



Original Research Paper

The effect of single-cell diets and probiotics on the weight of internal organs, some reproductive indices, and intestinal traits in Leghorn laying hens

Rasoul Rashedi ¹, Seyed Amir Hossein Mahdavi ¹, Mohammad Sedghi ¹, Hasan Saleh ^{2*}

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

²Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran

Key Words

Single-cell protein
Probiotic
Reproductive organs
Ovaries
Laying hens

Abstract

Introduction: An experiment to investigate single-cell protein replacement with soybean meal and adding probiotics to the diet, of the relative weight of internal organs (liver, pancreas, bile, spleen, and heart), and reproductive organs (Oviduct, Ovary), the number of ovarian follicles, and the pH of intestinal contents and feces were performed in laying hens aged 42 to 52 weeks.

Materials & Methods: One hundred and eighty, Leghorn Hy-line W36 white layer hens, were used in the form of a 3×3 factorial test and based on a completely randomized design with 9 treatments, 4 repetitions, and 5 birds per replication. The factors studied consisted of three levels of soybean meal replacement with single-cell protein (zero, 30, and 60 %) and three probiotic levels (zero, 50, and 100 mg/kg). The experimental period lasted 70 days, and throughout the test period, water was at libitum, and feed was provided to the birds as recommended by the catalog. At the end of the experiment, two birds from each replicate were slaughtered and the relative weight of the liver, pancreas and bile, spleen and heart, oviduct and ovary, as well as the pH of the intestine and feces and the separate count of the ovarian follicles were examined.

Results: The relative weight of organs and internal reproduction were not affected by different factors in a single-cell diet. However, supplementing the diet with probiotics increased the weight of the gallbladder ($p<0.05$), spleen ($p<0.04$), and the marginal increase of the pancreas ($p=0.08$) and the marginal decrease of the liver ($p=0.07$). The interaction effects of single-cell protein and probiotics on the weight of reproductive organs were not significant. The addition of single-cell protein and probiotics to the diet had no effect on the weight of reproductive organs and the number of ovarian follicles in laying hens ($P<0.05$). Substituting 30% soybean meal with single-cell production and adding probiotics to the diet decreased the pH of ileum contents ($P<0.01$).

Conclusion: The results of the present study show that the replacement of soybean meal with single-cell protein did not show an adverse effect on the traits studied. Also, the addition of 100 mg of probiotics improves the relative weight of some internal organs (spleen and gall bladder) and reduces the pH of the ileum contents of the intestine.

* Corresponding Author's email: hsaleh.um@gmail.com

Received: 9 June 2024; Reviewed: 14 July 2024; Revised: 16 September 2024; Accepted: 21 October 2024

(DOI): 10.22034/AEJ.2023.414935.3030

مقاله پژوهشی

اثر کاربرد جیره‌های پروتئین تک‌سلولی و پروبیوتیک بر وزن اندام‌های داخلی، برخی فراسنجه‌های تولیدمثلی و صفات روده‌ای در مرغ‌های تخم‌گذار لگه‌ورن

رسول راشدی^۱، سیدامیرحسین مهدوی^۱، محمد صدقی^۱، حسن صالح^{۲*}

^۱ گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

^۲ گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

چکیده

کلمات کلیدی

پروتئین تک‌سلولی
پروبیوتیک
اندام‌های تولیدمثلی
تخم‌دان
مرغ‌های تخم‌گذار

مقدمه: آزمایش حاضر به منظور بررسی اثرات جایگزین پروتئین تک‌سلولی (Single-cell protein) با کنجاله سویا و افزودن پروبیوتیک به جیره، بر وزن نسبی اندام‌های داخلی (کبد، پانکراس، صفرا، طحال و قلب)، اندام‌های تولیدمثلی (اویدکت و تخمدان)، تعداد فولیکول‌های تخمدان و pH محتویات روده و مدفوع در مرغ‌های تخم‌گذار در سن ۴۲ تا ۵۲ هفتگی انجام شد. **مواد و روش‌ها:** از ۱۸۰ قطعه مرغ تخم‌گذار نژاد لگه‌ورن سفید سویه‌های لاین در قالب یک آزمایش فاکتوریل ۳×۳ و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار، ۴ تکرار و ۵ پرند در هر تکرار استفاده شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل سه سطح جایگزینی کنجاله سویا با پروتئین تک‌سلولی (صفر، ۳۰ و ۶۰ درصد) و سه سطح پروبیوتیک (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره) بودند. طول دوره آزمایش، ۷۰ روز در نظر گرفته شد. در پایان آزمایش، ۲ پرند از هر تکرار کشتار و وزن نسبی کبد، پانکراس، صفرا، طحال، قلب، اویدکت، تخمدان، pH روده و مدفوع و نیز تعداد فولیکول‌های تخمدان تعیین شد.

نتایج: وزن نسبی اندام‌های داخلی و تولیدمثلی تحت تأثیر سطوح مختلف پروتئین در جیره تک‌سلولی قرار نگرفت. اما مکمل کردن جیره با پروبیوتیک سبب افزایش وزن کیسه صفرا ($P < 0/05$)، طحال ($P < 0/04$) و افزایش حاشیه‌ای پانکراس ($P = 0/08$) و کاهش حاشیه‌ای کبد ($P = 0/07$) شد. اثرات متقابل پروتئین تک‌سلولی و پروبیوتیک بر وزن اندام‌های تولیدمثلی معنی‌دار نشد ($P > 0/05$). افزودن پروتئین تک‌سلولی و نیز پروبیوتیک به جیره، تأثیری بر وزن اندام‌های تولیدمثلی و تعداد فولیکول‌های تخمدان طیور نداشت ($P > 0/05$). جایگزینی ۳۰ درصدی کنجاله سویا با پروتئین تک‌سلولی و افزودن پروبیوتیک به جیره، منجر به کاهش pH محتویات ایلئومی ($P < 0/01$) شد. **بحث و نتیجه‌گیری:** در مجموع، جایگزینی هر دو سطح کنجاله سویا با پروتئین تک‌سلولی تأثیر نامطلوبی بر صفات مورد مطالعه نشان نداد. هم‌چنین افزودن ۱۰۰ میلی‌گرم پروبیوتیک به جیره، سبب بهبود وزن نسبی برخی اندام‌های داخلی (طحال و کیسه صفرا) و کاهش pH محتویات ایلئومی روده باریک شد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: hsaleh.um@gmail.com

تاریخ دریافت: ۲۰ خرداد ۱۴۰۳؛ تاریخ داوری: ۲۴ تیر ۱۴۰۳؛ تاریخ اصلاح: ۲۶ شهریور ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۳۰ مهر ۱۴۰۳

(DOI): 10.22034/AEJ.2023.414935.3030

مقدمه

با توجه به خشکسالی‌های اخیر، کمبود نهاده‌های خوراکی به یکی از مهم‌ترین چالش‌های صنعت دامپروری در کشور تبدیل شده است. در سطح دنیا نیز افزایش روزافزون جمعیت، تأمین پروتئین مورد نیاز بشر را به یک دغدغه مهم تبدیل کرده است. در اغلب کشورهای در حال توسعه، فعالیت‌های تولیدی در این راستا، با مشکلات جدی مواجه می‌باشد (۱۷، ۲۰، ۲۵). علت این امر، شرایط نامطلوب آب و هوا، کمبود امکانات در بخش کشاورزی و به‌کارگیری روش‌های سنتی در کاشت و فرآوری محصولات کشاورزی می‌باشد. از این‌رو بسیاری از کشورها، برای رفع نیازهای غذایی مردم خود، ناچار به وارد کردن مقادیر زیادی مواد اولیه پروتئین گیاهی و یا حیوانی در طول سال می‌باشند (۱). در حال حاضر، کنجاله سویا و پودر ماهی به‌دلیل برخورداری از پروتئین خام بالا و نیز پروفیل مطلوب اسیدهای آمینه ضروری، اولویت اصلی برای مصرف در بین پرورش‌دهندگان طیور محسوب می‌گردند. هزینه‌های تولید را می‌توان با استفاده از خوراک ارزان‌قیمت و غیرمتعارف به‌جای پودر گران‌قیمت ماهی و کنجاله سویای وارداتی کاهش داد (۱۰، ۱۵، ۲۳). بنابراین، تقاضا برای مواد پروتئینی مناسب که باعث بهبود عملکرد در طیور شده و از طرف دیگر بتواند سلامت پرندۀ آن‌ها را تضمین نماید، در حال گسترش می‌باشد. پروتئین تک‌سلولی (Single-cell protein) یکی از منابع جایگزین مناسب برای برخی از مواد پروتئینی گران‌قیمت به‌دلیل محتوای اسید نوکلئیک پایین، توانایی رشد در pH پایین و تولید مقادیر زیاد این محصول در کوتاه مدت، می‌باشد (۲، ۱۱، ۲۸). پروتئین تک‌سلولی یک توده میکروبی خشک شده و یا پروتئین استخراج شده از زیست‌توده میکروبی کشت شده بر روی بسترهای مختلف (جلبک، باکتری، قارچ و مخمر) می‌باشد (۸). مخمرها یکی از بهترین میکروارگانیسم‌ها برای تولید پروتئین تک‌سلولی به‌دلیل بالا بودن ارزش تغذیه‌ای آن‌ها می‌باشند و می‌توان پروتئین تولیدی از آن‌ها را هم‌ردیف پروتئین‌های حیوانی قرار داد (۱۰). با توجه به کمبود منابع پروتئینی از یک طرف و مقدار بالای پروتئین موجود در سلول‌های میکروبی از طرف دیگر، استفاده از منابع پروتئین میکروبی به‌عنوان غذای دام و طیور و حتی انسان در راستای جایگزینی با منابع پروتئینی رایج، درخور توجه می‌باشد. اگر بتوان نیمی از پروتئین موجود در جیره دام و یا طیور را که منبع اصلی تأمین‌کننده پروتئین در آن‌ها، کنجاله سویا و پودر ماهی می‌باشد را با پروتئین‌های تک‌سلولی جایگزین نمود، رقابت بین انسان و دام بر سر این مواد پروتئینی به‌شدت کاهش خواهد یافت (۱۶). استفاده از پروتئین تک‌سلولی تولید شده از پساب کارخانجات

لبنیات‌سازی، انتخاب مناسبی برای کاهش هزینه‌های مربوط به تأمین مواد اولیه پروتئینی در صنعت دام و طیور می‌باشد. در حال حاضر، برخی از محصولات لبنی حاوی باکتری‌های پروبیوتیک به بازار عرضه می‌شوند. پساب ناشی از کارخانجات لبنیات‌سازی، عمدتاً حاوی لاکتوباسیلوس‌ها و سایر باکتری‌های مفید است که اثرات مثبت قوی بر سلامتی دام و طیور دارند. ترکیب اصلی فاضلاب کارخانجات لبنیات‌سازی، لاکتوز (حدود ۷۰ درصد) می‌باشد (۲۸). بنابراین، این مواد (لاکتوز)، به‌طور خاص برای تولید میکروارگانیسم‌های تک‌سلولی مفید می‌باشند. در ایران اگرچه که پسماند مواد لبنی به‌میزان قابل توجهی در دسترس می‌باشد، ولی متأسفانه بخش زیادی از آن‌ها دور ریخته می‌شود که متعاقباً مشکلات زیست‌محیطی عدیده‌ای را در پی خواهد داشت. این فرآورده می‌تواند جایگزین مناسبی برای کنجاله سویا که با مقادیر بالا در خوراک دام و طیور استفاده می‌شود، قرار بگیرد (۲۳). در مطالعات قبلی، اثرات مثبت استفاده از پروتئین تک‌سلولی تولید شده با مخمر بر عملکرد جوجه‌های گوشتی به‌اثبات رسیده است (۱۰). امکان جایگزینی ۲۰ تا ۴۰ درصد (در جوجه‌ها) و نیز ۵۰ درصدی (در خوک) پروتئین جیره با پروتئین‌های مختلف تک‌سلولی، گزارش شده است (۱۵، ۳۲). نتایج مشابهی توسط Najib و همکاران، که ۵ درصد پروتئین تک‌سلولی تولید شده از ضایعات خرما به جیره مرغ تخم‌گذار مکمل کردند، مشاهده شد (۲۲). پروبیوتیک‌ها ترکیبات میکروبی زنده‌ای هستند که مستقیماً به جیره دام و طیور اضافه می‌شوند و اثرات مطلوبی بر عملکرد و سلامت آن‌ها دارند (۲۹، ۳۳). میکروارگانیسم‌های مفید می‌توانند با برقراری تعادل در محیط روده، از رشد باکتری‌های بیماری‌زا ممانعت به‌عمل آورده و در نتیجه باعث بهبود سلامتی و عملکرد دام و طیور گردند. Murry و همکاران، اثرات سودمند استفاده از پروبیوتیک‌ها در جیره غذایی مرغان تخم‌گذار را بر عملکرد و سلامت آن‌ها گزارش کردند (۲۱). پروبیوتیک‌ها علاوه بر این که موجب تحریک رشد میکروارگانیسم‌های مفید در دستگاه گوارش می‌شوند، بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی، بهبود سیستم ایمنی و افزایش بازده تولیدی نیز تأثیر به‌سزایی دارند (۲۱). پروتکسین یک پروبیوتیک چندسویه‌ای حاوی میکروب‌های زنده است که برای ایجاد، تقویت یا بهبود جمعیت میکروبی سودمند در روده طیور توصیه شده است (۱۹). پروبیوتیک پروتکسین حاوی هفت سویه باکتری (لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و بیفیدوباکتریوم هرگرم حاوی 10×10^8 واحد تشکیل کلنی: Colony-forming unit) و هم چنین حاوی دو مخمر می‌باشد. گزارش شده است که پروتکسین برای مصرف کنندگان بی‌خطر انسانی و دامی، غیرسمی و بدون مواد باقی‌مانده در محصولات می‌باشد. Khan و همکاران، نشان دادند که پروبیوتیک پروتکسین می‌تواند جایگزین خوبی برای محرک‌های رشد آنتی‌بیوتیکی

تیمارهای آزمایشی بر وزن نسبی اندام‌های داخلی (کبد، پانکراس، صفرا، طحال و قلب) و اندام‌های تولیدمثلی (اوبدکت و تخمدان) در پایان دوره آزمایشی، تعداد ۲ پرنده از هر تکرار به‌طور تصادفی کشتار و سپس وزن نسبی این اندام‌ها بر اساس نسبتی از وزن زنده پرندگان برآورد شد. از پرندگان کشتار شده، پس از جدا نمودن تخمدان، تعداد فولیکول‌های تخمدان بر اساس میلی‌متر و در سه دسته ۲ تا ۵ (فولیکول‌های سفید بزرگ تخمدان)، ۵ تا ۱۰ (فولیکول‌های زرد کوچک تخمدان) و بیش‌تر از ۱۰ میلی‌متر (فولیکول‌های زرد بزرگ تخمدان) شمارش شدند. از هر تکرار، مقداری مدفوع جمع‌آوری شد و یک گرم از آن با مقدار ۹ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شده (برای اندازه‌گیری pH مدفوع) و پس از آن توسط شیکر به‌حالت همگن در آمد. برای اندازه‌گیری pH روده، مقدار یک گرم از محتویات ابتدای ایلئوم (از پرندگان کشتار شده) با ۹ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق و به حالت همگن در آمد. پس از آن با استفاده از pH متر pH مدفوع و روده تعیین شد. داده‌های به‌دست آمده توسط رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS آنالیز آماری گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شد. مدل ریاضی طرح به‌شکل زیر می‌باشد:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

هر یک از مشاهدات، μ : میانگین مشاهدات، α_i : اثر آمین سطح پروتئین، β_j : اثر ژامین سطح پروبیوتیک، $(\alpha\beta)_{ij}$: اثر متقابل سطوح پروتئین در سطوح پروبیوتیک، e_{ijk} : اثر تصادفی خطای آزمایشی

جدول ۱: آنالیز غذایی پروتئین تک‌سلولی (SCP) مورد استفاده در آزمایش (بر اساس درصدی از وزن تازه)

۲۶۷۵	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/ کیلوگرم ماده خشک)
۸۸/۶	ماده خشک
۴۴/۵	پروتئین خام (%)
۴/۳	چربی
۲/۰۷	کلسیم
۱/۰۲	فسفر قابل دسترس
۱۰۰	کل نیتروژن فرار (میلی‌گرم در ۱۰۰)
۳/۶۰	لازین (درصد اسیدآمین در پروتئین خام)
۱/۶۸	متیونین (درصد اسیدآمین در پروتئین خام)
۰/۹۲	سیستین (درصد اسیدآمین در پروتئین خام)
۲/۶۰	متونین+سیستین (درصد اسیدآمین در پروتئین خام)
۴/۳۵	تریونین (درصد اسیدآمین در پروتئین خام)
۳/۸۶	آرژینین (درصد اسیدآمین در پروتئین خام)
۳/۶۴	ایزولوسین (درصد اسیدآمین در پروتئین خام)
۵/۱۸	والین (درصد اسیدآمین در پروتئین خام)

بوده و هم‌چنین می‌تواند باعث بهبود عملکرد و ارتقای سیستم ایمنی در برابر بیماری‌ها شود (۱۸). با این حال، مشخص نیست که آیا پروتئین تک‌سلولی تولید شده از پسماند ناشی از کارخانجات لبنیات‌سازی به عنوان یک منبع پروتئین جیره، به تنهایی و یا ترکیب با پروبیوتیک‌ها می‌تواند اثرات مفیدی بر فراسنجه‌های تولیدمثلی طیور تخم‌گذار داشته باشد. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی اثرات جایگزینی بخشی از کنجاله سویای موجود در جیره با پروتئین تک‌سلولی و نیز افزودن یک مکمل پروبیوتیکی بر وزن نسبی اندام‌های داخلی (کبد، پانکراس، صفرا، طحال و قلب)، اندام‌های تولیدمثلی (اوبدکت و تخمدان)، تعداد فولیکول‌های تخمدان و pH محتویات روده و مدفوع انجام شد.

مواد و روش‌ها

طیور، جیره‌ها و طرح آزمایشی: در این آزمایش که در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. ۱۸۰ قطعه مرغ تخم‌گذار نژاد لگهورن سفید سویه‌های لاین در سن ۴۱ هفتگی، به‌طور تصادفی بین ۹ تیمار آزمایشی در قالب آزمایش فاکتوریل ۳×۳ و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار و ۵ پرنده در هر تکرار توزیع شدند. سیستم نگه‌داری مرغ‌ها، از نوع سالن بسته با فقس‌های ردیفی مجهز به دان‌خوری ناودانی و آب‌خوری‌های سر پستانکی بود. نور سالن به‌میزان ۱۶ ساعت روشنایی در شبانه‌روز و به‌صورت خودکار، توسط لامپ‌های رشته‌ای ۶۰ وات تأمین می‌شد و متوسط دمای سالن ۲۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. در تمام طول دوره، آب به‌صورت آزاد و غذا بر اساس کاتالوگ سویه تجاری‌های لاین در اختیار پرندگان قرار گرفت و خوراک‌دهی دو بار در روز (صبح و ظهر) و به‌صورت دستی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۳ سطح جایگزینی کنجاله سویا با پروتئین تک‌سلولی (سطوح صفر، ۳۰ و ۶۰ درصد جایگزینی) و سه سطح پروبیوتیک (سطوح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم پروبیوتیک/ کیلوگرم ماده خشک جیره) بودند. دوره آزمایش به‌مدت ۷۰ روز به‌طول انجامید. پساب صنایع لبنی در ظروف پلاستیکی از کارخانه لبنیات کاله جمع‌آوری و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگه‌داری شد. تولید زیست توده پروتئین تک‌سلولی (SCP) با روش توصیف‌شده توسط Singh و همکاران انجام شد (۲۸). آنالیز اسیدهای آمینه SCP از طریق ارسال نمونه‌ای از پروتئین تک‌سلولی به‌دست آمده از کشت میکروارگانیزم‌ها به شرکت آلمانی Evonik انجام شد. ترکیب شیمیایی و اجزاء تشکیل‌دهنده جیره‌های آزمایشی و نیز ترکیب و آنالیز اسیدهای آمینه موجود در پروتئین تک‌سلولی، به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. جهت بررسی اثر

جدول ۲: جدول ترکیب جیره‌های آزمایشی (درصد)

سطح جایگزینی پروتئین تک سلولی با کنجاله سویا		
صفر	۷/۵۰ درصد	۱۵ درصد
۵۸/۶	۵۶/۶	۵۴/۰
۲۵/۰	۱۷/۵	۱۰/۰
۳/۰۰	۳/۷۴	۳/۶۲
۰/۰۰	۷/۵۰	۱۵/۰
۰/۵۰	۱/۸۷	۳/۶۳
۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۱
۱/۹۱	۱/۷۷	۱/۶۳
۹/۷۶	۹/۵۹	۹/۴۳
۰/۰۲	۰/۱۶	۰/۳۰
۰/۲۱	۱/۲۴	۰/۲۷
۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۷
۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰
۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰
مکمل معدنی و ویتامینی ^۱		
انرژی ترکیب مواد مغذی جیره		
۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰
۱۵/۳	۱۵/۳	۱۵/۳
۵/۴۶	۶/۳۹	۷/۴۵
۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲
۷/۰۰	۶/۴۰	۵/۹۰
۳/۱۰	۳/۱۲	۳/۱۹
۴/۲۰	۴/۲۰	۴/۲۰
۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۸

^۱در هر کیلوگرم جیره مکمل ویتامینی و معدنی حاوی ۷۰۴۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱/۷۶ میلی‌گرم ویتامین K₃، ۱/۲ میلی‌گرم ویتامین B₁، ۳/۲ میلی‌گرم ویتامین B₂، ۶/۴ میلی‌گرم ویتامین B₅ (پنتوتنات کلسیم)، ۲۸ میلی‌گرم ویتامین B₃ (نیاسین)، ۱/۹۷ میلی‌گرم ویتامین B₆، ۰/۳۸ میلی‌گرم ویتامین B₉ (فولیک اسید)، ۰/۰۰۸ میلی‌گرم ویتامین B₁₂، ۰/۱۲ میلی‌گرم ویتامین B₇ (بیوتین) و ۳۲۰ میلی‌گرم کولین کلراید میباشد و هر کیلوگرم مکمل معدنی اضافه شده به جیره حاوی مقادیر ۶۰ میلی‌گرم منگنز، ۶۰ میلی‌گرم آهن، ۴/۸ میلی‌گرم مس و ۰/۶۹ میلی‌گرم ید می‌باشد.

نتایج

معنی‌دار نشان داد ($P = 0/07$). در سطوح بالاتر پروبیوتیک، یک افزایش وزن نسبی برای کیسه صفر ($P = 0/05$)، طحال ($P < 0/05$) و یک تمایل به معنی‌داری برای وزن پانکراس ($P = 0/08$) مشاهده شد. وزن نسبی قلب تحت تأثیر سطوح مختلف پروبیوتیک قرار نگرفت ($P > 0/05$). اثر متقابل سطوح مختلف پروتئین تک سلولی و پروبیوتیک بر وزن نسبی این اندام‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0/05$).

تأثیر سطوح مختلف جایگزینی کنجاله سویا با پروتئین تک سلولی همراه با سطوح مختلف پروبیوتیک بر وزن نسبی برخی از اندام‌های داخلی بدن طیور در جدول ۳ نشان داده شده است. جایگزین کردن کنجاله سویا با پروتئین تک سلولی، تأثیر معنی‌داری بر وزن نسبی اندام‌های داخلی نداشت ($P > 0/05$). وزن کبد طیور تغذیه شده با ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم پروبیوتیک، تمایل به کاهش

جدول ۳: اثر سطوح مختلف جایگزینی کنجاله سویا با پروتئین تک‌سلولی و پروبیوتیک بر وزن نسبی اندام‌های داخلی مرغ‌های تخم‌گذار

منابع تغییرات		قلب	طحال	کبد	کیسه صفرا	پانکراس
سطوح جایگزینی پروتئین						
صفر	۰/۵۴	۰/۱۰	۲/۴۵	۰/۰۷۱	۰/۲۲	
۳۰	۰/۵۴	۰/۱۱	۲/۵۵	۰/۰۶۸	۰/۲۱	
۶۰	۰/۵۴	۰/۱۲۰	۲/۵۰	۰/۰۶۶	۰/۲۳	
SEM	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۷۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	
سطح معنی‌داری	۰/۶۱	۰/۱۶	۰/۵۸	۰/۱۶	۰/۱۶	
سطوح پروبیوتیک						
صفر	۰/۵۴	۰/۰۹۸ ^b	۲/۶۳	۰/۰۶۵ ^b	۰/۲۱	
۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک	۰/۵۴	۰/۱۱ ^{ab}	۲/۴۳	۰/۰۶۹ ^{ab}	۰/۲۳	
۱۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک	۰/۵۴	۰/۱۳ ^a	۲/۴۴	۰/۰۷۱ ^a	۰/۲۳	
SEM	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۶۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	
سطح معنی‌داری	۰/۳۶	۰/۰۴۲	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۸	
سطوح جایگزینی پروتئین × سطوح پروبیوتیک						
صفر	۰/۵۳	۰/۰۹۵	۲/۷۳	۰/۰۶۴	۰/۱۹	صفر
۵۰	۰/۵۴	۰/۰۹۸	۲/۳۳	۰/۰۷۳	۰/۲۱	صفر
۱۰۰	۰/۵۴	۰/۱۲	۲/۳۰	۰/۰۷۸	۰/۲۶	صفر
صفر	۰/۵۳	۰/۰۹۷	۲/۶۷	۰/۰۶۲	۰/۲۰	۳۰
۵۰	۰/۵۵	۰/۱۱	۲/۴۷	۰/۰۷۰	۰/۲۳	۳۰
۱۰۰	۰/۵۳	۰/۱۱	۲/۵۱	۰/۰۷۲	۰/۲۱	۳۰
صفر	۰/۵۵	۰/۱۰	۲/۵۰	۰/۰۷۰	۰/۲۳	۶۰
۵۰	۰/۵۴	۰/۱۴	۲/۴۸	۰/۰۶۴	۰/۲۴	۶۰
۱۰۰	۰/۵۴	۰/۱۲	۲/۵۲	۰/۰۶۴	۰/۲۳	۶۰
SEM ^۱	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۱۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱۵	
سطح معنی‌داری	۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۳۸	۰/۰۵۵	۰/۰۹	

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$). SEM: standard error of the mean (حداقل اختلاف معنی‌دار)

کنجاله سویا با پروتئین تک‌سلولی همراه با سطوح مختلف پروبیوتیک بر pH مدفوع و محتویات روده در جدول ۵ نشان داده شده است. جایگزین کردن سطوح کنجاله سویا با پروتئین تک‌سلولی، تأثیر معنی‌داری بر pH مدفوع نداشت ($P > 0.05$)، اما استفاده از هر دو سطح جایگزینی (۳۰ و ۶۰ درصد)، به‌طور معنی‌داری باعث کاهش pH محتویات ایلئوم شد ($P < 0.001$). با افزودن پروبیوتیک به جیره طیور، pH محتویات ایلئوم به‌طور معنی‌داری کاهش یافته ($P = 0.02$) و pH مدفوع نیز از نظر عددی تمایل به کاهش نشان داد ($P = 0.08$). در نتیجه پایش اثرات متقابل سطوح مختلف پروتئین تک‌سلولی و پروبیوتیک، تأثیر معنی‌داری بر pH مدفوع و محتویات روده باریک مشاهده نشد.

تأثیر سطوح مختلف جایگزینی کنجاله سویا با پروتئین تک‌سلولی و هم‌چنین سطوح مختلف پروبیوتیک بر وزن تخمدان و تعداد فولیکول‌های تخمدانی در جدول ۴ نشان داده شده است. اثرات اصلی افزودن سطوح مختلف پروتئین تک‌سلولی و پروبیوتیک به جیره مرغان تخم‌گذار و نیز اثرات متقابل آن‌ها بر وزن نسبی اندام‌های تولیدمثلی (وزن اویدوکت و تخمدان) معنی‌دار نداشت ($P > 0.05$). هم‌چنین تفاوت آماری معنی‌داری در تعداد فولیکول‌های تخمدان ۲ تا ۵ (فولیکول‌های سفید بزرگ تخمدان)، ۵ تا ۱۰ (فولیکول‌های زرد کوچک تخمدان) و بیش‌تر از ۱۰ میلی‌متر (فولیکول‌های زرد بزرگ تخمدان) با جایگزینی پروتئین تک‌سلولی و افزودن پروبیوتیک به جیره مشاهده نشد ($P > 0.05$). تأثیر سطوح مختلف جایگزینی

جدول ۴: اثر سطوح مختلف جایگزینی کنجاله سویا با پروتئین تک سلولی و پروبیوتیک بر وزن نسبی اندام‌های تولیدمثلی و تعداد فولیکول‌های مرغان تخم‌گذار

منابع تغییرات		LWF ^۱		SYF ^۱		LYF ^۱		وزن تخمدان		اویداکت	
سطوح جایگزینی پروتئین											
صفر											
۳۰											
۶۰											
SEM											
سطح معنی‌داری											
سطوح پروبیوتیک											
صفر											
۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک											
۱۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک											
SEM											
سطح معنی‌داری											
سطوح جایگزینی پروتئین × سطوح پروبیوتیک											
صفر											
۵۰											
۱۰۰											
صفر											
۳۰											
۵۰											
۱۰۰											
صفر											
۶۰											
۵۰											
۶۰											
SEM											
سطح معنی‌داری											

۲۱ تا ۵ میلی‌متر (فولیکول‌های سفید بزرگ تخمدان)، ۵ تا ۱۰ میلی‌متر (فولیکول‌های زرد کوچک تخمدان) و آبی‌تر از ۱۰ میلی‌متر (فولیکول‌های زرد بزرگ تخمدان). میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$). SEM^۱: standard error of the mean (حدافل اختلاف معنی‌دار)

جدول ۵: اثر سطوح مختلف جایگزینی کنجاله سویا با پروتئین تک سلولی و پروبیوتیک بر pH مدفوع و محتویات روده مرغ‌های تخم‌گذار

منابع تغییرات		pH مدفوع		pH روده	
سطوح جایگزینی پروتئین					
صفر					
۳۰					
۶۰					
SEM					
سطح معنی‌داری					
سطوح پروبیوتیک					
صفر					
۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک					
۱۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک					
SEM					
سطح معنی‌داری					
سطوح جایگزینی پروتئین × سطوح پروبیوتیک					
صفر					
۵۰					
۱۰۰					
صفر					
۳۰					
۵۰					
۱۰۰					
صفر					
۶۰					
۵۰					
۶۰					
SEM					
سطح معنی‌داری					

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$). SEM: standard error of the mean (حدافل اختلاف معنی‌دار)

بحث

پروبیوتیک‌ها در جیره طیور، می‌تواند باعث کاهش میزان آمونیاک و کاهش pH بستر شود (۷). هم‌سو با نتایج در حال انتشار این پژوهش، پروبیوتیک‌ها از طرق مختلف، از جمله کاهش pH دستگاه گوارش و تغییر جمعیت میکروبی روده (افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید)، می‌توانند باعث بهبود قابلیت هضم و جذب مواد مغذی موجود در جیره شوند (۱۹). یافته‌های این آزمایش در مورد کاهش pH، با نتایج حاصل از تحقیقات Azadegan Mehr و همکاران (۹) و Tellez و همکاران (۳۰) نیز هم‌خوانی دارد.

منابع

1. **Abd El-Hack, M.E., Mahgoub, S.A., Alagawany, M. and Ashour, E.A., 2017.** Improving productive performance and mitigating harmful emissions from laying hen excreta via feeding on graded levels of corn DDGS with or without *Bacillus subtilis* probiotic. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 101: 904-913.
2. **Adedayo, M.R., Ajiboye, E.A., Akintunde, J.K. and Odaibo A., 2011.** Single-cell proteins: As nutritional enhancer. *J adv appl sci.* 2: 396-409.
3. **Adil, Sh., Banday, T., Bhat, G.A., Salahuddin, M., Raqubi, M. and Shanaz, S., 2011.** Response of broilers chicken to dietary supplementation of organic acids. *J Cent Eur Agric.* 12: 489-508.
4. **Ahmed, S.T., Islam, M.M., Mun, H.S., Sim, H.J., Kim, Y.J. and Yang, C.J., 2014.** Effects of *Bacillus amylo liquefaciens* as a probiotic strain on growth performance, cecal microflora, and fecal noxious gas emissions of broiler chickens. *Poult Sci J.* 93(8): 1963-1971.
5. **Alizadeh, M., Shariatmadari, F. and Karimi, M.A., 2019.** The use of medicinal plants, probiotics, prebiotics, and antibiotics on the performance and immune system of broiler chickens. *J Vet Meth.* 87: 10-17. (In Persian)
6. **Alkhalif, A., Alhaj, M. and Al-Homidan, I., 2010.** Influence of probiotic supplementation on immune response of broiler chicks. *Egypt Poult Sci.* 30: 271-280.
7. **Anatoly, B., 2001.** Probiotics: determinants of survival and growth in the gut. *J Clin Nutr.* 73: 399-405.
8. **Anupama, M. and Ravindra, P., 2000.** Value-added food: Single cell protein. *Biotechnol adv.* 18: 459-479.
9. **Azadegan Mehr, M., Shams Sharq, M., Dastar, B. and Hosni, S., 1387.** The effect of different levels of protein and probiotics on production traits and some blood factors of broiler chickens. *J Agric Nat Resour.* 15: 25-36. (In Persian)
10. **Chand, N., Ihsanuddin, K. and Khan, R.U., 2014.** Replacement of Soybean Meal with Yeast Single Cell Protein in Broiler Ration: The Effect on Performance Traits. *Pak J Zool.* 46(6): 1753-1758.
11. **Chee, J.Y., Lakshmanan, M., Jeepery, I.F., Hairudin, N.H.M. and Sudesh, K., 2019.** The potential application of *Cupriavidus necator* as polyhydroxyalkanoates producer and single cell protein: A review on scientific, cultural and religious perspectives. *Appl Food Biotechnol.* 6: 19-34.
12. **Fuller, R., 2001.** The chicken gut microflora and probiotic supplements. *Poult Sci.* 38: 189-196.
13. **Ghasemi, R., Sedghi, M. and Mahdavi, A.H., 2020.** Evaluation of Probiotic, Prebiotic, and Synbiotic on

نتایج به دست آمده در این آزمایش در مورد استفاده از پروبیوتیک با مشاهدات Fuller و همکاران (۱۲) هم‌خوانی دارد. افزایش وزن نسبی پانکراس و صفرا می‌تواند به دلیل تحریک گوارش در نتیجه جایگزینی پروتئین تک‌سلولی، افزایش ترشح صفرا برای گوارش بهتر چربی‌ها و فعالیت بهتر پانکراس برای هضم پروتئین‌ها باشد. نتایج این آزمایش با نتایج آزمایشات Adil و همکاران مبنی بر عدم تأثیر مواد کاهش دهنده pH دستگاه گوارش بر وزن نسبی اندام‌های داخلی (۳) نیز هم‌خوانی دارد. تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی برای وزن طحال مشاهده نشد ($P < 0.05$ ، جدول ۳)، که مطابق با یافته‌های Tan و Teo، بود که گزارش دادند مکمل‌های غذایی و محرک‌های رشد باعث افزایش وزن نسبی طحال نمی‌شوند (۳۱). در مقابل، در برخی از مطالعات، بهبود در وزن نسبی طحال در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی پروبیوتیک در مقایسه با گروه شاهد گزارش شده است (۶). عدم تأثیر جیره‌های غذایی بر وزن نسبی طحال ممکن است به دلیل تأخیر در پاسخ طحال به عنوان یک اندام لنفاوی ثانویه نسبت داده شود، زیرا عملکرد مناسب آن با افزایش سن در پرندگان توسعه می‌یابد (۶). اما در برخی گزارش‌های افزودن پروبیوتیک‌ها به جیره، سبب افزایش وزن طحال و بورس فابرسیوس شده است (۱۳). هرچند در مقابل، Alizadeh و همکاران، نشان دادند که وزن نسبی بورس و طحال تحت تأثیر افزودن پروبیوتیک و گیاهان دارویی در جیره قرار نمی‌گیرد (۵). افزایش وزن نسبی تیموس و طحال در جوجه‌های گوشتی مکمل شده با محرک‌های رشد، احتمالاً مربوط به تأثیر باکتری‌های پروبیوتیک بر فعالیت سیستم ایمنی بدن باشد که منجر به افزایش تولید لنفوسیت‌های T می‌شود (۱۹). گزارش Shahir و همکاران، نشان داد که استفاده از پروبیوتیک در جیره مرغ‌ان تخم‌گذار، تأثیری بر تعداد فولیکول‌های تخمدانی و به تبع آن درصد تولید تخم ندارد (۲۷). اما، Mazanko و همکاران، گزارش کردند که افزودن پروبیوتیک باسیلوس به جیره جوجه خروس‌ها و مرغ‌ان تخم‌گذار می‌تواند باعث بهبود صفات باروری آن‌ها شده، بدون این‌که تأثیر معنی‌داری بر درصد تولید تخم داشته باشد (۱۹). از آنجایی که pH پروتئین مصرفی (پروتئین تک‌سلولی) در محدوده ۶ می‌باشد، لذا کاهش pH محتویات روده در نتیجه استفاده از آن منطقی به نظر می‌رسد. از طرفی داده‌های در حال انتشار این پژوهش نشان می‌دهد که افزودن پروتئین تک‌سلولی به جیره طیور تخم‌گذار باعث تغییرات معنی‌دار در تعداد باکتری‌های اشریشیاکلی به دلیل کم شدن pH روده می‌شود. برخی از گزارش‌ها حاکی از آن است که استفاده از

27. **Shahir, M.H., Mohammadi, M., Ghazi, Sh., Afsarian, A. and Moradi, S., 2018.** The effect of probiotics and calcium butyrate on production performance, egg quality, blood parameters and immune responses of laying hens. *Vet Res.* 67: 323-313. (In Persian)
28. **Singh, J.K., Meshram, R.L. and Ramteke, D.S., 2011.** Production of Single cell protein and removal of 'COD' from dairy wastewater. *Eur J Exp Biol.* 1(3): 209-215
29. **Soomro, R.N., Abd El-Hack, M.E., Shah, S.S., Taha, A.E., Alagawany, M., Swelum, A.A., Hussein, E.O.S., Ba-Aawdh, H.A., Saadeldin, I., El-Edel, M.A. and Tufarelli, V., 2019.** Impact of restricting feed and probiotic supplementation on growth performance, mortality and carcass traits of meat-type quails. *Ani Sci J.* 90: 1388-1395.
30. **Tellez, G., Corrier, D.E., DeLoach, J.R., Jaeger, L. and Harris, B.M., 1993.** Effect of dietary lactose on cecal morphology, pH, organic acids, and salmonella enteritidis organ invasion in leghorn chicks. *Poult Sci.* 72: 636-642.
31. **Teo, A. and Tan, H.M., 2007.** Evaluation of the performance and intestinal gut microflora of broilers fed on corn-soy diets supplemented with *Bacillus subtilis* PB6 (CloSTAT). *J Appl Poult Res.* 16: 296-303. doi.org/10.1093/japr/16.3.296
32. **Xiang, Q., Wang, C., Zhang, H., Lai, W., Wei, H. and Peng, J., 2019.** Effects of different probiotics on laying performance, egg quality, oxidative status, and gut health in laying hens. *Animals.* 9: 1110.
33. **Zamanizadeh, A., Mirakzehi, M.T., Agah, M.J., Saleh, H. and Baranzehi, T., 2021.** A comparison of two probiotics *Aspergillus oryzae* and *Saccharomyces cerevisiae* on productive performance, egg quality, small intestinal morphology, and gene expression in laying Japanese quail. *Ital J Anim Sci.* 20(1): 232-242
34. **Zhang, Z. and Kim, I., 2013.** Effects of probiotic supplementation in different energy and nutrient density diets on performance, egg quality, excreta microflora, excreta noxious gas emission, and serum cholesterol concentrations in laying hens. *Poult Sci.* 91: 4781-4787.
14. **Hanning, I., Clement, A., Owens, C., Park, S., Pendleton, S., Scott, E., Almeida, G., Gil, F.G. and Ricke, S., 2012.** Assessment of production performance in two breeds of broilers fed prebiotics as feed additives. *Poult Sci.* 91: 3295-3299.
15. **Hellwing, A.L.F., Tauson, A.H. and Skrede, A., 2006.** Effect of bacterial protein meal on protein and energy metabolism in growing chickens. *Arch Anim Nutr.* 60: 365-381.
16. **Jones, S.W., Karpol, A., Friedman, S., Maru, B.T. and Tracy, B.P., 2020.** Recent advances in single cell protein use as a feed ingredient in aquaculture. *Curr Opin Biotechnol.* 61: 189-197
17. **Kazemi, S.A., Ahmadi, H. and Karimi Torshizi, M.A., 2019.** Valuating two multistrain probiotics on growth performance, intestinal morphology, lipid oxidation and ileal microflora in chickens. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 00: 1-9.
18. **Khan, S.H., Yousaf, B., Mian, A.A., Rehman, A. and Farooq, M.S., 2011.** Assessing the effect of administering different probiotics in drinking water supplements on broiler performance, blood biochemistry and immune response. *J Appl Anim Res.* 39(4): 418-428.
19. **Mazanko, M.S., Gorlov, I.F., Prazdnova, E.V., Makarenko, M.S., Usatov, A.V., Bren, A.B., Chistyakov, V.A., Tutelyan, A.V., Komarova, Z.B. and Mosolova, N.I., 2018.** *Bacillus* Probiotic Supplementations Improve Laying Performance, Egg Quality, Hatching of Laying Hens, and Sperm Quality of Roosters. *Probiotics Antimicrobe. Proteins.* 10: 367-373.
20. **Moradi, M.Kh., Saleh, H. and Mirkazehi, M.T., 1400.** The effect of hydroalcoholic extract of *Sohrward* (*Boerhavia elegans*) and vitamin E on the performance and antioxidant status of broiler chickens in diets containing oxidized oil. *J Anim Environ.* 13(3): 95-104. (In Persian)
21. **Murry, A.C., Hinton, A. and Buhr, R.J., 2006.** Effect of botanical probiotic containing lactobacilli on growth performance and populations of bacteria in the ceca, cloaca, and carcass rinse of broiler chickens. *Poult Sci.* 5: 344-350.
22. **Najib, H., Aleid, S.M., Al-Jasass, F.M. and Hamad, S.H., 2014.** Feeding value of single cell protein, produced from dates, for laying hens. *Indian j fundam appl life sci.* 4(1): 30-36.
23. **Nazarizadeh, H., Hosseini, S.M. and Pourreza J., 2020.** Evaluation of single cell protein replacement (pl 68) by soybean meal in broiler chickens. *Biosci Res.* 17(2): 1315-1322.
24. **Rehman, A., Arif, M., Sajjad, N., Al-Ghadi, M.Q., Alagawany, M., Abd El-Hack M.E., Alhimaidi, A. R., Elnesr. S.S., Almutairi, B.O., Amran, R.A., Hussein, E.O.S. and Swelum, A.A., 2020.** Dietary effect of probiotics and prebiotics on broiler performance, carcass, and immunity. *Poult Sci.* 99: 6946-6953.
25. **Sajjadi, N. and Vakili, R., 1401.** Effects of different levels of probiotics and physical form of feed on small intestine morphology and immune status in broiler chickens. *J Anim Environ.* 14(2): 130-123. (In Persian)
26. **Seifi, K., Karimi-Torshizi, M.A. and Deldar, H., 2018.** Probiotics intake from proximal or distal gastrointestinal tract: The investigation on intestinal morphology and performance of Japanese quail. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 102(1): 509-512.