A (2014) Effects of varying conditioning temperature and mixer-added fat on feed manufacturing efficiency, 28-to 42-day broiler performance, early skeletal effect, and true amino acid digestibility. *Journal of Applied Poultry Research* 23(3): 444-455.
11. Massuquetto AJF, Durau VG, Schramm MV, Teixeira Netto EL, Krabbe and Maiorka A (2018) Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. *J Appl Poult Res* 27: 51-58.
12. Mckinney LJ and Teeter RG (2004) Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. Pellet quality and II. Prediction of consequential formulation dead zones. *Poult Sci* 83: 1165-1174.
13. Mohammadi GHaseem Abadi, M.H, Moravej H, Shivazad M, Karimi Torshizi MA and Kim WK (2019) Effect of different types and levels of fat addition and pellet binders on physical pellet quality of broiler feeds. *Poult Sci* 98: 4745-4754.

بیشتر خاکه پلت در محفظه داخلی تجمع پیدا می کند و از دستگاه خارج نمی شود و هم چنین قادر به توصیف کیفیت پلت پس از طی یک مسافت طولانی حمل و نقل نیست [۱۳]. مطابق با یافته های این پژوهش مقادیر به دست آمده از روش تامبلینگ با خاکه واقعی در خطوط دان خوری همبستگی بیش تری دارد [۸ و ۱۹].

با توجه به ضرورت استفاده از منابع چربی در خوراک، کارایی دستگاه، شاخص های استحکام پلت و نتایج حاصل از این آزمایش، استفاده از پودر چربی به جای روغن در سطح ۱/۵ درصد به همراه بنتونیت در سطح یک درصد جیره توصیه می شود. هم چنین شاخص استحکام پلت به روش تامبلینگ همبستگی بیش تری با واقعیت (درصد پلت سالم در دان خوری) دارد.

تشکر و قدردانی

از شرکت دانش بنیان کیمیا دانش الوند که حمایت مالی خود را در اجرای این پایان نامه به عمل آوردند و هم چنین کارخانه دانه زرین نقش جهان بابت در اختیار گذاشتن خط تولید برای تولید خوراک های پلت و مرغداری آقای ناصر معتمدی و شاره بابت انجام آزمایش های کیفیت پلت در مرغداری، تشکر و قدردانی می گردد.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان مقاله وجود ندارد.

منابع مورد استفاده

1. Abdollahi MR, Ravindran V and Svihus B (2013) Pelleting of broiler diets: an overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. *Animal Feed Science and Technology* 179: 1-23
2. AOAC. (1995) *Animal Feed. Chapter 4. in Official methods of analysis*. 16th edition. AOAC International, Arlington, VI, USA. 30 pp.

14. Moritz JS (2011) Increasing mixer-added fat reduces the electrical energy required for pelleting and improves exogenous enzyme efficacy for broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 20(1): 75-89.
15. Moritz JS, Cramer KR, Wilson KJ and Beyer RS (2003) Feed manufacture and feeding of rations with graded levels of added moisture formulated to different energy densities. *Journal of Applied Poultry Research* 12: 371-381.
16. Muramatsu K, Maiorka A, Vaccari ICM, Reis RN, Dahlke F, Pinto AA, Dias Orlando UA, Bueno M and Imagawa M (2013) Impact of particle size, thermal processing, fat inclusion and moisture addition on pellet quality and protein solubility of broiler feeds. *Journal of Agricultural Science and Technology. A*, 3(12A), 1017.
17. Richardson W and EJ, Day (1976) Effect of varying levelsof added fat in broiler diets on pellet quality. *Feedstuffs* (May 17): 24.
18. Salas-Bringas C, Plassen L, Lekang O and Schuller RB (2007). Measuring physical quality of pelleted feed by texture profile analysis, a new pellet tester and comparisons to other common measurement devices. *Annual Transactions-Nordic Rheology Society* 15: 149.
19. Singh Y, Ravindran V, Wester TJ, Molan AL and Ravindran G (2014) Influence of feeding coarse corn on performance, nutrient utilization, digestive tract measurements, carcass characteristics, and cecal microflora counts of broilers. *Poultry Science* 93: 607-616.
20. Svihus B, Kløvstad KH, Perez V, Zimonja O, Sahlstrom S, Schuller RB, Jeksrud WK and Prestløkken E (2004) Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. *Anim Feed Sci Technol* 117: 281-293.
21. Thomas M (1998) Physical quality of pelleted feed, a feed model study. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University.
22. Thomas M van der poel AFB (1996) Physical quality of pelleted animal feed: 1 Criteria for pellet quality. *Anim Feed Sci Technol* 61:89-112.
23. Winowiski TS (1995) Pellet quality in animal feeds. *American soybean association, lingo tech.*, FT, 21, 1-5.
24. Zimonja O (2009) Current issues in pelleting in respect to physical pellet analyses. Pages 45-50. In 1st Workshop Feed-to-Food FP7 REGPOT-3. XIII Sym. *Feed Technol. Proc.* Institute for Food Technology. Novi Sad, Serbia.
25. Zimonja O, Stevnebø A and Svihus B (2007) Nutritional value of diets for broiler chickens as affected by fat source, amylose level and diet processing. *Canadian Journal of Animal Science* 87: 553-562.