نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۳۹، تابستان ۱۴۰۲
ص‌ص: ۲۹~۴۴

تأثیر جیره‌های حاوی سطوح مختلف کنجاله کلزای خام و تخمیری بر عملکرد تولید و کیفیت پوسته تخم‌مرغ در مرغ‌های مادر گوشتی

- **بهروز دستار*[۱]، محمد طاهری[۲]، امید عشایری‌زاده[۳]، رضا میرشکار[۴]**

۱- استاد، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- دانشجوی دکتری تغذیه دام، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- دانشیار، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴- استادیار، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت : خرداد ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش : شهریور ۱۴۰۱
شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۳۷۱۶۸۶۲
Email: dastar@gau.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ ASJ.2022.359008.2236

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر جایگزینی کنجاله کلزای خام یا تخمیری با کنجاله سویا بر عملکرد تولید و کیفیت پوسته تخم‌مرغ در مرغ‌های مادر گوشتی بود. کنجاله کلزا برای مدت ۳۰ روز با *لاکتوباسیلوس ساتلیس* و *آسپرژیلوس نایجر* تخمیر شد و تعداد ۱۴۰ قطعه مرغ مادر گوشتی (راس ۳۰۸) در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۳×۲، شامل دو نوع کنجاله کلزا (خام و تخمیری) و سه سطح جایگزینی با کنجاله سویا (۳۳، ٦٦ و ۱۰۰٪) به همراه یک گروه شاهد (ذرت-سویا) با ۵ تکرار به مدت ۱۲ هفته (سه مرحله تولید) انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد مقدار pH وگلوکوزینولات‌های کنجاله کلزا پس از تخمیر میکروبی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵). کنجاله کلزای تخمیری در مقایسه با کنجاله کلزای خام تأثیر معنی‌داری بر وزن بدن، وزن تخم‌مرغ، درصد تولید و ویژگی‌های کیفیت پوسته تخم‌مرغ نداشت. اثر سطح کنجاله بر وزن بدن و وزن تخم‌مرغ معنی‌دار نبود، اما با افزایش سطح کنجاله کلزای خام یا تخمیری در جیره کاهش خطی معنی‌داری در درصد تولید و کیفیت پوسته تخم‌مرغ مشاهده شد (P<۰/۰۵). درصد تولید تخم‌مرغ در مرغ‌های تغذیه شده با ۱۰۰٪ کنجاله کلزای خام یا تخمیری به‌طور معنی‌داری کمتر از گروه شاهد بود (P<۰/۰۵). بر اساس نتایج این آزمایش کنجاله کلزای خام یا تخمیری در سطح بیشتر از ٦٦٪ جایگزینی با کنجاله سویا در جیره مرغ‌های مادر گوشتی تأثیر منفی بر عملکرد تولید و کیفیت پوسته تخم‌مرغ دارد.

واژه‌های کلیدی: تخمیر، عملکرد تولید، کنجاله کلزا، کیفیت پوسته تخم‌مرغ، مرغ مادر گوشتی.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 139 pp: 29-44

The effect of diets containing different levels of raw and fermented rapeseed meal on production performance and egg shell quality in broiler breeders

By Behrouz Dastar*[1], Mohammad Taheri[2], Omid Ashayerizadeh[1], Reza Mirshekar[1]
1: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2: Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Received: June 2022 **Accepted: September 2022**

The aim of this research was to investigate the effect of replacing raw or fermented rapeseed meal with soybean meal on production performance and eggshell quality in broiler breeders. Rapeseed meal was fermented for 30 days with *Lactobacillus subtilis* and *Aspergillus niger* and 140 broiler breeders (Ross 308) in the form of a completely randomized design with a factorial experiment of 3 × 2, including two types of rapeseed meal (raw and fermented) and three replacement levels with soybean meal (33, 66, and 100%) along with a control group (corn-soybean) were performed with five replicates for 12 weeks (three production stages). The test results showed that pH and glucosinolates values of rapeseed meal decreased significantly after microbial fermentation (P<0.05). Fermented rapeseed meal had no significant effect on body weight, egg weight, egg production percentage, and eggshell quality characteristics in comparison with raw rapeseed. The effect of replacing meal level on body weight and egg weight was insignificant, but with increasing the level of raw or fermented rapeseed meal in the diet a linear significant decrease was observed in production percentage and eggshell quality (P<0.05). The percentage of egg production in hens fed with 100% raw or fermented rapeseed meal was significantly lower than the control group (P<0.05). Based on the results of this experiment, raw or fermented rapeseed meal at a level of more than 66% replacement with soybean meal in the diet of broiler breeders has a negative effect on production performance and eggshell quality.

Key words: Fermentation, Production performance, Rapeseed meal, Eggshell quality, Broiler breeder.

مقدمه

کنجاله سویا منبع اصلی پروتئین گیاهی در تغذیه طیور است (Rutkowski و همکاران، ۲۰۱۵). اما به دلیل قیمت بالا و عدم وفور آن، تلاش برای یافتن منابع جایگزینی پروتئینی با کیفیت، ارزان‌تر و قابل دسترس را الزامی نموده است (Ashayerizadeh و همکاران، ۱۳۹۴). کنجاله کلزا از ۳۵ تا ۴۲ درصد پروتئین خام تشکیل شده است و از لحاظ تعادل اسید آمینه مشابه با کنجاله سویا است (Zhu و همکاران، ۲۰۱۹). کنجاله کلزا در مقایسه با کنجاله سویا حاوی لیزین، آرژنین و ترئونین نسبتاً کمتر، اما اسید آمینه‌های گوگرددار (از جمله متیونین و سیستئین) بیشتری است، از این رو می‌تواند جایگزین مناسبی برای کنجاله سویا در جیره غذایی طیور باشد (Khajali و Slominsky، ۲۰۱۲).

به دلیل وجود عوامل ضدتغذیه‌ای (به ویژه گلوکوزینولات‌ها)، استفاده از کنجاله کلزا در جیره طیور محدود است (Fazhi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Rabie و همکاران، ۲۰۱۵). Summers و همکاران (۱۹۷۱) گزارش کردند که تا ۵۰٪ جایگزینی کنجاله کلزا با کنجاله سویا در جیره مرغ‌های مادر گوشتی هیچ اثر نامطلوبی بر تولید تخم‌مرغ ندارد، درحالی‌که با جایگزینی کامل، تولید تخم‌مرغ به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. Cortes Cuevaset و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که جایگزینی کنجاله کلزا با کنجاله سویا تا ۲۶ درصد در جیره مرغ‌های تخم‌گذار هیچ اثر نامطلوبی بر عملکرد تولید ندارد. نتایج Zhu و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که تولید تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار با افزایش محتوای کنجاله کلزا طی ۱۲ هفته به‌صورت خطی از ۹۳/۹ به ۹۱/۳ درصد کاهش یافت. کاهش عملکرد

تولیدی طیور در هنگام استفاده از کنجاله کلزا به مواد ضدمغذی آن ارتباط داده می‌شود. به همین دلیل روش‌های مختلفی نظیر بهبود ژنتیکی دانه کلزا، افزودن آنزیم‌های مصنوعی به جیره‌های غذایی، پوست‌کنی، پرتودهی، حرارت دادن و یا خیساندن در محلول‌های شیمیایی در تلاش برای کاهش گلوکوزینولات‌های کنجاله کلزا ارائه شده است (Khajali و Slominsky، ۲۰۱۲)، که این روش‌ها دشوار، پرهزینه و گاه ناکارآمد می‌باشند (Tripathi و همکاران، ۲۰۰۷).

تخمیر میکروبی می‌تواند راه‌حل مؤثری برای کاهش عوامل ضدتغذیه‌ای کنجاله کلزا و افزایش زیست‌فراهمی مواد مغذی در جیره طیور باشد (Fazhi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Sun و همکاران، ۲۰۱۳؛ Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۸). گلوکوزینولات-های موجود در کنجاله کلزای خام در اثر تخمیر میکروبی کاهش می‌یابند و به طبع ارزش غذایی کنجاله کلزا پس از تخمیر بهبود می‌یابد (Vig و Walia، ۲۰۰۱؛ Hu و همکاران ۲۰۱۶؛ Ashayerizadeh و همکاران ۲۰۱۷) و در نتیجه استفاده از کنجاله کلزای تخمیر شده در جیره می‌تواند باعث بهبود عملکرد رشد و سلامت عمومی طیور شود. محققان نشان دادند که تخمیر کنجاله کلزا (Chiang و همکاران، ۲۰۱۰؛ Hu و همکاران، ۲۰۱۶؛ Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۷) یا کنجاله پنبه‌دانه (Nie و همکاران،۲۰۱۵؛ Jazi و همکاران، ۲۰۱۷) عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی را بهبود می‌بخشد. استفاده ازکنجاله کلزای تخمیر شده یک منبع پروتئین جایگزین مناسب و امیدوارکننده است و می‌تواند به‌طور کامل جایگزین کنجاله سویا در جیره غذایی طیور شود (Fazhi و همکاران، ۲۰۱۱). وزن تخم‌مرغ و استحکام پوسته در مرغ‌های تخم‌گذار هنگام استفاده از خوراک تخمیر شده در جیره غذایی آن‌ها افزایش می‌یابد (Engberg و همکاران، ۲۰۰۹). علاوه بر این، Zhu و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که خوراک تخمیری عملکرد رشد جوجه‌های تخم‌گذار را بهبود می‌بخشد. همچنین کیفیت پوسته تخم‌مرغ برای صنعت پرورش جوجه‌های گوشتی در سراسر جهان اهمیت زیادی دارد. نتایج متفاوتی در رابطه با تأثیر استفاده از سطوح مختلف کنجاله کلزا بر کیفیت تخم‌مرغ مشاهده شده است، آنچه واضح است این است که وجود منیزیم بالا در کنجاله کلزا در مقایسه با کنجاله سویا می‌تواندکیفیت پوسته تخم‌مرغ را بهبود بخشد (Kim و همکاران، ۲۰۱۳). مطالعات نسبتاً کمی در مورد جایگزینی کنجاله کلزای خام و تخمیری با کنجاله سویا در مرغ-های مادر گوشتی انجام شده است و و لذا این آزمایش به‌منظور بررسی مقدار گلوکوزینولات‌ها پس از تخمیر کنجاله کلزا و تأثیر استفاده از این کنجاله‌ها بر تولید تخم‌مرغ و کیفیت پوسته در مرغ-های مادر گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر باکتری *لاکتوباسیلوس سابتلیس* PTCC1156[1] و قارچ *آسپرژیلوس نایجر* PTCC5012[2] به‌صورت ویال‌های لئوفلیزه از سازمان تحقیقات علمی و صنعتی ایران تهیه و به‌ترتیب با استفاده از محیط‌های کشت MRS-broth[3] و Katefferol-Glucose-agar در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد فعال‌سازی شدند. آماده‌سازی کشت آغازگر به ترتیب با استفاده از محیط‌های MRS-broth و PDA[4] در طی انکوباسیون در دماهای ۳۷ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پیش از شروع تخمیر، جهت مشخص شدن دقیق تأثیر میکروارگانیسم‌های مذکور بر میزان گلوکوزینولات‌ها،کنجاله کلزای خام به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شد تا آنزیم مایروزیناز آن غیرفعال گردد (Vig و Walia، ۲۰۰۱). سپس به هر کیلوگرم کنجاله کلزای خام ۱/۲ لیتر از ترکیب آب مقطر و کشت آغازگر(حاوی حداقل 10^5 واحد تشکیل کلنی در میلی‌لیتر) باکتری افزوده شد و در یک مخزن مخصوص (دارای سوپاپ یک‌طرفه جهت خروج گازهای تولید شده و ممانعت‌کننده از خروج هوا) برای مدت ۳۰ روز در دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس ازتکمیل فرآیند تخمیر، کنجاله کلزای تخمیر شده به مدت ۳ روز در اتاقی با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد (Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۷). میزان pH کنجاله خام و تخمیری به‌وسیله pH

[1] *Bacillus subtilis*
[2] *Aspergillus niger*
[3] Modified Rogosa broth (MRS-broth)
[4] Potato Dextrose Agar (PDA)

مترديجيتالی (pHMeter CG 804, SCHOTTGERATE) اندازه‌گیری شد (Chiang و همکاران، ۲۰۱۰). مقدار گلوکوزینولات‌ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی با کارایی بالا و بر اساس اندازه‌گیری گلوکز حاصل از شکسته شدن گلوکوزینولات به‌وسیله آنزیم مایروزیناز تعیین شد (Quinsac و همکاران، ۱۹۹۱).

برای بررسی تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد و کیفیت تخم مرغ در مرغ‌های مادر گوشتی، تعداد ۱۴۰ قطعه مرغ مادر گوشتی و ۳۵ قطعه خروس پدر گوشتی (سویه راس ۳۰۸) ۵۲ هفته تهیه و به‌طور تصادفی در ۳۵ واحد آزمایشی (۴ مرغ و یک خروس) در هر واحد) توزیع شدند. نیازهای تغذیه‌ای مرغ‌های مادر گوشتی از جداول سویه (ROSS، ۲۰۱۶) استخراج و جیره‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار UFFDA[5] تنظیم شدند. تیمارهای غذایی شامل یک جیره ذرت-کنجاله سویا (جیره شاهد) و ۶ جیره آزمایشی شامل سطوح ۳۳٪، ۶۶٪ و ۱۰۰٪ کنجاله کلزای خام یا کنجاله کلزای تخمیری جایگزین با کنجاله سویا بودند که به هر تیمار آزمایشی ۵ تکرار اختصاص یافت. مطالعه به مدت ۱۲ هفته به‌طول انجامید. در طی آزمایش، آب به‌صورت آزاد در اختیار پرندگان قرار داده شد. دمای سالن، طول مدت روشنایی و سایر موارد مدیریتی براساس استاندارد راهنمای سویه بود (پرنده‌ها روزانه سرانه دان یکسانی دریافت کردند).

آزمایش با توجه به مراحل تولیدی راهنمای سویه به ۳ مرحله تولید تقسیم که هر مرحله ۴ هفته در نظر گرفته شد. جهت مشاهده تغییرات وزن بدن، پرندگان در پایان هر مرحله از تولید (هفته ۴، ۸ و ۱۲) توزین شدند و میانگین وزن بدن هر گروه گزارش شد. تخم‌مرغ تمام تیمارهای آزمایشی به‌طور روزانه در تمام دوره آزمایش جمع‌آوری شد. جهت تعیین عملکرد تولید، درصد تولید و میانگین وزن تخم‌مرغ به‌طور روزانه در کل دوره آزمایش اندازه‌گیری و محاسبه شد و نتایج در سه مرحله تولید گزارش گردید. جهت بررسی کیفیت پوسته تخم‌مرغ تیمارهای آزمایشی (ارزیابی مقاومت و ضخامت پوسته)، ۱۲ عدد تخم‌مرغ در پایان هفته ۱۰ و ۱۲ عدد تخم‌مرغ در پایان هفته ۱۲ (مجموعاً ۲۴ عدد) از هر تیمار آزمایشی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفت، و میانگین این دو هفته در نتایج این مطالعه گزارش شد. مقاومت پوسته تخم‌مرغ با استفاده از مقاومت‌سنج پوسته تخم‌مرغ مدل (Co., Ltd., Tokyo, Japan Robotmation) مورد ارزیابی قرار گرفت، به‌طوری که تخم‌مرغ‌ها به‌صورت عمودی در این ابزار اندازه‌گیری قرار گرفتند، بر اثر نیروی اعمال‌شده و ترک خوردگی تخم‌مرغ، مقاومت پوسته در واحد کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد (Zhu و همکاران، ۲۰۱۸). پس از شکاندن تخم‌مرغ‌ها، پوسته‌ها به صورت دستی از آلبومین جدا شدند. در ادامه غشای تخم‌مرغ‌ها از روی پوسته برداشته شد، و در نتیجه ضخامت پوسته تخم‌مرغ از قسمت‌های نوک، وسط و انتها به‌وسیله کولیس دیجیتال اندازه‌گیری، و سپس میانگین این سه مقدار به‌عنوان ضخامت پوسته تخم مرغ ثبت شد (Ozenturk و همکاران، ۲۰۲۰). تعداد تخم‌مرغ‌های شکسته و بدفرم مربوط به هر گروه آزمایشی در طول کل آزمایش (۱۲ هفته) محاسبه و میانگین آن به‌صورت درصد گزارش گردید.

مقدار گلوکوزینولات‌ها و pH در کنجاله کلزای خام و تخمیری با استفاده از آزمون t و سایر داده‌های آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل ۳ × ۲ تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح آماری ۵ درصد انجام شد. همچنین آنالیز داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۷ تیمار (۳۳٪، ۶۶٪ و ۱۰۰٪ کنجاله کلزای خام، ۳۳٪، ۶۶٪ و ۱۰۰٪ کنجاله کلزای تخمیری و گروه شاهد) انجام گرفت و مقایسه گروه‌های آزمایشی با آزمون توکی انجام شد. علاوه بر این مقایسه گروه شاهد با سایر گروه‌های آزمایشی با آزمون دانت نیز انجام گرفت و از مقایسات مستقل خطی و کوادراتیک برای بررسی تأثیر سطوح مختلف کنجاله کلزا بر صفات اندازه‌گیری شده استفاده شد. تمام محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۰۰۳) انجام شد.

[5] User-Friendly Feed Formulation Done Again (UFFDA)

مدل آماری طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۳ × ۲ به صورت $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$ بود که در این معادله Y_{ijk} مقدار هر مشاهده، μ میانگین، A_i اثر اصلی نوع کنجاله کلزا، B_j اثر اصلی سطح جایگزینی کنجاله کلزای خام و تخمیری با کنجاله سویا، AB_{ij} اثر متقابل بین نوع کنجاله و سطح جایگزینی و e_{ijk} خطای آزمایش است. مدل آماری طرح کاملا تصادفی برای مقایسه ۷ گروه آزمایشی به صورت $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ بود که در این معادله Y_{ij} مقدار هر مشاهده، μ میانگین، T_i اثر گروه آزمایشی و e_{ij} خطای آزمایش است.

نتایج

تأثیر تخمیر میکروبی بر pH و گلوکوزینولات‌ها

تأثیر فرآیند تخمیر میکروبی بر pH و مقدارگلوکوزینولات‌ها در جدول ۲ گزارش شده است. فرآیند تخمیر به‌طور معنی‌داری مقدار pH را از ۵/۶۱ به ۴/۲۷ و مقدار گلوکوزینولات‌های کنجاله کلزای خام را از ۱۲/۸۱ به ۴/۱۹ میکرومول برگرم کاهش داد (P< ۰/۰۵).

تأثیر کنجاله کلزای تخمیری بر عملکرد

تأثیر گروه‌های آزمایشی بر وزن بدن، وزن تخم‌مرغ و عملکرد تولید در مراحل مختلف تولید به‌ترتیب در جدول‌های ۳، ۴ و ۵ گزارش شده است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که جایگزینی کنجاله کلزای تخمیری در مقایسه با کنجاله کلزای خام در جیره غذایی تاثیر معنی‌داری بر وزن بدن پرندگان و وزن تخم‌مرغ نداشت. همچنین برای وزن بدن و وزن تخم‌مرغ بین سطوح مختلف (۳۳، ۶۶، ۱۰۰٪) جایگزینی کنجاله کلزای خام یا تخمیری در مقایسه با گروه شاهد نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در بررسی معادلات رگرسیون رابطه معنی‌داری بین وزن بدن و وزن تخم‌مرغ و سطوح مختلف کنجاله کلزای خام یا تخمیری در هیچ‌یک از مراحل مختلف تولید مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

افزون بر این تفاوت معنی‌داری بین کنجاله کلزای خام و تخمیری در جیره بر درصد تولید تخم‌مرغ در مراحل مختلف تولید مشاهده نشد. با افزایش سطوح جایگزینی کنجاله کلزای خام یا تخمیری در جیره درصد تولید تخم‌مرغ به طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵). درصد تولید تخم‌مرغ گروه شاهد در مرحله اول تولید به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه دریافت‌کننده ۱۰۰ درصد کنجاله کلزای خام و همچنین درصد تولید تخم‌مرغ گروه شاهد در مرحله دوم تولید به طور معنی‌داری بیشتر از گروه دریافت‌کننده ۱۰۰ درصد کنجاله کلزای تخمیری در مرحله دوم تولید بود (P<۰/۰۵). در بررسی معادلات رگرسیون رابطه معنی‌دار خطی بین درصد تولید تخم‌مرغ و سطوح مختلف کنجاله کلزای خام یا تخمیری در تمام مراحل مختلف تولید مشاهده شد (P<۰/۰۵)، به‌طوری که با افزایش سطح کنجاله کلزای خام یا تخمیری درصد تولید تخم‌مرغ به‌صورت خطی کاهش یافت.

تأثیر کنجاله کلزای تخمیری بر کیفیت پوسته تخم‌مرغ

تأثیر گروه‌های آزمایشی بر مقاومت پوسته، ضخامت پوسته، درصد تخم‌مرغ‌های شکسته و بدفرم در جدول ۶ گزارش شده است. نتایج نشان داد که جایگزینی کنجاله کلزای تخمیری در مقایسه با کنجاله کلزای خام در جیره غذایی تأثیر معنی‌داری بر مقاومت و ضخامت پوسته، درصد تخم‌مرغ‌های شکسته و بدفرم نداشت (P>۰/۰۵). با افزایش سطوح جایگزینی کنجاله کلزای خام یا تخمیری در جیره مرغ‌های مادر گوشتی مقاومت پوسته، ضخامت پوسته کاهش و درصد تخم‌مرغ‌های شکسته و بدفرم به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند (P<۰/۰۵). در آنالیز داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه گروه‌های آزمایشی با آزمون توکی، بین گروه‌های آزمایشی مختلف در مقایسه با گروه شاهد در مقاومت پوسته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵)، اما بین گروه‌های آزمایشی مختلف در مقایسه با گروه شاهد در ضخامت پوسته، تخم‌مرغ‌های بدفرم وشکست تفاوت معنی‌داری بود (P<۰/۰۵).

در مقایسه گروه شاهد با سایر گروه‌های آزمایشی با آزمون دانت، تفاوت معنی‌داری بین گروه شاهد و سایر گروه‌های آزمایشی برای تمام صفات کیفیت پوسته تخم‌مرغ مشاهده نشد. اگرچه ضخامت

پوسته گروه آزمایشی ۳۳٪ کنجاله کلزای خام به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه‌های آزمایشی ۱۰۰٪ کنجاله کلزای خام و ۱۰۰٪ کنجاله کلزای تخمیری بود (P<۰/۰۵). همچنین درصد تخم‌مرغ-های شکسته و بدفرم گروه آزمایشی ۳۳٪ کنجاله کلزای تخمیری به‌طور معنی‌داری کمتر از گروه‌های آزمایشی ۱۰۰٪ کنجاله کلزای خام بود (P<۰/۰۵).

در بررسی معادلات رگرسیون رابطه معنی‌دار کوادراتیک بین ضخامت پوسته و سطوح مختلف کنجاله کلزای خام یا تخمیری مشاهده شد (P<۰/۰۵)، به‌طوری‌که با افزایش سطح کنجاله کلزای خام یا تخمیری ضخامت پوسته تخم‌مرغ به صورت سهمی کاهش یافت. علاوه براین، با افزایش سطح کنجاله کلزای خام یا تخمیری درصد تخم‌مرغ‌های شکسته و بدفرم به صورت خطی افزایش یافت (P<۰/۰۵).

بحث

تأثیر تخمیر میکروبی بر pH و مقدار گلوکوزینولات‌ها

در مطالعه حاضر مشابه با تحقیق Ashayerizadeh و همکاران (۲۰۱۴) از قارچ *آسپرژیلوس نایجر* و باکتری *باسیلوس سابتلیس* برای تخمیر کنجاله کلزا استفاده شد. *آسپرژیلوس نایجر* با ایجاد محیطی بی‌هوازی شرایط مساعدی برای رشد *باسیلوس سابتلیس* فراهم می‌کند، در نتیجه فعالیت این باکتری سبب کاهش pH محیط می‌شود. در راستای مطالعه حاضر، Jazi و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که استفاده از قارچ *آسپرژیلوس نایجر*، *آسپرژیلوس اوریزا* و باکتری *باسیلوس سابتلیس* به‌طور معنی‌داری باعث کاهش pH و افزایش جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیکی در کنجاله پنبه‌دانه تخمیری شد. همچنین Chiang و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که مقدار گلوکوزینولات‌ها در کنجاله کلزای تخمیر شده با باکتری‌های *لاکتوباسیلوس فرمنتوم*[6]، *باسیلوس سابتلیس*، *ساکرومایسس سرویزیه*[7] و *انتروکوکوس فاسیوم*[8] به میزان قابل توجهی نسبت به کنجاله کلزای خام کاهش یافت. Hu و همکاران (۲۰۱۶) مشابه با نتایج این تحقیق، نشان دادند که طی تخمیر میکروبی کنجاله کلزا به کمک *باسیلوس سابتلیس* محتوای گلوکوزینولات‌های کنجاله کلزا به طور قابل توجهی کاهش یافت. سایر محققان نیز کاهش pH و افزایش جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیکی را در خوراک‌های تخمیر شده نشان داده‌اند (Skrede و همکاران، ۲۰۰۳؛ Akinola و همکاران، ۲۰۱۵). به-کارگیری روش تخمیر میکروبی به‌طور مؤثری سبب کاهش میزان گلوکوزینولات‌ها در کنجاله کلزای تخمیری نسبت به کنجاله کلزای خام شد که همسو با نتایج Ashayerizadeh و همکاران (۲۰۱۸) است. در اثر فرآیند تخمیر میکروبی ترکیب کربوهیدراتی کنجاله کلزا در نتیجه فعالیت‌های متابولیسمی میکروارگانیسم‌ها دستخوش تغییر می‌شوند (Ahmed و همکاران، ۲۰۱۴). Vig و Walia (۲۰۰۱) کاهش مقدار گلوکوزینولات‌ها و متابولیت-های ناشی از آن در اثر فرآیند تخمیر را به مصرف گلوکز و گوگرد این ترکیبات توسط میکروارگانیسم‌ها تعمیم دادند.

تأثیر کنجاله کلزای تخمیری بر عملکرد

در مطالعه حاضر جایگزینی کنجاله کلزای خام یا تخمیری در سطوح مختلف ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰٪ تأثیر معنی‌داری بر وزن بدن، وزن تخم‌مرغ در کل دوره آزمایش نداشتند. Summers و همکاران (۱۹۸۵) گزارش کردند که جایگزینی ۱۰ درصد کنجاله کانولا با کنجاله سویا در جیره غذایی مرغ‌های تخم‌گذار سبب تغییر وزن بدن پرندگان نمی‌شود. Leeson (۱۹۸۷) نیز نشان داد که کنجاله کانولا ۱۰۰٪ جایگزین با کنجاله سویا درجیره غذایی جوجه‌های گوشتی تأثیری بر وزن بدن آن‌ها ندارد. Cuevas Cortes و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که جایگزینی ۲۶ درصد کنجاله کلزای خام باکنجاله سویا در جیره مرغ‌های تخم‌گذار، باعث افزایش وزن بدن آن‌ها می‌شود. Zhu و همکاران (۲۰۱۸) در آزمایشی به مدت ۱۲ هفته، کنجاله کلزای خام را در سطوح صفر، ۲۱/۷، ۴۲/۵، ۶۲/۵، ۸۱/۶ و ۱۰۰ درصد جایگزین کنجاله سویا در جیره مرغ‌های تخم‌گذار کردند، در نتایج این تحقیق تغییری معنی-داری در وزن بدن مرغ‌های تخم‌گذار مشاهده نشد، اما وزن تخم-مرغ در کل دوره آزمایش به‌صورت سهمی (معادله درجه دوم) کاهش یافت.

[6] *Lactobacillus fermentum*
[7] *Saccharomyces cerevisiae*
[8] *Enterococcus faecium*

وزن بدن مرغ‌های مادر گوشتی به‌طور مستقیم به مصرف خوراک آن‌ها بستگی دارد. میزان مصرف کنجاله کلزا در جیره طیور به‌طور مستقیم به مقدار گلوکوزینولات‌های موجود در آن که عامل اصلی ضدتغذیه‌ای در تمام محصولات کلزا است، بستگی دارد. Woyengo و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که طیور می‌توانند تا ۲/۵۰ میکرومول بر گرم گلوکوزینولات را در جیره خود تحمل کنند. بنابراین، به دلیل وجود مواد ضدمغذی از جمله گلوکوزینولات‌ها، جیره‌های حاوی کنجاله کلزا خام خوش‌طعمی کمتری نسبت به جیره‌های حاوی کنجاله سویا دارند (Mawson و همکاران، ۱۹۹۳). با توجه به اینکه در کنجاله کلزای تخمیری مقدار گلوکوزینولات‌های به طور معنی‌داری از ۱۲/۸۱ به ۴/۱۹ (میکرومول/گرم) کاهش یافت، اما تفاوت معنی داری هنگام جایگزینی کنجاله کلزا یا تخمیری در تمام سطوح ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰٪ بر وزن بدن مرغ‌های مادر گوشتی در مراحل مختلف تولید مشاهده نشد. Summers و همکاران (۱۹۷۱) گزارش کردند که جایگزینی ۵۰٪ و ۱۰۰٪ کنجاله کلزا با کنجاله سویا در جیره مرغ مادر گوشتی، سبب کاهش وزن تخم‌مرغ شد، و همچنین درصد تولید تخم‌مرغ تا ۵۰٪ جایگزینی کنجاله کلزا با کنجاله سویا در جیره تفاوتی با گروه شاهد (جیره بر پایه ذرت-سویا) نداشت، اگرچه جایگزینی کامل کنجاله کلزا با کجاله سویا سبب کاهش درصد تولید تخم‌مرغ شد. همچنین نتایج آزمایش Leeson و همکاران (۱۹۷۸) نشان داد که جایگزینی کنجاله کلزا در سطوح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰٪ با کنجاله سویا در جیره مرغ‌های تخم‌گذار اثر معنی‌داری بر وزن و درصد تولید تخم‌مرغ نداشت.

(Najib و Al-Khateeb، ۲۰۰۴) اظهار داشتند که ۳۰٪ جایگزینی کنجاله کلزا با کنجاله سویا در جیره مرغ‌های تخمگذار به طور قابل توجهی سبب کاهش وزن و درصد تولید تخم‌مرغ شد. Ciurescu (۲۰۰۹) گزارش کرد که تا ۶۰٪ جایگزینی کنجاله کلزای خام یا تخمیری با کنجاله کلزا سویا در جیره مرغ-های تخم‌گذار در مقایسه با گروه شاهد (بر اساس جیره ذرت-سویا) تأثیر معنی‌داری بر وزن تخم‌مرغ و تولید تخم‌مرغ نداشت. در مطالعه‌ای دیگر Cortes Cuevas و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که جایگزینی ۲۶٪ کنجاله کلزا با کنجاله سویا در جیره مرغ‌های تخم‌گذار تأثیر منفی بر پارامترهای تولیدی (وزن و تولید تخم‌مرغ) نگذاشت. Zhu و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که اثر جایگزینی سطوح مختلف کنجاله کلزا (صفر، ۲۱/۷، ۴۲/۵، ۶۲/۵، ۸۱/۶ و ۱۰۰ درصد) با کنجاله سویا در جیره مرغ‌های تخم-گذار معنی‌دار بود، به‌طوری که با افزایش سطح کنجاله کلزا درصد تولید تخم‌مرغ به‌طور خطی کاهش یافت.

با توجه به نتایج مطالعات قبلی، در مطالعه حاضر جایگزینی کامل کنجاله کلزای خام یا تخمیری با کنجاله سویا در جیره مرغ‌های مادر گوشتی تأثیر معنی‌داری بر وزن تخم‌مرغ نداشت، اما بیش از ۶۶ درصد جایگزینی کنجاله کلزای خام یا تخمیری، سبب کاهش درصد تولید تخم‌مرغ شد. اثر سطوح مختلف جایگزینی کنجاله کلزای خام یا تخمیری در جیره خطی بود، به‌طوری که در مرحله اول تولید، درصد تولید از ۶۸/۵۷ به ۵۹/۸۲؛ در مرحله دوم تولید از ۶۱/۸۷ به ۵۰/۷۱؛ در مرحله سوم تولید از ۵۳/۹۲ به ۴۷/۹۴ کاهش یافت. محققان بیان کردند که خوراک تخمیر شده به دلیل پتانسیل بالا از لحاظ بهبود کیفیت خوراک و ارتقای عملکرد رشد حیوانات، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Chiang و همکاران ۲۰۱۰؛ Engberg و همکاران ۲۰۰۹؛ Yan و همکاران ۲۰۱۹؛ Zhu و همکاران، ۲۰۲۰). فرآیند تخمیرمیکروبی باعث غنی‌سازی پروبیوتیک‌ها، ویتامین‌ها، اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه، پپتیدها، آنزیم‌ها و عوامل محرک رشد خوراک می‌شوند. این فناوری پردازش خوراک به هضم و جذب مواد مغذی توسط میزبان کمک می‌کند و در نتیجه عملکرد رشد حیوانات را بهبود می‌بخشد (Peralta و همکاران، ۲۰۰۸). در همین راستا Drazbo و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که تخمیر میکروبی کیفیت کنجاله کلزا را افزایش می‌دهد. در نتیجه این امر می‌تواند دلیل بهبود تولید تخم‌مرغ در گروه‌های دریافت‌کننده کنجاله کلزای تخمیری در آزمایش حاضر باشد. احتمال می‌رود به دلیل تخصیص مقدار یکسان خوراک در طول آزمایش بر اساس راهنمای سویه، افزایش وزن تخم‌مرغ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفته باشد. اگرچه متابولیت‌های مشتق شده از

گلوکوزینولات‌ها (به ویژه ایزوتیوسیانات‌ها) برای روده پرنده مضر بوده و سبب کاهش هضم و جذب مواد مغذی جیره می‌شوند (Khajali و Slominski، ۲۰۱۲)، در نتیجه کاهش هضم مواد مغذی در دستگاه گوارش پرندگان می‌تواند عملکرد تولید آن‌ها را کاهش دهد و تأثیر منفی بر عملکرد مرغ‌های مادر گوشتی بگذارد.

تأثیر کنجاله کلزای تخمیری بر کیفیت پوسته تخم‌مرغ

Summers و همکاران (۱۹۸۵) گزارش کردند که استفاده از کنجاله کانولا تا سطح ۱۰ درصد (جایگزین با کنجاله سویا) در جیره مرغ‌های تخم‌گذار سبب بهبود مقاومت پوسته تخم‌مرغ می‌شود. به‌طور مشابه نتایج Ciurescu (۲۰۰۹) در زمینه مرغ‌های تخم‌گذار نشان داد که جایگزینی ۷۲ درصد از کنجاله کلزا با کنجاله سویا درجیره، هیچ تأثیری بر کیفیت پوسته تخم‌مرغ ندارد. همچنین Zhu و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که جایگزینی کامل کنجاله کلزا با کنجاله سویا در جیره مرغ‌های تخم‌گذار اثر معنی‌داری بر مقاومت و ضخامت پوسته نگذاشت. Leeson (۱۹۸۷) اظهار داشت که جایگزینی کامل کنجاله کانولا با کنجاله سویا درجیره غذایی مرغ‌های تخم‌گذار تأثیری منفی بر شکل تخم‌مرغ‌ها نمی‌گذارد. در مطالعه حاضر اثر سطوح جایگزینی کنجاله کلزای خام و تخمیری بر ضخامت پوسته بیشتر کوادراتیک و بر تخم‌مرغ‌های شکسته و بدفرم خطی بود. به‌طوری که با افزایش سطح جایگزینی کنجاله کلزای خام یا تخمیر در جیره مرغ‌های مادر گوشتی مقاومت و ضخامت پوسته کاهش و درصد تخم‌مرغ‌های شکسته و بدفرم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

نتایج تحقیق Kim و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که کنجاله کلزا از لحاظ عناصر ضروری از جمله منگنز، منیزیم، سلنیوم و غیره در مقایسه با کنجاله سویا غنی است و منیزیم به بهبود کیفیت پوسته تخم‌مرغ کمک می‌کند. از طرف دیگر استفاده از ۱۰۰٪ کنجاله کانولا به‌عنوان منبع پروتئین در جیره مرغ‌های تخم‌گذار تاثیر منفی بر قابلیت هضم و جذب کلسیم ندارد (Leeson، ۱۹۸۷). بر خلاف نتایج به‌دست‌آمده در مرغ‌های تخم‌گذار، نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که جایگزینی بیش از ۶۶٪ کنجاله کلزای خام یا تخمیری در جیره مرغ‌های مادر گوشتی سبب کاهش عملکرد پوسته تخم‌مرغ می‌شود. استفاده از خوراک تخمیر شده در جیره مرغ‌های تخم‌گذار سبب بهبود مقاومت و ضخامت پوسته تخم‌مرغ‌ها می‌شود (Engberg و همکاران، ۲۰۰۹ و Naji و Aljebory، ۲۰۲۱). همچنین Pranoto و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که بهبود کیفیت پوسته تخم‌مرغ ضمن استفاده از خوراک تخمیر شده در جیره طیور ممکن است به دلیل افزایش در دسترس بودن مواد معدنی در فرآیند تخمیر باشد. از سوی دیگر نتایج تحقیق Sripriya و همکاران، (۱۹۹۷) نشان دادند که سطح کلسیم، منیزیم، آهن و روی و همچنین سطح دسترسی به کلسیم، فسفر و آهن خوراک پس از تخمیر میکروبی افزایش خواهد یافت،که این افزایش درنتیجه تجزیه گلوکوزینولات‌ها، فیتات‌ها و اگزالات‌ها طی فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیکی رخ می‌دهد. با این حال اگرچه در مطالعه حاضر جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیکی در کنجاله کلزای تخمیر شده به طور معنی‌داری افزایش یافت، اما هیچ تفاوت معنی‌داری بین کنجاله خام و تخمیری در صفات کیفیت پوسته تخم‌مرغ مشاهده نشد. علاوه بر این کیفیت پوسته و کیفت داخلی تخم‌مرغ‌ها ممکن است تحت تأثیر ذخیره‌سازی، سویه مرغ، سن و تغذیه قرار گیرد (Roberts، ۲۰۰۴)، در نتیجه این مسائل باید در مطالعات و مقایسه نتایج با یافته‌های سایر محققین مدنظر قرار گیرد.

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی تیمارهای آزمایشی

		سطح جایگزینی کنجاله کلزای خام با کنجاله سویا تخمیری با کنجاله سویا				سطح جایگزینی کنجاله کلزای
مقدار اجزای خوراک (درصد)	شاهد	٪۳۳	٪۶۶	٪۱۰۰	٪۳۳	٪۶۶	٪۱۰۰
ذرت (۷/۵٪ پروتئین)	۷۱/۰۸	۷۰/۶۷	۶۸/۱۴	۶۴/۶۸	۷۱/۴۶	۶۹/۷۱	۶۷/۴۹
کنجاله سویا (۴۲/۹۲٪ پروتئین)	۱۶/۶۶	۱۱/۹۲	۶/۸۶	-	۱۱/۷۸	۶/۵۹	-
کلزای خام (۳۴/۵۴٪ پروتئین)	-	۶/۸۳	۱۳/۶۶	۲۲/۹۴	-	-	-
کلزای تخمیری (۳۷/۱۳٪ پروتئین)	-	-	-	-	۶/۳۵	۱۲/۷۱	۲۰/۷۷
سبوس گندم (۱۶/۸۴٪ پروتئین)	۱/۷۵	-	-	-	-	-	-
روغن سویا	۰/۱۰	۰/۳۱	۱/۱۳	۲/۲۶	۰/۱۰	۰/۷۳	۱/۵۲
کربنات کلسیم	۸/۱۷	۸/۱	۸/۰۴	۷/۹۴	۸/۱۱	۸/۰۵	۷/۹۷
منوکلسیم فسفات	۱/۰۵	۱/۰۲	۰/۹۹	۰/۹۵	۱/۰۳	۱/۰۰	۰/۹۷
نمک	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱
کولین کلراید (۶۰٪)	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
مکمل ویتامینی[1]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی[2]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
ال-لیزین هیدروکلراید	-	-	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۱۸
دی ال-متیونین	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۰۸
ال-ترئونین	۰/۰۲	۰/۰۱	-	-	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
ترکیب مواد مغذی							
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم)	۲۷۵۰	۲۷۵۰	۲۷۵۰	۲۷۵۰	۲۷۵۰	۲۷۵۰	۲۷۵۰
پروتئین خام (٪)	۱۲/۸	۱۲/۸	۱۲/۸	۱۲/۸	۱۲/۸	۱۲/۸	۱۲/۸
لیزین قابل هضم (٪)	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲
متیونین قابل هضم (٪)	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۲۹
متیونین+سیستین قابل هضم (٪)	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲
ترئونین قابل هضم (٪)	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲
آرژنین قابل هضم (٪)	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۵۸
کلسیم (٪)	۳/۳۴	۳/۳۴	۳/۳۴	۳/۳۴	۳/۳۴	۳/۳۴	۳/۳۴
فسفر قابل‌دسترس (٪)	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲
سدیم	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸

[1] هر کیلوگرم مکمل ویتامینی تامین‌کننده موارد زیر بود: ۶۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۸۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D، ۱۲/۳۸ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۲/۲ میلی‌گرم منادیون، ۲ میلی‌گرم پیریدوکسین HCl، ۸ میلی‌گرم سیانوکوبالامین، ۱۰ میلی‌گرم نیکوتین آمید، ۰/۳ میلی‌گرم اسید فولیک، ۲۰ میلی‌گرم بیوتین، ۱۶۰ میلی‌گرم کولین کلراید.

[2] هر کیلوگرم مکمل معدنی تامین‌کننده موارد زیر بود: ۳۲ میلی‌گرم منگنز، ۱۶ میلی‌گرم آهن، ۲۴ میلی‌گرم روی، ۲ میلی‌گرم مس، ۸۰۰ میکروگرم ید، ۲۰۰ میکروگرم کبالت، ۶۰ میکروگرم سلنیوم.

جدول ۲- اثر فرآیند تخمیر بر pH و گلوکوزینولات‌های کنجاله کلزای خام و تخمیری

ترکیبات	کنجاله کلزای خام	کنجاله کلزای تخمیری	SED†	P-value
pH	۵/۶۱[a]	۴/۲۷[b]	۰/۱۲	<۰/۰۰۰۱
گلوکوزینولات‌ها (میکرومول/گرم)	۱۲/۸۱[a]	۴/۱۹[b]	۰/۱۴	<۰/۰۰۰۱

[a-b]در هر ردیف میانگین‌های با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (<۰/۰۵).

† اشتباه معیار اختلاف بین میانگین‌ها

جدول ۳- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن بدن مرغ‌ها در مراحل مختلف تولید (گرم)

	مرحله ۱ تولید	مرحله ۲ تولید	مرحله ۳ تولید
نوع کنجاله			
کلزای خام	۴۲۵۸/۴۷	۴۳۵۳/۴۰	۴۴۵۶/۸۷
کلزای تخمیری	۴۲۶۴/۲۷	۴۳۸۳/۰۷	۴۴۶۶/۱۳
خطای معیار آزمایش	۲۷/۶۷	۲۹/۴۲	۲۴/۶۲
سطح جایگزینی کنجاله			
۳۳ درصد	۴۲۴۹/۵۰	۴۳۶۴/۲۰	۴۴۶۹/۷۰
۶۶ درصد	۴۲۵۵/۵۰	۴۳۵۹/۲۰	۴۴۶۴/۱۰
۱۰۰ درصد	۴۲۷۹/۱۰	۴۳۸۱/۳۰	۴۴۵۰/۷۰
خطای معیار آزمایش	۳۳/۸۹	۳۶/۰۴	۳۰/۱۶
تیمارهای آزمایشی (اثر متقابل نوع کنجاله × سطح جایگزینی کنجاله به همراه تیمار شاهد)			
۳۳ درصد کنجاله کلزای خام	۴۲۴۴/۲۰	۴۳۴۱/۶۰	۴۴۶۳/۲۰
۶۶ درصد کنجاله کلزای خام	۴۲۸۵/۲۰	۴۳۹۵/۲۰	۴۴۶۰/۴۰
۱۰۰ درصد کنجاله کلزای خام	۴۲۴۶/۰۰	۴۳۲۳/۴۰	۴۴۴۷/۰۰
۳۳ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۴۲۵۴/۸۰	۴۳۸۶/۸۰	۴۴۷۶/۲۰
۶۶ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۴۲۲۵/۸۰	۴۳۲۳/۲۰	۴۴۶۷/۸۰
۱۰۰ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۴۳۱۲/۲۰	۴۴۳۹/۲۰	۴۴۵۴/۴۰
شاهد (جیره ذرت – کنجاله سویا)	۴۲۷۷/۶۰	۴۳۳۵/۴۰	۴۴۷۰/۴۰
خطای معیار آزمایش	۴۵/۴۵	۵۰/۴۶	۴۱/۵۱
سطح احتمال			
نوع کنجاله	۰/۸۸	۰/۴۸	۰/۷۹
سطح کنجاله	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۹۰
اثر متقابل بین نوع کنجاله و سطح کنجاله	۰/۴۳	۰/۱۹	۰/۹۹
آنوا (۷ تیمار در قالب طرح کاملا تصادفی)	۰/۸۵	۰/۵۹	۰/۹۹
مقایسات مستقل خطی	۰/۷۹	۰/۵۱	۰/۶۱
مقایسات مستقل کوادراتیک	۰/۴۶	۰/۹۶	۰/۸۳

جدول ٤- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن تخم‌مرغ در مراحل مختلف تولید (گرم)

	مرحله ۱ تولید	مرحله ۲ تولید	مرحله ۳ تولید
نوع کنجاله			
کلزای خام	۶۷/۱۶	۶۷/۵۸	۶۸/۱۳
کلزای تخمیری	۶۶/۹۸	۶۷/۵۲	۶۸/۷۴
خطای معیار آزمایش	۰/۵۹	۰/۴۵	۰/۴۱
سطح جایگزینی کنجاله			
۳۳ درصد	۶۷/۰۶	۶۷/۸۵	۶۸/۶۱
۶۶ درصد	۶۷/۰۷	۶۷/۴۳	۶۸/۵۰
۱۰۰ درصد	۶۷/۰۷	۶۷/۳۷	۶۸/۱۹
خطای معیار آزمایش	۰/۷۲	۰/۵۵	۰/۵۰
تیمارهای آزمایشی (اثر متقابل نوع کنجاله × سطح جایگزینی کنجاله به همراه تیمار شاهد)			
۳۳ درصد کنجاله کلزای خام	۶۷/۵۷	۶۷/۸۱	۶۸/۰۲
۶۶ درصد کنجاله کلزای خام	۶۶/۷۶	۶۷/۸۹	۶۸/۱۲
۱۰۰ درصد کنجاله کلزای خام	۶۷/۱۴	۶۷/۰۴	۶۸/۲۶
۳۳ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۶۶/۵۶	۶۷/۸۸	۶۹/۲۱
۶۶ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۶۷/۳۹	۶۶/۹۸	۶۸/۸۸
۱۰۰ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۶۶/۹۹	۶۷/۷۱	۶۸/۱۳
شاهد (جیره ذرت – کنجاله سویا)	۶۶/۷۶	۶۷/۶۴	۶۸/۷۰
خطای معیار آزمایش	۰/۹۷	۰/۷۵	۰/۶۸
سطح احتمال			
نوع کنجاله	۰/۸۳	۰/۹۳	۰/۳۱
سطح کنجاله	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۸۳
اثر متقابل بین نوع کنجاله و سطح کنجاله	۰/۷۲	۰/۶۰	۰/۶۴
آنوا (۷ تیمار در قالب طرح کاملا تصادفی)	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۸۳
مقایسات مستقل خطی	۰/۴۷	۰/۵۸	۰/۸۳
مقایسات مستقل کوادراتیک	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸۳

جدول ۵- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تولید تخم‌مرغ در مراحل مختلف تولید (٪)

	مرحله ۱ تولید	مرحله ۲ تولید	مرحله ۳ تولید
نوع کنجاله			
کلزای خام	۶۲/۹۷	۵۵/۷۷	۴۹/۶۴
کلزای تخمیری	۶۴/۶۴	۵۸/۳۳	۵۳/۳۹
خطای معیار آزمایش	۱/۳۵	۱/۶۷	۱/۳۰
سطح جایگزینی کنجاله			
۳۳ درصد	۶۸/۵۷^{a}	۶۱/۸۷^{a}	۵۳/۹۲^{a}
۶۶ درصد	۶۳/۰۳^{ab}	۵۸/۵۷^{a}	۵۲/۶۷^{ab}
۱۰۰ درصد	۵۹/۸۲^{b}	۵۰/۷۱^{b}	۴۷/۹۴^{b}
خطای معیار آزمایش	۱/۶۵	۲/۰۴	۱/۵۹
تیمارهای آزمایشی (اثر متقابل نوع کنجاله × سطح جایگزینی کنجاله به همراه تیمار شاهد)			
۳۳ درصد کنجاله کلزای خام	۶۸/۷۵^{a}	۶۰/۳۵^{ab}	۵۱/۰۷^{ab}
۶۶ درصد کنجاله کلزای خام	۶۱/۶۰^{ab}	۵۴/۶۴^{ab}	۴۸/۹۲^{ab}
۱۰۰ درصد کنجاله کلزای خام	۵۸/۵۷^{b,*}	۵۲/۳۲^{ab}	۴۸/۹۲^{ab}
۳۳ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۶۸/۳۹^{ab}	۶۳/۳۹^{a}	۵۶/۷۸^{a}
۶۶ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۶۴/۴۶۰^{ab}	۶۲/۵۰^{a}	۵۶/۴۲^{ab}
۱۰۰ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۶۱/۰۷^{ab}	۴۹/۱۰^{b,*}	۴۹/۹۶۰^{b}
شاهد (جیره ذرت – کنجاله سویا)	۶۸/۰۳^{ab}	۶۰/۸۹^{ab}	۵۳/۵۷^{ab}
خطای معیار آزمایش	۲/۲۰	۲/۷۹	۲/۱۳
P Value (طرح کاملا تصادفی)			
نوع کنجاله	۰/۳۹	۰/۲۹	۰/۰۵
سطح کنجاله	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۳
اثر متقابل بین نوع کنجاله و سطح کنجاله	۰/۷۵	۰/۱۸	۰/۱۰
آنوا (۷ تیمار در قالب طرح کاملا تصادفی)	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱
مقایسات مستقل خطی	۰/۰۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲
مقایسات مستقل کوادراتیک	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۳۵

$^{a-b}$در هر ستون میانگین‌های فاقد حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P<۰/۰۵$).

*در هر ستون میانگین تیمار آزمایشی با تیمار شاهد بر اساس آزمون دانت اختلاف معنی‌دار دارد ($P<۰/۰۵$).

جدول ٦- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر کیفیت تخم‌مرغ در پایان دوره تولید

	مقاومت پوسته (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)	ضخامت پوسته (میلی‌متر)	تخم‌مرغ‌های شکسته (٪)	تخم‌مرغ‌های بدفرم (٪)
نوع کنجاله				
کلزای خام	۳/۵۶	۰/۴۰	۱/۸۶	۲/۰۸
کلزای تخمیری	۳/۵۱	۰/۴۰	۱/۵۰	۱/۷۴
خطای معیار آزمایش	۰/۱۰	۰/۰۰۳	۰/۱۲	۰/۱۲
سطح جایگزینی کنجاله				
۳۳ درصد	۳/۸۲^{a}	۰/۴۱^{a}	۱/۳۲^{b}	۱/۵۳^{b}
۶۶ درصد	۳/۴۷^{ab}	۰/۴۰^{ab}	۱/۷۰^{ab}	۱/۹۱^{ab}
۱۰۰ درصد	۳/۳۰^{b}	۰/۳۹^{b}	۲/۰۱^{a}	۲/۳۰^{a}
خطای معیار آزمایش	۰/۱۲	۰/۰۰۴	۰/۱۵	۰/۱۵
تیمارهای آزمایشی (اثر متقابل نوع کنجاله × سطح جایگزینی کنجاله به همراه تیمار شاهد)				
۳۳ درصد کنجاله کلزای خام	۳/۹۱	۰/۴۲^{a}	۱/۵۲^{ab}	۱/۷۳^{ab}
۶۶ درصد کنجاله کلزای خام	۳/۵۰	۰/۴۰^{ab}	۱/۹۴^{ab}	۲/۱۸^{ab}
۱۰۰ درصد کنجاله کلزای خام	۳/۲۶	۰/۳۹^{b}	۲/۱۱^{a}	۲/۳۴^{a}
۳۳ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۳/۷۳	۰/۴۱^{ab}	۱/۱۲^{b}	۱/۳۳^{b}
۶۶ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۳/۴۴	۰/۴۰^{ab}	۱/۴۵^{ab}	۱/۶۴^{ab}
۱۰۰ درصد کنجاله کلزای تخمیری	۳/۳۵	۰/۳۹^{b}	۱/۹۲^{ab}	۲/۲۶^{ab}
شاهد (جیره ذرت – کنجاله سویا)	۳/۵۱	۰/۴۰^{ab}	۱/۳۶^{ab}	۱/۵۵^{ab}
خطای معیار آزمایش	۰/۱۸	۰/۰۰۶	۰/۲۰	۰/۲۱
سطح احتمال				
نوع کنجاله	۰/۷۲	۰/۴۶	۰/۰۵	۰/۰۶
سطح کنجاله	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۶
اثر متقابل بین نوع کنجاله و سطح کنجاله	۰/۷۶	۰/۴۰	۰/۷۸	۰/۵۵
آنوا (۷ تیمار در قالب طرح کاملا تصادفی)	۰/۲۲	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۰۹
مقایسات مستقل خطی	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۸
مقایسات مستقل کوادراتیک	۰/۲۹	۰/۰۱	۰/۳۲	۰/۲۵

$^{a-b}$در هر ستون میانگین‌های فاقد حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این آزمایش می‌توان اظهار داشت که فرآیند تخمیر میکروبی روشی کارآمد و مؤثر برای کاهش گلوکوزینولات‌ها در کنجاله کلزا است. جایگزینی کامل کنجاله کلزای خام یا تخمیری در جیره مرغ‌های مادر گوشتی ۵۲ هفته (پس از اوج تولید) تاثیر منفی بر وزن بدن و وزن تخم‌مرغ نداشت. همچنین درصد تولید و کیفیت پوسته تخم‌مرغ تا ۶۶٪ جایگزینی کنجاله کلزای خام یا تخمیری در جیره مرغ‌های گوشتی، مشابه باجیره ذت-کنجاله سویا (گروه شاهد) بود. بنابراین با توجه به نتایج حاصل این تحقیق استفاده از کنجاله کلزای خام و تخمیری تا سطح ۶۶٪ (جایگزین با کنجاله سویا)، می‌تواند منبع پروتئینی مناسبی در تغذیه مرغ‌های مادر گوشتی باشد، هرچند باید تأثیر مثبت تخمیر میکروبی را در نظر داشت.

سپاسگزاری

با سپاس فراوان از مدیریت و کارکنان زنجیره تولید گوشت مرغ پیگیر در گرگان، که در اجرای این تحقیق همکاری لازم را انجام دادند، و معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان که در انجام این پژوهش یاری گر ما بودند.

منابع

عشایری‌زاده، ا.، دستار، ب.، شمس شرق، م. و صادقی ماهونک، ع. (۱۳۹۴). کاهش گلوکوزینولات‌ها در کنجاله کلزا به روش تخمیر حالت جامد و اثرات آن بر عملکرد و جمعیت میکروبی دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی. نشریه علوم دامی پژوهش و سازندگی. شماره ۱۱۰، ص. ۱۶-۳.

Ahmed, A., Zulkifi, I., Farjam, A.S., Abdullah, N., Liang, J.B. and Awad, E.A. (2014). Extrusion enhances metabolizable energy and ileal amino acids digestibility of canola meal for broiler chickens. Italian Journal of Animal Science. 13: 410-414.

Akinola, O.S., Onakomaiya, A.O., Agunbiade, J.A. and Oso, A.O. (2015). Growth performance, apparent nutrient digestibility, intestinal morphology and carcass traits of broiler chickens fed dry, wet and fermented-wet feed. Livestock Science. 177: 103-109.

Aljebory, H.H.D. and Naji, S.A. (2021). Effect of Pelleted Fermented Feed-in Egg Quality of Laying Hens. Diyala Agricultural Sciences Journal. 13: 41-57.

Ashayerizadeh, A., Dastar, B., Shams Shargh, M., SadeghiMahoonak, A. and Zerehdaran, S. (2017). Fermented rapeseed meal is effective in controlling Salmonella entericaserovar Typhimurium infection and improving growth performance in broiler chicks. Veterinary Microbiology. 201: 93-102.

Ashayerizadeh, A., Dastar, B., Shams Shargh, M., SadeghiMahoonak, A. and Zerehdaran, S. (2018). Effects of feeding fermented rapseed meal on growth performance, gastrointestinal microflora population, blood metabolites, meat quality, and lipid metabolism in broiler chickens. Livestock Science. 216: 183-190.

Aviagen, (2018). ROSS 308 Parent Stock: Nutrition Specifications. Accessed May 27 2018. http://eu.aviagen.com/tech-center/download/19/RossPSHandBook2018.pdf

Chiang, G., Lu, W.Q., Piao, X.S, Hu, J.K., Gong, L.M. and Thacker, P.A. (2010). Effects of feeding solid-state fermented rapeseed meal on performance, nutrient digestibility, intestinal ecology and intestinal morphology of broiler chickens. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 23: 263-271.

Cortes Cuevas, A., Cedillo Monrroya, M.S., Verduzco, G., Balderas Gonzalez, G. and Avila Gonzalez, A. (2016). Performance and egg quality in semi-free range hens fed diets with different levels of canola meal. Revista Mexicana deciencias Pecuarias. 7: 173-184.

Ciurescu, G. (2009). Efficiency of soybean meal replacement by rapeseed meal and/or canola seeds in commercial layer diets. Archiva Zootechnica. 12: 27-33.

Drażbo, A., Kozłowski, K., Ognik, K., Zaworska, A. and Jankowski, J. (2019). The effect of raw and fermented rapeseed cake on growth performance, carcass traits, and breast meat quality in turkey. Poultry science. 98: 6161-6169.

Engberg, R.M., Hammershoj, M., Johansen, N.F., Abousekken, M.S, Steenfeldt, S. and Jensen, B.B. (2009). Fermented feed for laying hens: effects on egg production, egg quality, plumage condition and composition and activity of the intestinal microflora. British Poultry Science. 50: 228-239.

Fazhi, X., Lvmu, L., Jiaping, X., Kun, Q., Zhide, Z. and Zhangyi, L. (2011). Effects of fermented rapeseed meal on growth performance and serum parameters in ducks.Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 24: 678-684.

Hu, Y., Wang, Y. Li, A. Wang, Z. Zhang, X. Yun, T, Qiu, L. and Yin, Y. (2016). Effects of fermented rapeseed meal on antioxidant functions, serum biochemical parameters and intestinal morphology in broilers. Food and Agricultural Immunology. 27: 182-193.

Jazi, V., Boldaji, F. Dastar, B. Hashemi, S.R. and Ashayerizadeh, A. (2017). Effects of fermented cottonseed meal on the growth performance, gastrointestinal microflora population and small intestinal morphology in broiler chickens. British poultry science. 58: 402-408.

Kim, C.H., Paik, I.K. and Kil, D.Y. (2013). Effects of increasing supplementation of magnesiumin diets on productive performance and eggshell quality of aged laying hens. Biological Trace Element Research. 151: 38-42.

Khajali, F. and Slominsky, B.A. (2012). Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. Poultry Science. 91: 2564-2575.

Leeson, S., Summers, J.D. and Slinger, S.J. (1978). Utilization of whole tower rapeseed by laying hens and broiler chickens.Canadian Journal Animal Science. 58: 55-61.

Leeson, S., Atteh, H.O. and Summers, J.D. (1987). The replacement value of canola meal for soybean meal in poultry diets. Canadian Journal of Animal Science. 67: 151-158.

Mawson, R., Heaney, R., Zdunczyk, Z. and Kozlowska, H. (1993). Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part II. Flavour and palatability. Food/Nahrung. 37(4): 336-344.

Najib, H. and Al-Khateeb, S.A. (2004). The effect of incorporating different levels of locally produced canola seeds (Brassica napus, L.) in the diet of laying hen. International Journal of Poultry Science. 3: 490-496.

Nie, C., Zhang, W., Ge, W., Wang, Y., Liu, Y. and Liu, J. (2015). Effects of fermented cottonseed meal on the growth performance, apparent digestibility, carcass traits, and meat composition in yellow-feathered broilers. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 39: 350-356.

Ozenturk, U. and Yildiz, A. (2020). Assessment of Egg Quality in Native and Foreign Laying Hybrids Reared in Different Cage Densities. Brazilian Journal of Poultry Science. 2020 Dec 1: 22.

Pranoto, Y., S. Anggrahini, and Z. Efendi. (2013). Effect of natural and Lactobacillus plantarum fermentation on invitro protein and starch digestibilities of sorghum flours. Food Bioscience. 2: 46-52.

Peralta, E.M., Hatate, H., Kawabe, D., Kuwahara, R., Wakamatsu, S., Yuki, T. and Murata. H. (2008). Improving antioxidant activity and nutritional components of Philippine salt-fermented shrimp paste through prolonged fermentation. Food Chemistry. 111: 72-77.

Quinsac, A., Ribailler, D., Elfkir, C., lafosse, M. and Dreux, M. (1991). A new approach to the study of glucosinolate by isocratic liquid chromatogramphy: Part I. Rapid determination of desulfated derives of rapeseed glucosinolates. The Journal of AOAC international. 74: 932-939.

Rabie, M.H., El-Maaty, H.M.A.A., El-Gogary, M.R. and Abdo, M.S. (2015). Nutritional andphysiological effects of different levels of canola meal in broiler chick diets. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances. 10: 161-172.

Roberts, J.R. (2004). Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. Journal of Poultry Science. 41: 161-177.

Rutkowski, A., Kaczmarek, S.A., Hejdysz, M., Nowaczewski, S. and Jamroz, D. (2015). Concentrates Made from Legume Seeds (Lupinus Angustifolius, Lupinus Luteus and Pisum Sativum) and Rapeseed Meal as Protein

Sources in Laying Hen Diets. Annals Animal Science. 15: 129-142.

SAS.(2003). SAS User's Guide.Version 9.1.Cary, NC, SAS Institute Incorporation (North Carolina, US).

Skrede, G., Herstad, O., Sahlstrom, S., Holck, A., Slinde, E. and Skrede, A. (2003). Effects of lactic acid fermentation on wheat andbarley carbohydrate composition and production performance inthe chicken. Animal Feed Science and Technology. 105: 135-148.

Sripriya, G., Antony, U. and Chandra, T.S. (1997). Changes in carbohydrate, free amino acids, phytate and HCL extractability of minerals during germination and fermentation of finger millet (Eleusinecoracana). Food Chemistry. 58: 345-350.

Summers, J.D., Pepper, W.F. and Wood, A.S. (1971). The value of rapeseed meal in broiler breeder diets. Poultry Science. 50: 1387-1391.

Summers, J.D., Hunt, E.C. and Leeson, S. (1985). Canola meal for laying hens. Canadian Journal of Animal Science. 65: 905-911.

Sun, H., Tang, J., Yao, X., Wu, Y., Wang, X. and Feng, J. (2013). Effects of dietary inclusion of fermented cottonseed meal on growth, cecal microbial population, small intestinal morphology, and digestive enzyme activity of broilers. TropicalAnimal Health and Production. 45: 987-993.

Tripathi, M.K., Mishra, A.S., Misra, A.k., Mondal, D. and Karim, S.A. (2001). Effect of substitution of groundnut with high glucosinolate mustard (Brassica juncea) meal on nutrient utilization, growth, vital organ weight and blood composition of lambs.Small Ruminant Research. 39: 261-267.

Vig, A.P. and Walia, A. (2001). Beneficial effects of Rhizopusoligosporus fermentation on reduction of glucosinolates, fibre and phytic acid in rapeseed (Brassica napus) meal.Bioresource Technology. 78: 309-312.

Woyengo, T.A., Beltranena, E. and Zijlstra, R.T. (2017). Effect of anti-nutritional factors of oilseed co-products on feed intake of pigs and poultry. Animal Feed Science and Technology. 233: 76-86.

Yan, J., Zhou, B., Xi, Y., Huan, H., Li, M., Yu, J., Zhu, H., Dai, Z., Ying, S., Zhou, W. and Shi, Z. (2019). Fermented feed regulates growth performance and the cecal microbiota community in geese. Poultry Science. 98: 4673-4684.

Zhu, L.P., Wang, J.P., Ding, X.M., Bai, S.P. Zeng, Q.F. Su, Z.W., Xuan, Y. and Zhang, K.Y. (2018). Effects of dietary rapeseed meal on laying performance, egg quality, apparent metabolic energy, and nutrient digestibility in laying hens. Livestock Science. 214: 265-271.

Zhu, L.P., Wang, J.P., Ding, X.M., Bai,S.P. Zeng, Q.F. Su, Z.W., Xuan,Y., Applegate, T.J. and Zhang, K.Y. (2019). The effects of varieties and levels of rapeseed expeller cake on egg production performance, egg quality, nutrient digestibility, and duodenum morphology in laying hens. Poultry Science. 98: 4942-4953.

Zhu, F., Zhang, B., Li, J. and Zhu, L. (2020). Effects of fermented feed on growth performance, immune response, and antioxidant capacity in laying hen chicks and the underlying molecular mechanism involving nuclear factor-κB. Poultry Science. 99: 2573-2580.