DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999 مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳

# تاثیر اندازه ذرات پوسته آفتابگردان بر عملکرد رشد، بافت شناسی روده، پاسخ ایمنی و خصوصیات دستگاه گوارش در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی سطوح متفاوت پروتئین

**نجیبه بیگ زاده[۱]، سمیه سالاری*[۲]، فائقه زعفریان[۳] و شیما حسینی فر[۴]**

**۱- دانش‌آموخته دکتری تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.**

**۲- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.**

**۳- استادیار، گروه تحقیق و پژوهش در تغذیه حیوانات تک معده، آدیسئو، سینت فونس، فرانسه.**

**۴- استادیار، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۹

## چکیده

هدف از طراحی این آزمایش، بررسی تاثیر اندازه ذرات پوسته آفتابگردان در تغذیه جوجه گوشتی با سطوح مختلف پروتئین بر عملکرد رشد، ریخت شناسی روده کوچک، پاسخ ایمنی، وزن، طول و اسیدیته قسمت‌های مختلف روده کوچک می‌باشد. در این پژوهش از ۳۶۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۳ استفاده شد. این آزمایش از سن یک تا ۴۲ روزگی با شش تیمار و شش تکرار انجام شد و در هر تکرار ۱۰ قطعه پرنده از دو جنس نر و ماده به کار گرفته شد. تیمارها شامل پوسته آفتابگردان (بدون پوسته، دارای چهار درصد پوسته با اندازه ذرات یک میلی‌متر و چهار درصد پوسته با اندازه ذرات پنج میلی‌متر) بهمراه دو سطح پروتئین خام جیره (نرمال و ۱۰ درصد کمتر) بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن ۴ درصد پوسته آفتابگردان به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی، به‌ویژه به‌صورت درشت، موجب بهبود مصرف خوراک، افزایش وزن بدن، بهبود شاخص‌های بافت شناسی روده (ارتفاع پرزها و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت) و ارتقاء پاسخ ایمنی در پایان دوره پرورش شد. همچنین، پوسته آفتابگردان اسیدیته سنگدان را در تیمار حاوی پوسته درشت کاهش داد. افزون براین، افزودن پوسته درشت و کاهش سطح پروتئین جیره موجب افزایش طول دئودنوم شد. به طور کلی، استفاده از پوسته آفتابگردان، به‌ویژه به شکل درشت، می‌تواند به عنوان یک فیبرنامحلول در بهبود عملکرد رشد، ساختار روده و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه های کلیدی**: جوجه‌های‌گوشتی، عملکرد رشد، بافت شناسی روده، اسیدیته سنگدان، پروتئین جیره.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: S.Salari@asnrukh.ac.ir

## مقدمه

کاربرد جیره‌های کم پروتئین در تغذیه طیور بمنظور بهبود عملکرد، کاهش هزینه و اثرات زیست محیطی مورد توجه است. اگرچه سویه‌های مدرن به پروتئین بالا نیاز دارند، اسیدهای آمینه نقش کلیدی در عملکرد دارند (۳). جیره‌های کم پروتئین با کاهش کنجاله سویا و افزایش غلات بهمراه اسیدهای آمینه آزاد فرموله می‌شوند. کارایی پروتئین به دستگاه گوارش وابسته است (۳۹) و روده کوچک در جذب مواد مغذی نقش دارد (۴۳). مطالعات نشان داده‌اند که جیره‌های کم‌پروتئین تغییرات بافتی روده

Preproof Article

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳ DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999

را ایجاد نمی‌کنند و مکمل ترئونین می‌تواند ایمنی و سلامت روده را بهبود بخشد (۷). کاهش ۲/۵ درصد پروتئین با ترئونین می‌تواند عملکرد رشد و ایمنی را بهبود بخشد و جیره‌های کم‌پروتئین در دوره آغازین می‌توانند ایمنی ذاتی را بدون اثر منفی بر رشد افزایش دهند (۳۴). افزودن میزان متوسطی از فیبر نامحلول به جیره طیور نیز عملکرد سنگدان، هضم، سلامت گوارش و رشد را بهبود می‌بخشد (۳۷، ۱۵،۱۰). فیبر نامحلول مانند پوسته برنج با ترئونین می‌تواند پاسخ ایمنی را تقویت کند (۲۷). اندازه ذرات درشت‌تر خوراک نیز با بهبود رشد قسمت ابتدایی روده و جذب مواد مغذی، عملکرد را ارتقا می‌دهد (۴۶، ۵). افزایش اندازه ذرات غلات یا فیبر، وزن، ضریب تبدیل و استفاده از مواد مغذی را بهبود می‌بخشد (۸). فیبر نامحلول متوسط (۳-۵ درصد)، ریخت شناسی و جذب روده را تغییر می‌دهد و اندازه ذرات در کنترل حرکت و جذب مواد مغذی نقش دارد (۱۷). اندازه ذرات و فیبر غذایی بر رشد، سنگدان و سرعت عبور غذا در جوجه‌های گوشتی مؤثرند (۳۰). هدف مطالعه حاضر، بررسی تاثیر اندازه ذرات پوسته آفتابگردان در جیره با سطوح مختلف پروتئین بر عملکرد رشد، ریخت شناسی روده، ایمنی و ویژگی‌های مختلف روده کوچک در جوجه گوشتی است.

## مواد و روشها

در مطالعه حاضر، پوسته آفتابگردان (محصول جانبی کارخانه) تهیه و توزیع اندازه ذرات آن با روش الک کردن خشک (ASAE S363.1, 1995) تعیین شد. ۱۰۰ گرم نمونه آسیاب شده به مدت ۱۰ دقیقه با شیکر Restch و پنج الک (قطر ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۰۷۵ میلی‌متر) تکان داده شد و سهم هر الک محاسبه گردید. مقادیر ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، فیبر خام و عصاره اتری پوسته آفتابگردان با روش‌های استاندارد (۲۰۰۰) AOAC اندازه‌گیری شد. کربوهیدرات کل(CHO)، کربوهیدرات-های غیر فیبری (NFC) و عصاره عاری از نیتروژن (NFE) با فرمول‌های مربوطه محاسبه گردید. میزان NDF و ADF پوسته آفتابگردان نیز به روش (۴۲) اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

رابطه ۱ $$CHO = (100 – (CP + EE + Ash + Moisture))$$

رابطه۲ $$NFC = (100 – (CP + EE + Ash + NDF))$$

رابطه ۳ $$NFE = 1000- (CP + Ash + CF + EE).$$

**جدول ۱**- اندازه ذرات و ترکیب شیمیایی پوسته آفتابگردان (درصد)

| ترکیب شیمیایی | ٪ | |
|---|---|---|
| ماده خشک | ۹۴/۷۴ | |
| پروتئین خام | ۶/۵۱ | |
| عصاره اتری | ۱/۴۵ | |
| الیاف نامحلول در شوینده خنثی | ۷۴/۴۴ | |
| الیاف نامحلول در شوینده اسیدی | ۵۲/۸۷ | |
| کربوهیدراتهای غیرفیبری | ۱۵/۵۶ | |
| کربوهیدرات کل | ۸۴/۷۴ | |
| عصاره عاری از نیتروژن | ۴۰/۹۱ | |
| خاکستر | ۲/۰۴ | |
| اندازه ذرات (میکرومتر) | ریز | درشت |
| >۲۰۰۰ | ۰/۵۶ | ۰/۵۲ |

Preproof Article

DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999 مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳

| | | |
|---|---|---|
| ۱۰۰۰–۲۰۰۰ | ۳/۴۳ | ۵/۸۲ |
| ۵۰۰–۱۰۰۰ | ۷۲/۵۶ | ۸۴/۲۴ |
| ۲۵۰–۵۰۰ | ۱۸/۰۶ | ۷/۵ |
| ۷۵–۲۵۰ | ۵/۱۶ | ۱/۸۷ |
| <۷۵ | ۰/۲۳ | ۰/۰۵ |
| (GMD[1] ± GSD[2]) | ۵۷۴/۳۶۳± ۱/۷۳۵ | ۶۷۵/۴۴۷±۱/۴۷۷ |

1-Geometric mean diameter (GMD): میانگین قطر هندسی

2-Geometric standard deviation (GSD): انحراف معیار استاندارد میانگین قطر هندسی

در بخش مزرعه‌ای، ۳۶۰ قطعه جوجه گوشتی راس ۳۰۸ در طرح کاملاً تصادفی فاکتوریل ۲×۳ شامل شش تیمار و شش تکرار (هر تکرار ۱۰ پرنده نر و ماده) استفاده شدند. تیمارها شامل پوسته آفتابگردان (بدون پوسته ۴ درصد با ذرات ۱ میلی‌متر، و ۴ درصد با ذرات ۵ میلی‌متر) و دو سطح پروتئین خام (نرمال و ۱۰درصد کمتر) بودند. پوسته آفتابگردان با آسیاب چکشی به اندازه‌های مورد نظر آسیاب شد. جیره پایه شامل ۴ درصد ماسه ریز بود که در تیمارهای آزمایشی با پوسته آفتابگردان جایگزین شد. تمام جیره‌ها برای تامین احتیاجات جوجه گوشتی طبق توصیه راس ۳۰۸ و به صورت آردی تهیه شدند (جدول ۲). جوجه‌ها تا ۴۲ روزگی در قفس‌هایی با بستر تراشه چوب، آبخوری و دانخوری آزاد و برنامه روشنایی ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی پرورش یافتند. دما از ۳۳ درجه سانتی‌گراد در هفته اول به ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز ۲۸ کاهش یافته و سپس ثابت ماند. هر قفس به عنوان واحد آزمایشی در نظر گرفته شد.

**جدول ۲**- مواد خوراکی تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره جوجه های گوشتی (درصد)

| مواد خوراکی (درصد) | دوره آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی) | | | | دوره رشد (۱۱ تا ۲۴) | | | | دوره پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۲۳ درصد پروتئین | | ۲۰/۷ درصد پروتئین | | ۲۱/۵ درصد پروتئین | | ۱۹/۳۵درصد پروتئین | | ۱۹/۵ درصد پروتئین | | ۱۷/۵ درصد پروتئین | |
| | بدون پوسته | ۴درصد پوسته | بدون پوسته | ۴ درصد پوسته | بدون پوسته | ۴ درصد پوسته | بدون پوسته | ۴ درصد پوسته | بدون پوسته | ۴ درصد پوسته | بدون پوسته | ۴ درصد پوسته |
| ذرت | ۴۲/۲۰ | ۴۲/۲۰ | ۵۲/۶۳ | ۵۲/۶۳ | ۲۰/۴۸ | ۲۰/۴۸ | ۵۴/۴۵ | ۵۴/۴۵ | ۵۲/۴ | ۵۲/۴ | ۵۶/.۸۲ | ۵۶/.۸۲ |
| گلوتن (۶۰ درصد) | ۵ | ۵ | ۳/۵ | ۳/۵ | ۵/۲۲ | ۵/۲۲ | ۲/۳ | ۲/۳ | ۴ | ۴ | ۰/۴۰ | ۰/۴۰ |
| کنجاله سویا (۴۲ درصد) | ۳۷/۸۰ | ۳۷/۸۰ | ۳۱ | ۳۱ | ۳۲/۳۳ | ۳۲/۳۳ | ۲۹/۹ | ۲۹/۹ | ۲۹/۷۳ | ۲۹/۷۳ | ۲۸/۵ | ۲۸/۵ |
| کربنات کلسیم | ۰/۸۵ | ۰/۸۵ | ۰/۸۵ | ۰/۸۵ | ۰/۷۴ | ۰/۷۴ | ۰/۷۵ | ۰/۷۵ | ۰/۷۴ | ۰/۷۴ | ۰/۷۴ | ۰/۷۴ |
| دی کلسیم فسفات | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵۸ | ۱/۵۸ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۰۴ | ۱/۰۴ | ۱/۰۵ | ۱/۰۵ |
| روغن سویا | ۴/۷۳ | ۴/۷۳ | ۳/۵۳ | ۳/۵۳ | ۵/۵ | ۵/۵ | ۵ | ۵ | ۶/۵ | ۶/۵ | ۶/۵ | ۶/۵ |
| نمک | ۰/۲۸ | ۰/۲۸ | ۰/۲۲ | ۰/۲۲ | ۰/۲۸ | ۰/۲۸ | ۰/۲۸ | ۰/۲۸ | ۰/۲۳ | ۰/۲۳ | ۰/۲۱ | ۰/۲۱ |
| جوش شیرین | ۰/۱/۲۳ | ۰/۱/۲۳ | ۰/۳۳ | ۰/۳۳ | ۰/۲۳ | ۰/۲۳ | ۰/۲۳ | ۰/۲۳ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۳ | ۰/۲۳ |
| کربنات پتاسیم | ۰ | ۰ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| مکمل معدنی۱ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ |
| مکمل ویتامین۱ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ |
| دی ال متیونین | ۰/۳۲ | ۰/۳۲ | ۰/۳۸ | ۰/۳۸ | ۰/۲۷ | ۰/۲۷ | ۰/۳۶ | ۰/۳۶ | ۰/۲۶ | ۰/۲۶ | ۰/۳۳ | ۰/۳۳ |

Proof Article

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳ DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ال لیزین هیدروکلرید | ۰/۳۲ | ۰/۳۲ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۳ | ۰/۳ | ۰/۴۱ | ۰/۴۱ | ۰/۲۷ | ۰/۲۷ | ۰/۳۲ | ۰/۳۲ |
| ال ترئونین | ۰/۱۴ | ۰/۱۴ | ۰/۲۳ | ۰/۲۳ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱۷ | ۰/۱۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۱۴ | ۰/۱۴ |
| ال والین | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۱۶ | ۰/۱۶ | ۰ | ۰ | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ |
| ال ایزولوسین | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۱۴ | ۰/۱۴ | ۰ | ۰ | ۰/۰۹ | ۰/۰۹ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ |
| ال آرژنین | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۲۴ | ۰/۲۴ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۹ | ۰/۰۹ |
| فیتاز | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ |
| ماسه بادی | ۴ | ۰ | ۰/۰۰۵ | ۴ | ۰ | ۴ | ۰ | ۴ | ۰ | ۴ | ۰ | ۴ |
| پوسته آفتابگردان | ۰ | ۴ | ۴ | ۰ | ۴ | ۰ | ۴ | ۰ | ۴ | ۰ | ۴ | ۰ |

ترکیب مواد مغذی محاسبه شده

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| انرژی قابل متابولیسم(کیلوکالری/کیلوگرم) | ۳۰۰۴ | ۳۰۰۴ | ۲۹۹۸ | ۲۹۹۸ | ۳۱۰۴ | ۳۱۰۴ | ۳۱۰۴ | ۳۱۰۴ | ۳۲۰۴ | ۳۲۰۴ | ۳۲۰۳ | ۳۲۰۳ |
| پروتئین خام (درصد) | ۲۳ | ۲۳ | ۲۰/۷ | ۲۰/۷ | ۱۹/۳۷ | ۱۹/۳۷ | ۲۱/۵۳ | ۲۱/۵۳ | ۱۷/۵۵ | ۱۷/۵۵ | ۱۹/۵۴ | ۱۹/۵۴ |
| چربی خام (درصد) | ۷,۲۰ | ۷,۲۰ | ۶/۱۵ | ۶/۱۵ | ۷/۵۷ | ۷/۵۷ | ۸/۰۴ | ۸/۰۴ | ۹/۰۱ | ۹/۰۱ | ۹/۰۵ | ۹/۰۵ |
| لیزین قابل هضم درصد | ۱,۲۵ | ۱,۲۵ | ۱/۲۴ | ۱/۲۴ | ۱/۱۴ | ۱/۱۴ | ۱/۱۴ | ۱/۱۴ | ۱/۰۳ | ۱/۰۳ | ۱/۰۳ | ۱/۰۳ |
| متیونین (درصد) | ۰/۶۳ | ۰/۶۳ | ۰/۶۲ | ۰/۶۲ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۴۳ | ۰/۴۳ | ۰/۴۳ | ۰/۴۳ |
| متیونین + سیستئین قابل هضم (درصد) | ۰/۹۳ | ۰/۹۳ | ۰/۹۲ | ۰/۹۲ | ۰/۸۶ | ۰/۸۶ | ۰/۸۷ | ۰/۸۷ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۷۹ | ۰/۷۹ |

[۱] هر کیلوگرم مکمل ویتامینی حاوی: رتینیل استات، ۱/۵۵ میلی‌گرم؛ کوله کلسیفرول، ۰/۰۲۵ میلی‌گرم؛ α-توکوفرول استات، ۲۰ میلی‌گرم؛ منادیون، ۱/۳ میلی‌گرم؛ تیامین، ۲,۲ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین ۱۰ میلی‌گرم؛ پانتوتنات کلسیم، ۱۰ میلی‌گرم؛ کولین کلرید، ۴۰۰ میلی‌گرم؛ نیکوتین آمید، ۵۰ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین HCl، ۴ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۰۴ میلی‌گرم؛ اسید فولیک ۱ میلی‌گرم؛ ویتامین B12 (کوبالامین)، ۱/۰۱۳ میلی‌گرم.

[۲] هر کیلوگرم مکمل مواد معدنی حاوی: آهن، ۶۰ میلی گرم. منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ روی، ۶۰ میلی‌گرم؛ مس، ۱۰ میلی‌گرم; ید، ۱ میلی‌گرم؛ کبالت، ۰/۲ میلی‌گرم; سلنیوم، ۰/۱۵ میلی-گرم

در بررسی عملکرد رشد کل دوره پرورش (۱ تا ۴۲ روز) ، میانگین افزایش روزانه و مصرف خوراک روزانه برای هر تکرار ثبت شد. ضریب تبدیل خوراک با تقسیم مصرف خوراک روزانه بر میانگین افزایش روزانه برای کل دوره آزمایش محاسبه شد. برای بررسی ریخت‌شناسی بخش‌های مختلف روده کوچک، در پایان آزمایش دو پرنده از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. حدود ۵ سانتی‌متر از ابتدای دوازدهه، ژژنوم و ایلئوم جدا و نمونه‌هایی با ضخامت حداکثر ۰/۵ سانتی‌متر تهیه و در محلول فرمالین ۱۲ درصد تثبیت گردید. نمونه‌ها پس از خروج از فرمالین با تیغه اسکالپل قطعه‌برداری و در حامل‌های مخصوص قرار داده شدند. مراحل آماده‌سازی شامل آب‌گیری با الکل‌های صعودی، شفاف‌سازی با زایلن و پارافینه کردن، توسط دستگاه هیستوکینت انجام شد. سپس بلوک‌های بافتی تهیه و با میکروتوم چرخان، برش‌های عرضی ۵ تا ۶ میکرومتری از هر بخش (سه مقطع از هر قسمت روده) تهیه شد. برش‌ها در آب ۴۰ درجه سانتی‌گراد صاف و روی لام منتقل شدند. رنگ‌آمیزی پس از پارافین‌زدایی و آب‌دهی با الکل‌های نزولی، با هماتوکسیلین و ائوزین (H&E) انجام شد (۱۳). در پایان، لامل روی لام‌ها چسبانده شد و بررسی‌ها با میکروسکوپ نوری مجهز به عدسی Dino-Lite Digital و نرم‌افزار Dino Capture II صورت گرفت.

در پایان آزمایش (سن ۴۲ روزگی)، دو پرنده از هر تکرار بمنظور بررسی میزان اسیدیته محتویات بخش های مختلف دستگاه گوارش، ذبح شد و سپس محتویات هر بخش در یک بشر ۵۰ میلی لیتری همگن شد و اسیدیته محتویات سنگدان، دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم با با استفاده از pH سنج قابل حمل (مدل: pH 3110 SET 2 ، نام تجاری: WTW، آلمان) اندازه‌گیری شد (۱۰). در هر دو آزمایش، جهت تهیه محلول SRBC ابتدا از ورید گردن گوسفند خون‌گیری و نمونه‌ها به لوله‌های حاوی EDTA منتقل

Preproof Article

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳ DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999

شد. سپس خون با سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور، ۱۵ دقیقه) برای جداسازی سرم پردازش شد. پس از دور ریختن سرم، گلبول‌های قرمز با بافر فسفات سالین شسته و این فرآیند سه بار تکرار شد. در نهایت، محلول ۲۰ درصد گلبول قرمز تهیه و تا زمان تزریق در یخچال نگهداری شد. در روزهای ۱۴ و ۳۵ پرورش، از هر تکرار یک پرنده انتخاب و ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول ۲۰ درصد SRBC به عضله سینه تزریق شد. در روزهای ۲۱ و ۴۲، از این پرندگان خون‌گیری و نمونه‌ها به لوله‌های بدون EDTA منتقل شدند. پس از لخته شدن در دمای محیط، برای جداسازی پلاسما سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور، ۱۰ دقیقه) انجام و پلاسما جهت تعیین پادتن در فریزر نگهداری شد (۲۳). برای اندازه‌گیری پادتن‌ها، از روش هماگلوتیناسیون با استفاده از پلیت‌های میکروتیتر ۹۶ خانه استفاده شد (۴۴). ابتدا سرم‌ها یخ‌گشایی و برای غیرفعال سازی کمپلمان ۳۰ دقیقه در ۵۶ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. سپس ۵۰ میکرولیتر سرم با ۵۰ میکرولیتر بافر مخلوط و رقت‌های سریالی (۱:۲ تا ۱:۲۵۶) تهیه شد. پس از افزودن ۵۰ میکرولیتر محلول ۲ درصد SRBC به هر چاهک، پلیت‌ها ۴ تا ۵ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. تیتر آنتی‌بادی بر اساس $\log_2$ بالاترین رقت با آگلوتیناسیون کامل تعیین شد (۲). داده‌های گروه‌های آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل (۲×۳) توسط نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ و با استفاده از رویه GLM تجزیه شدند.

## نتایج

تاثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ ارائه شده است. اثرات متقابل پوسته آفتابگردان و پروتئین جیره صفات عملکردی را تحت تاثیر قرار نداد ($P > ۰/۰۵$). افزودن ۴ درصد پوسته آفتابگردان (درشت و ریز) به جیره موجب افزایش مصرف خوراک و وزن بدن جوجه‌های گوشتی نسبت به گروه شاهد ( بدون پوسته) در کل دوره پرورش گردید ($P < ۰/۰۵$).

**جدول ۳**- تأثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین خام بر مصرف خوراک (گرم/ روز)، افزایش وزن بدن (گرم/ روزانه)، ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی (۱-۴۲ روزگی)

| متغیر | | مصرف خوراک روزانه | افزایش وزن بدن روزانه | ضریب تبدیل |
|---|---|---|---|---|
| **پوسته آفتابگردان (درصد)** | | | | |
| بدون پوسته | | ۹۹/۷۰b | ۶۰/۸۶b | ۱/۶۴ |
| ۴ درصد پوسته ریز | | ۱۱۶/۰۵a | ۷۰/۵۰a | ۱/۶۳ |
| ۴ درصد پوسته درشت | | ۱۱۴/۸۴a | ۷۱/۰۱a | ۱/۶۲ |
| SEM | | ۰/۴۲ | ۰/۲۸ | ۰/۰۲۳ |
| **سطح پروتئین** | | | | |
| نرمال پروتئین | | ۱۰۹/۳۵ | ۶۷/۶۲ | ۱/۶۱ |
| پروتئین کمتر | | ۱۱۱/۰۴ | ۶۷/۲۹ | ۱/۶۲ |
| SEM | | ۰/۲۸ | ۰/۱۸ | ۰/۰۱۸ |
| **پوسته آفتابگردان (درصد)** | **سطح پروتئین** | | | |
| بدون پوسته | نرمال پروتئین | ۹۷/۴۹ | ۵۹/۹۰ | ۱/۶۲ |
| | پروتئین کمتر | ۱۰۱/۹۱ | ۶۱/۸۳ | ۱/۶۵ |
| ۴ درصد ریز | نرمال پروتئین | ۱۱۴/۳۷ | ۷۱/۳۰ | ۱/۶۲ |

Proof Article

DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999 مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | پروتئین کمتر | ۱۱۵/۳۱ | ۶۹/۷۰ | ۱/۶۴ |
| ۴ درصد درشت | نرمال پروتئین | ۱۱۶/۱۹ | ۷۱/۶۷ | ۱/۶۰ |
| | پروتئین کمتر | ۱۱۵/۹۱ | ۷۰/۳۵ | ۱/۶۴ |
| SEM | | ۰/۸۵ | ۰/۵۶ | ۰/۰۳۲ |
| P value (سطح معنی داری) | | | | |
| **پوسته آفتابگردان** | | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۸۹ |
| **سطح پروتئین خام** | | ۰/۳۳ | ۰/۷۷ | ۰/۱۹ |
| **اثر متقابل پوسته آفتابگردان و پروتئین خام** | | ۰/۵۱ | ۰/۳۸ | ۰/۹۰ |

SEM (خطای استاندارد میانگین‌ها) ، تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

تاثیر تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی بخش‌های مختلف روده کوچک در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که استفاده از پوستهٔ درشت آفتابگردان در جیره باعث افزایش ارتفاع پرز دئودنوم و ژژنوم و ایلئوم گردید (P<۰/۰۵). تیمارهای با پوسته درشت و ریز نسبت به تیمار بدون پوسته موجب افزایش نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در دئودنوم گردید (P<۰/۰۵). با افزودن پوسته درشت به جیره، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ژژنوم و ایلئوم نسبت به تیمار بدون پوسته و پوسته ریز افزایش یافت (P<۰/۰۵).

جدول ۴- تأثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین خام بر ریخت شناسی قسمت های مختلف روده کوچک جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

| متغیر | دئودنوم | | | ژژنوم | | | ایلئوم | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اثرات اصلی | ارتفاع پرز (میکرومتر) | عمق کریپت(میکرومتر) | ارتفاع پرز/ عمق کریپت | ارتفاع پرز (میکرومتر) | عمق کریپت(میکرومتر) | ارتفاع پرز/ عمق کریپت | ارتفاع پرز(میکرومتر) | عمق کریپت(میکرومتر) | ارتفاع پرز/ عمق کریپت |
| **پوسته آفتابگردان (درصد)** | | | | | | | | | |
| بدون پوسته | ۱۳۵۹/۳ c | ۱۴۴/۰ | ۹/۴۵b | ۱۱۰۶/۲۱c | ۱۳۵/۵۶ | ۸/۱۷c | ۷۶۴/۹۳c | ۱۳۲/۹۷ | ۵/۵۹c |
| ۴ درصد ریز | ۱۴۰۶/۳ b | ۱۴۷/۶ | ۹/۵۳ab | ۱۱۹۷/۳۹b | ۱۳۷/۰۶ | ۸/۷۴b | ۹۲۴/۶۷b | ۱۲۹/۱۴ | ۶/۷۹b |
| ۴ درصد درشت | ۱۴۶۱/۵ a | ۱۴۷/۹ | ۹/۸۹a | ۱۲۷۳/۶۸a | ۱۳۶/۴۸ | ۹/۳۴a | ۱۰۴۰/۸۸a | ۱۲۸/۶۳ | ۸/۱۱a |
| SEM | ۱/۲۸ | ۰/۶۸ | ۰/۰۴ | ۵/۰۰ | ۰/۵۰ | ۰/۰۵ | ۶/۶۷ | ۰/۶۰ | ۰/۱۰ |
| **سطح پروتئین** | | | | | | | | | |
| نرمال پروتئین | ۱۴۱۰/۶ | ۱۴۶/۸ | ۹/۶۱ | ۱۱۸۴/۲۵ | ۱۳۶/۶۵ | ۸/۶۷ | ۹۱۵/۲۹ | ۱۳۰/۰۸ | ۶/۹۹ |
| پروتئین کمتر | ۱۴۰۷/۵ | ۱۴۶/۲ | ۹/۶۳ | ۱۲۰۰/۶۰ | ۱۳۶/۰۸ | ۸/۸۲ | ۹۰۵/۰۳ | ۱۳۰/۴۱ | ۶/۶۷ |
| SEM | ۰/۸۵ | ۰/۴۵ | ۰/۰۲ | ۳/۳۳ | ۰/۳۳ | ۰/۰۳ | ۴/۴۵ | ۰/۴۰ | ۰/۰۷ |
| **پوسته آفتابگردان (درصد)** **سطح پروتئین** | | | | | | | | | |
| نرمال پروتئین | ۱۳۶۱/۱ | ۱۴۲/۰ | ۹/۵۷ | ۱۰۹۳/۵۴ | ۱۳۶/۵۳ | ۸/۰۱ | ۸۰۲/۰۷ | ۱۳۳/۱۷ | ۵/۸۲ |

Preproof Article

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳ DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بدون پوسته | پروتئین کمتر | ۱۳۵۷/۶ | ۱۴۶/۰ | ۹/۳۱ | ۱۱۱۸/۸۹ | ۱۳۴/۶۰ | ۸/۳۲ | ۷۲۷/۷۹ | ۱۳۲/۷۷ | ۵/۳۵ |
| ۴ درصد | نرمال پروتئین | ۱۴۱۱/۸ | ۱۵۰/۶ | ۹/۳۷ | ۱۲۰۰/۰۵ | ۱۳۷/۱۸ | ۸/۷۵ | ۹۰۳/۸۳ | ۱۲۸/۹۳ | ۷/۰۱ |
| ریز | پروتئین کمتر | ۱۴۰۰/۹ | ۱۴۴/۶ | ۹/۶۹ | ۱۱۹۴/۷۲ | ۱۳۶/۹۴ | ۸/۷۲ | ۹۴۵/۵۱ | ۱۲۹/۳۵ | ۶/۵۷ |
| ۴ درصد | نرمال پروتئین | ۱۴۵۹/۰۸ | ۱۴۷/۸ | ۹/۸۹ | ۱۲۵۹/۱۸ | ۱۳۶/۲۳ | ۹/۲۵ | ۱۰۳۹/۹۷ | ۱۲۸/۱۵ | ۸/۱۳ |
| درشت | پروتئین کمتر | ۱۴۶۴/۱ | ۱۴۸/۱ | ۹/۸۸ | ۱۲۸۸/۱۹ | ۱۳۶/۷۲ | ۹/۴۳ | ۱۰۴۱/۷۹ | ۱۲۹/۱۱ | ۸/۰۹ |
| SEM | | ۲/۵۶ | ۱/۳۶ | ۰/۰۸ | ۱۰/۰۱ | ۱/۰۱ | ۰/۱۱ | ۱۳/۳۵ | ۱/۲۰ | ۰/۲۱ |
| P value (سطح معنی داری) | | | | | | | | | | |
| **سطح پوسته آفتابگردان** | | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۳۰ | ۰/۰۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۷۶ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۱۷ | ۰/۰۰۰۱ |
| **سطح پروتئین خام** | | ۰/۴۶ | ۰/۸۱ | ۰/۹۳ | ۰/۳۳ | ۰/۷۳ | ۰/۴۰ | ۰/۶۴ | ۰/۸۷ | ۰/۳۸ |
| **اثر متقابل پوسته آفتابگردان و پروتئین خام** | | ۰/۳۲ | ۰/۲۰ | ۰/۲۳ | ۰/۶۴ | ۰/۸۳ | ۰/۷۵ | ۰/۱۱ | ۰/۹۶ | ۰/۸۶ |

SEM (خطای استاندارد میانگین‌ها) ، تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

تاثیر تیمارهای آزمایشی بر پاسخ ایمنی و اسیدیته بخش‌های مختلف دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی در جدول ۵ نشان داده شده است. در بررسی پاسخ ایمنی، آنتی بادی ثانویه ۴۲ روزگی تحت تاثیر پوسته آفتابگردان قرار گرفت به طوری که تیمارهای حاوی پوسته ریز و درشت نسبت به تیمار بدون پوسته آنتی بادی ثانویه بالاتری را نشان دادند (P<۰/۰۵). کمترین میزان اسیدیته سنگدان مربوط به تیمار حاوی پوسته درشت بود (P<۰/۰۵). تیمارهای حاوی پوسته اسیدیته بالاتری نسبت به تیمار بدون پوسته نشان دادند (P<۰/۰۵).

**جدول ۵**- تاثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین خام بر پاسخ ایمنی (عیار آنتی بادی علیه گلبول‌های قرمز خون گوسفند ($Log_2$)) و بر اسیدیته بخش‌های مختلف دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی.

| | | پاسخ ایمنی | | اسیدیته | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| متغیر | | (۲۸روزگی) آنتی بادی اولیه | (۴۲ روزگی) آنتی بادی ثانویه | سنگدان | دئودنوم | ژژنوم | ایلئوم |
| سطح پوسته آفتابگردان (درصد) | | | | | | | |
| بدون پوسته | | ۶/۰۸ | ۶/۷۵b | ۲/۸۵a | ۵/۶۸ | ۵/۹۲b | ۶/۲۰ |
| ۴ درصد ریز | | ۶/۲۵ | ۷/۱۶ab | ۲/۵۵b | ۵/۷۶ | ۶/۱۱a | ۶/۴۸ |
| ۴ درصد درشت | | ۶/۷۵ | ۷/۸۳a | ۲/۱۵c | ۵/۷۰ | ۶/۱۲a | ۶/۳۲ |
| SEM | | ۰/۳۳۹ | ۰/۲۹۵ | ۰/۰۸۹ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۴۱ | ۰/۱۱۹ |
| سطح پروتئین | | | | | | | |
| پروتئین نرمال | | ۶/۲۷ | ۷/۰۵ | ۲/۵۵ | ۵/۷۰ | ۶/۰۹ | ۶/۳۸ |
| پروتئین کمتر | | ۶/۴۴ | ۷/۴۴ | ۲/۴۷ | ۵/۷۳ | ۶/۰۱ | ۶/۲۹ |
| SEM | | ۰/۲۷۶ | ۰/۲۴۱ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۳۴ | ۰/۰۹۷ |
| پوسته آفتابگردان | پروتئین | | | | | | |

Preproof Article

DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999 مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بدون پوسته | پروتئین نرمال | ۶/۰۰ | ۶/۵۰ | ۲/۹۰ | ۵/۶۷ | ۶/۰۲ | ۶/۲۷ |
| | پروتئین کمتر | ۶/۱۶ | ۷/۰۰ | ۲/۸۰ | ۵/۷۰ | ۵/۸۲ | ۶/۱۲ |
| ۴ درصد ریز | پروتئین نرمال | ۶/۱۶ | ۶/۸۳ | ۲/۲۰ | ۵/۷۲ | ۶/۱۰ | ۶/۳۲ |
| | پروتئین کمتر | ۶/۳۳ | ۷/۵۰ | ۲/۱۰ | ۵/۸۰ | ۶/۱۲ | ۶/۳۳ |
| ۴ درصد درشت | پروتئین نرمال | ۶/۶۶ | ۷/۸۳ | ۲/۵۷ | ۵/۷۲ | ۶/۱۵ | ۶/۵۵ |
| | پروتئین کمتر | ۶/۸۳ | ۷/۸۳ | ۲/۵۲ | ۵/۷۱ | ۶/۱۰ | ۶/۴۲ |
| SEM | | ۰/۴۷ | ۰/۴۱۸ | ۰/۱۲۵ | ۰/۰۴۶ | ۰/۰۵۹ | ۰/۱۶۹ |
| P value | | | | | | | |
| سطح پوسته آفتابگردان | | ۰/۳۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۲۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۲۶ |
| سطح پروتئین | | ۰/۶۷ | ۰/۲۶ | ۰/۴۲ | ۰/۳۹ | ۰/۱۳ | ۰/۵۱ |
| پوسته آفتابگردان × پروتئین | | ۰/۹۷ | ۰/۷۱ | ۰/۹۷ | ۰/۷۱ | ۰/۱۸ | ۰/۸۹ |

SEM (خطای استاندارد میانگین‌ها) ، تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

تاثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن نسبی پر و طول قسمت‌های مختلف روده کوچک جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی، در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که افزودن پوسته درشت موجب افزایش طول دئودنوم نسبت به سایر تیمارها گردید(P<۰/۰۵). جیره حاوی پروتئین کم، طول دئودنوم بیشتری نسبت به جیره‌های با پروتئین نرمال نشان دادند(P<۰/۰۵).

جدول ۶. تأثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین خام بر وزن نسبی پر (درصدی از وزن زنده بدن) و طول(سانتی متر ) قسمت‌های مختلف روده کوچک جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی.

| متغیر | | وزن (درصدی از وزن زنده بدن) | | | طول (درصدی از وزن زنده بدن) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | دئودنوم | ژژنوم | ایلئوم | سکوم | دئودنوم | ژژنوم | ایلئوم | سکوم |
| سطح پوسته آفتابگردان (درصد) | | | | | | | | | |
| بدون پوسته | | ۰/۵۳ | ۱/۹۵ | ۱/۵۸ | ۰/۸۴ | ۱/۲۱ | ۳/۳۸$^{a}$ | ۳/۴۸$^{a}$ | ۱/۵۸$^{ab}$ |
| ۴ درصد ریز | | ۰/۵۱ | ۲/۰۸ | ۱/۶۵ | ۰/۸۵ | ۱/۰۷ | ۲/۷۵$^{b}$ | ۲/۷۶$^{b}$ | ۱/۴۲$^{b}$ |
| ۴ درصد درشت | | ۰/۵۰ | ۱/۹۶ | ۱/۵۸ | ۰/۹۴ | ۱/۱۴ | ۲/۵۵$^{b}$ | ۲/۶۷$^{b}$ | ۱/۸۳$^{a}$ |
| SEM | | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۷۲ | ۰/۱۷۵ | ۰/۱۴۵ | ۰/۱۰ |
| سطح پروتئین | | | | | | | | | |
| پروتئین نرمال | | ۰/۵۲ | ۱/۹۶ | ۱/۶۵ | ۰/۸۶ | ۱/۱۲ | ۲/۹۴ | ۳/۱۱ | ۱/۵۴ |
| پروتئین کمتر | | ۰/۵۰ | ۲/۰۲ | ۱/۵۶ | ۰/۹۰ | ۱/۱۴ | ۲/۸۵ | ۲/۸۳ | ۱/۶۸ |
| SEM | | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۵۹ | ۰/۱۴۳ | ۰/۱۱۹ | ۰/۰۸۷ |
| پوسته آفتابگردان | پروتئین | | | | | | | | |
| بدون پوسته | پروتئین نرمال | ۰/۵۲ | ۱/۸۰ | ۱/۴۹ | ۰/۸۰ | ۱/۱۲ | ۳/۱۶ | ۳/۴۸ | ۱/۷۵ |
| | پروتئین کمتر | ۰/۵۳ | ۲/۰۹ | ۱/۶۸ | ۰/۸۸ | ۱/۲۷ | ۳/۵۹ | ۳/۴۷ | ۱/۹۰ |
| ۴ درصد ریز | پروتئین نرمال | ۰/۵۳ | ۲/۱۲ | ۱/۷۷ | ۰/۸۰ | ۱/۰۸ | ۲/۸۱ | ۲/۸۹ | ۱/۳۳ |

Preproof Article

DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999 مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | پروتئین کمتر | ۰/۴۸ | ۲/۰۴ | ۱/۵۲ | ۰/۹۰ | ۱/۰۷ | ۲/۷۰ | ۲/۶۴ | ۱/۵۲ |
| ۴ درصد | پروتئین نرمال | ۰/۵۲ | ۱/۹۶ | ۱/۶۹ | ۰/۹۷ | ۱/۱۸ | ۲/۸۵ | ۲/۹۷ | ۱/۵۶ |
| درشت | پروتئین کمتر | ۰/۴۸ | ۱/۹۴ | ۱/۴۸ | ۰/۹۱ | ۱/۱۰ | ۲/۲۶ | ۲/۳۸ | ۱/۶۰ |
| SEM | | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۴ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۲۳ | ۰/۱۰۳ | ۰/۲۴۷ | ۰/۲۰۶ | ۰/۱۵۰ |
| P value | | | | | | | | | |
| سطح پوسته آفتابگردان | | ۰/۴۶ | ۰/۲۰ | ۰/۸۱ | ۰/۱۸ | ۰/۴۸ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۰۸ | ۰/۰۳۸ |
| سطح پروتئین | | ۰/۱۳ | ۰/۳۹ | ۰/۳۲ | ۰/۳۸ | ۰/۹۶ | ۰/۶۶ | ۰/۱۰ | ۰/۲۹ |
| پوسته آفتابگردان × پروتئین | | ۰/۳۴ | ۰/۰۷ | ۰/۱۲ | ۰/۲۷ | ۰/۶۵ | ۰/۱۴ | ۰/۳۶ | ۰/۸۸ |

SEM (خطای استاندارد میانگین‌ها) ، تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ستون معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

## بحث و نتیجه گیری

عملکرد رشد

افزایش مقدار متوسط خوراک مصرفی روزانه در تیمارهای حاوی پوسته احتمالا مربوط به بالا بودن سطح لیگنین و سلولز باشد، زیرا سبب افزایش نرخ عبور شیرابه هضمی از مجرای گوارش و در نهایت افزایش مصرف خوراک گردید (۹). همچنین بالا بودن مصرف خوراک در این تیمارها می‌تواند تابعی از افزایش حجم دستگاه گوارش باشد (۱۲). می‌توان گفت فیبر بالا افزایش وزن را به‌طور نسبی احتمالاً از طریق مصرف خوراک بیشتر در آن پرندگان افزایش می‌دهد(۱۸). به طور مشابه، گنجاندن پوسته جو دوسر یا تفاله چغندر قند موجب افزایش وزن بدن گردید (۱۶). محققان هنگامی که جیره پایه را با ۵ درصد پوسته جو دو سر، پوسته برنج یا پوسته آفتابگردان رقیق کردند، مصرف خوراک بالاتر و ضریب تبدیل خوراک بهتر در جوجه‌های گوشتی گزارش دادند که مطابق یافته‌های حاضر می‌باشد (۱۵). در مطالعه‌ای اندازه ذرات منبع فیبر بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در هیچ یک از دوره‌های مورد مطالعه تأثیری نداشت که با دوره پایانی و کل دوره در پژوهش حاضر مطابقت دارد (۲۶). در پژوهش دیگری، افزودن پوستهٔ جو دوسر به میزان سه درصد در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک شد (۱۱).

ریخت شناسی روده کوچک

در تحقیق حاضر با افزودن پوسته درشت به جیره، ارتفاع پرز در دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم افزایش یافت. این ممکن است با افزایش حرکات دودی ناشی از حضور ذرات فیبر درشت که منجر به افزایش رشد پرزها می‌شود همراه باشد (۲۹).

محققان دریافتند که تیمار ۴ درصد پوسته سویا با ذرات درشت باعث افزایش ارتفاع پرزهای دئودنوم در مقایسه با گروهی شد که ۸ درصد سلولز با ذرات ریز تغذیه کردند (۴۰). نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت، نشان‌دهنده پتانسیل هضمی روده کوچک است و نسبت بالاتر این دو، بهبود وضعیت مخاط روده را نشان می‌دهد. بنابراین، افزایش این شاخص در دئودنوم پرندگانی که با فیبر نامحلول تغذیه شده‌اند، می‌تواند به عنوان دلیلی برای بهبود افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در آنها مطرح شود. همچنین، ذرات درشت خوراک یا فیبر نامحلول بر طول پرزها و نسبت طول پرز به عمق کریپت تأثیرگذار بوده و با افزایش این پارامترها، هضم، جذب و نگهداری مواد مغذی در روده کوچک بهبود یافته است. این امر در نهایت به بهبود کارایی استفاده از مواد مغذی، رشد بهتر پرنده منجر شده است (۳۱). در آزمایش حاضر نیز، ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در

Preproof Article

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳ DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999

دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم پرندگانی که با جیره‌های حاوی ذرات درشت‌تر تغذیه شده بودند، افزایش یافت. در تحقیق (۴۰)، استفاده از ۴ درصد پوسته سویا با ذرات درشت منجر به افزایش ارتفاع پرزهای دوازدهه نسبت به گروهی که با ۸ درصد سلولز با ذرات ریز تغذیه شده بودند، گردید. این یافته‌ها با نتایج حاضر در ارتفاع پرز و هچنین با نتایج عملکرد نیز همخوانی دارد. در توافق با نتایج حاضر، در پژوهشی، افزودن ۰/۵ درصد فیبر نامحلول میکرونیزه شده موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک شده و وزن بدن و نسبت ارتفاع پرزهای روده به عمق کریپت را افزایش داد (۲۶). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، در مطالعه‌ای طول پرزهای دوازدهه جوجه‌های گوشتی با تغذیهٔ جیره مکمل شده با پوستهٔ برنج و تفاله چغندرقند به میزان سه درصد، در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت و این افزایش در تیمار پوستهٔ برنج بیش‌تر از جیرهٔ حاوی تفاله چغندر بود (۲۸).

در آزمایشی مشاهده شد که وجود ذرات ریز به شکل سلولز نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت را در دوازدهه کاهش می‌دهد که نشان دهنده کاهش عملکرد دوازدهه است و با نتایج حاضر در تضاد است و به نظر می‌رسد این اختلاف مربوط به نوع و سطح فیبر مورد استفاده باشد. با افزودن پوسته درشت به جیره، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ژژنوم و ایلئوم نسبت به تیمار بدون پوسته و پوسته ریز افزایش یافت (P<۰/۰۵). نوع فیبر، اندازه ذرات و سطوح گنجاندن بر ریخت شناسی روده، گرانروی و بیان ناقل مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی تأثیر می‌گذارد (۴۰). این تفاوت‌های مرتبط با میزان گنجاندن را می‌توان به تأثیر ساینده‌گی بیش از حد فیبر نسبت داد. افزودن سطوح بالای پوسته سویا به جیره غذایی موجب کاهش ارتفاع پرز می‌شود، همان‌طور که سایر محققان در بررسی انواع دیگر فیبر نیز مشاهده کرده‌اند (۴۰).

پاسخ ایمنی

بر اساس یافته‌های به‌دست‌آمده، اضافه کردن پوسته آفتابگردان به جیره غذایی موجب افزایش میزان آنتی‌بادی‌های ثانویه شده است. شایان ذکر است که روش HI تنها قادر به اندازه‌گیری تیتر کلی آنتی‌بادی‌ها است که در جوجه‌ها بیشتر شامل IgY می‌باشد و نمی‌تواند تفاوت بین ایزوتایپ‌های مختلف آنتی‌بادی همچون IgM و IgY را تشخیص دهد. بافت پوششی روده به‌عنوان نخستین سد دفاعی در برابر عوامل بیماری‌زا عمل کرده و نقشی حیاتی در ارتباط میان جمعیت میکروبی روده و بافت‌های لنفاوی مرتبط با دستگاه گوارش ایفا می‌کند. این ارتباط به حفظ سلامت سیستم ایمنی و ارتقای عملکرد کلی دستگاه گوارش کمک شایانی می‌نماید. بدین ترتیب، اهمیت تغذیه مناسب و انتخاب هوشمندانه مواد غذایی در تقویت سیستم ایمنی و بهبود عملکرد روده کاملاً مشهود است (۶). تأثیر فیبر نامحلول بر جنبه‌های مرتبط با ایمنی، عمدتاً به توانایی آن در ایجاد تعادل و تعامل میان میکروفلور همزیست و بافت لنفاوی روده مرتبط می‌شود؛ مکانیسمی که به عنوان دفاع اصلی بدن در برابر عوامل بیماری‌زای خارجی شناخته می‌شود. به نظر می‌رسد فیبر نامحلول با ارتقای بلوغ موسین، مسیر کلونیزاسیون باکتری‌های مفید را فراهم می‌کند؛ باکتری‌هایی که می‌توانند موجب تقویت ایمنی اکتسابی شوند (۳۰)..

در یک بررسی، مشخص شد که استفاده از فیبر نامحلول موجود در پوسته برنج تأثیری بر میزان تولید پادتن علیه گلبول قرمز گوسفند ندارد .اما، به کارگیری فیبر نامحلول حاصل از تفاله چغندر قند موجب افزایش سطح تولید پادتن علیه گلبول قرمز گوسفند گردید.

(۲۷). این موضوع به توانایی تخمیر فیبرهای نامحلول و تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، همراه با خاصیت ضدباکتریایی این اسیدهای چرب در مقابله با عوامل بیماری‌زا ارتباط دارد (۴۱). پژوهشگران اعلام کرده‌اند که جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی فیبر، از پاسخ ایمنی بهتری برخوردار هستند .این تأثیر ممکن است ناشی از اثرات مثبت این نوع جیره‌ها بر میکروفلور روده باشد. همچنین اشاره شده که جوجه‌های گوشتی احتمالاً به منابع فیبری اضافی برای بهبود سیستم ایمنی خود

Preproof Article

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳ DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999

علاقه نشان می‌دهند .علاوه بر این، اصطکاک ایجاد شده توسط فیبرهای نامحلول در جیره غذایی می‌تواند به حذف باکتری‌های بیماری‌زا از طریق لایه مخاطی روده کوچک کمک کند (۲۰).

بین میکروفلور روده و واکنش‌های ایمنی در جوجه‌های گوشتی ارتباط معناداری وجود دارد. اندازه‌گیری آنتی‌بادی به عنوان یک ابزار مؤثر برای ارزیابی پاسخ‌های ایمنی هومورال در این پرندگان کاربرد دارد، زیرا میزان حساسیت جوجه‌های گوشتی به بیماری‌ها تحت تأثیر سطح پادتن موجود در خون آنها قرار می‌گیرد (۲۲). در مطالعه‌ای دیگر، اضافه کردن۳ درصد پوسته برنج به جیره جوجه‌های گوشتی باعث بهبود پاسخ‌های ایمنی هومورال شد (۲۸). پوسته برنج و پوسته آفتابگردان از نظر ترکیب شیمیایی یکسان نیستند و نمی‌توان نتایج آن‌ها را کاملاً معادل دانست. با این حال، هدف ما از اشاره به نتایج مطالعات مربوط به پوسته برنج، صرفاً مقایسه غیرمستقیم در چارچوب اثرات کلی فیبر نامحلول بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و ایمنی بوده است.

اسیدیته دستگاه گوارش

افزودن پوسته درشت به جیره میزان اسیدیته سنگدان را نسبت به تیمارهای شاهد و با پوسته ریز را کاهش داد. در پژوهشی ذرات درشت پوسته جو به طور قابل توجهی اسیدیته محتوای سنگدان را کاهش داد (۱۴). نتایج حاضر مطابق با پژوهش (۱۵) بود. اسیدیته محتویات سنگدان با افزودن پوسته جو درشت به طور قابل توجهی در مقایسه با ذرات ریز کمتر است (۲۷) که مشابه نتایج حاضر بود. تجمع اجزای ساختاری مانند پوسته جو دوسر یا ذرات خوراک درشت، فعالیت سنگدان را تحریک می کند (۱۶، ۳۸). این تحریک عملکرد گوارشی سنگدان را بهبود می‌بخشد، بازگشت مواد گوارشی بین پیش معده و دئودنوم را افزایش می‌دهد و در نتیجه هضم را دوباره در معرض اسیدکلریدریک و پپسین قرار می‌دهد (۳۷). علاوه بر این، کاهش اسیدیته سنگدان از ورود باکتری‌های مضر به روده کوچک جلوگیری می کند، بنابراین، سنگدان با عملکرد خوب نه تنها به عنوان یک مانع در برابر عوامل بیماری‌زا عمل می‌کند (۳۵) بلکه ممکن است باعث ارتقاء رشد میکروبیوتای مفید نیز شود (۱) . محققین گزارش دادند که سنگدان، حرکت و ترشحات اسیدی و آنزیمی را کنترل می‌کند. یکی از پیامدهای افزایش ترشح اسید، کاهش اسیدیته سنگدان است که می‌تواند به هضم مواد مغذی کمک کند (۹). ذرات فیبر نامحلول، به ویژه ذرات درشت، سنگدان را تحریک می‌کند تا همه ذرات را قبل از انتقال به دوازدهه خرد کند (۵). حرکت سنگدان اندازه ذرات موجود در خوراک را کاهش می‌دهد که باعث افزایش سطح برای واکنش‌های آنزیمی می‌شود. منابع فیبر نامحلول، مانند پوسته جو، فعالیت سنگدان را تحریک می‌کند و اسیدیته سنگدان را در مقایسه با منابع فیبر محلول کاهش می‌دهد (۱۱). در توافق با نتایج حاضر، در تحقیقی، میزان اسیدیته در بخش‌های انتهایی دستگاه گوارش مانند ژژنوم و ایلئوم با افزایش همراه بود، که نشان دهنده افزایش ترشح نمک‌های صفراوی در جوجه‌هایی بود که با جیره‌های حاوی پوسته جو تغذیه شده بودند (۱۶).

خصوصیات دستگاه گوارش

در تضاد با نتایج حاضر، برخی از مطالعات همبستگی مثبتی را بین سطح پروتئین خام جیره غذایی و طول روده نشان داده‌اند. به عنوان مثال، محققان مشاهده کردند که جوجه‌های گوشتی که با جیره حاوی ۲۴ درصد پروتئین خام تغذیه می‌شوند، سکوم طولانی‌تری نسبت به جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره حاوی ۱۸ درصد پروتئین خام دارند (۳۲). پژوهشگران مشاهده کردند که طول روده جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۱۶، ۲۰ و ۲۴ درصد پروتئین خام تفاوت معنی‌داری نداشت (۲۱). تفاوت در نتایج این مطالعات ممکن است به دلیل عوامل مختلفی از جمله نژاد جوجه، سن جوجه، و سطح کاهش پروتئین خام باشد. در پژوهشی، افزودن ۶ درصد تراشه چوب به جیره جوجه‌های گوشتی بررسی شد و وزن‌های نسبی ژژنوم، ایلئوم و روده کوچک تحت تأثیر نوع تغذیه قرار گرفتند. به طور کلی، وزن نسبی این نواحی در پرندگانی که از تراشه‌های چوب

Preproof Article

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳ DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999

استفاده کرده‌اند، نسبت به پرندگانی که جیره گندم کامل مصرف کرده‌اند، کمتر بود (۴). در توافق با نتایج حاضر، افزودن ۳ درصد پوسته جو دو سر و پوسته سویا منجر به افزایش طول روده کوچک جوجه‌های گوشتی شد (۱۰). برخلاف نتایج حاضر، محققان گزارش کردند که سطوح بالاتر پروتئین جیره می‌تواند وزن و به طبع آن طول دوازدهه را افزایش دهد و افزایش وزن بدن را در جوجه‌های گوشتی جوان بهبود بخشد (۴۵). مطابق با تحقیق حاضر، طول کل روده کوچک بوقلمون‌ها در سن ۱۱ تا ۱۴ هفته با مصرف بالای فیبر افزایش یافت (۳۶). در یک مطالعه بر روی جوجه‌های گوشتی، جیره‌های غذایی با محتوای پروتئین خام کمتر (۲۰ درصد)، طول ایلئوم و طول روده کوچک بیشتری نسبت به جیره‌های با پروتئین نرمال (۲۳درصد) نشان دادند (۲۴) که در توافق با نتیجه تحقیق حاضر می‌باشد. افزودن پوسته درشت آفتابگردان در جیره جوجه‌های گوشتی، ممکن است از طریق تغییر میکرو فلور روده، موجب افزایش طول سکوم جوجه‌های گوشتی گردد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر جیره‌های کم پروتئین بر افزایش طول دوازدهه، اضافه کردن اسیدهای آمینه به این جیره‌ها برای جوجه‌های گوشتی می‌تواند به بهبود رشد و توسعه دستگاه گوارش، از جمله افزایش طول روده، کمک کند. اسیدهای آمینه شاخه‌دار مانند لوسین، ایزولوسین و والین نقش مهمی در توسعه و عملکرد طبیعی دستگاه گوارش دارند. اسیدهای آمینه شاخه‌دار می‌توانند به‌عنوان سوخت برای سلول‌های مخاطی روده عمل کرده و در فرآیندهای متابولیکی مؤثر باشند. این اسیدهای آمینه از طریق ترانس‌آمیناسیون می‌توانند به گلوتامات و آسپارتات تبدیل شوند که سوخت اصلی سلول‌های مخاطی روده در جذب و انتقال مواد مغذی هستند (۱۹). شاید بتوان دلیل افزایش طول دوازدهه در پرندگان تغذیه شده با پروتئین کم را به اثرات اسیدهای آمینه مکمل شده در جیره نسبت داد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که افزودن پوسته آفتابگردان به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی، به ویژه به صورت ذرات درشت، تأثیرات مثبتی بر عملکرد رشد، ریخت‌شناسی روده، وضعیت ایمنی و اسیدیته دستگاه گوارش دارد. افزایش مصرف خوراک، بهبود ضریب تبدیل غذایی، افزایش ارتفاع پرزها و نسبت پرز به عمق کریپت در بخش‌های مختلف روده، تقویت پاسخ ایمنی هومورال و کاهش اسیدیته سنگدان از جمله شاخص‌های مثبت مشاهده شده بودند. این تغییرات احتمالاً به دلیل نقش فیزیکی و فیزیولوژیکی فیبرهای نامحلول در تحریک حرکات دودی روده، بهبود هضم و جذب مواد مغذی، و تقویت تعاملات میکروبی و ایمنی در دستگاه گوارش پرندگان است. بنابراین، استفاده از پوسته آفتابگردان در جیره می‌تواند به عنوان یک راهبرد تغذیه‌ای مؤثر برای ارتقاء سلامت و کارایی پرورش طیور در نظر گرفته شود.

## سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان بخاطر حمایت مالی از تحقیق قدردانی بعمل می آید.

## منابع

1. Adewole, D. and Akinyemi, F., 2021. Gut microbiota dynamics, growth performance, and gut morphology in broiler chickens fed diets varying in energy density with or without bacitracin methylene disalicylate (Bmd). Microorganisms, 9(4), p.787.
2. Akhavan-Salamat, H. and Ghasemi, H.A., 2019. Effect of different sources and contents of zinc on growth performance, carcass characteristics, humoral immunity and antioxidant status of broiler chickens exposed to high environmental temperatures. Livestock science, 223, pp.76-83.

Preproof Article

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳ DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999


3. Aletor, V.A., Hamid, I.I., Niess, E. and Pfeffer, E., 2000. Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition and efficiencies of nutrient utilisation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80(5), pp.547-554.
4. Amerah, A.M. and Ravindran, V., 2009. Influence of particle size and microbial phytase supplementation on the performance, nutrient utilisation and digestive tract parameters of broiler starters. Animal Production Science, 49(8), pp.704-710.
5. Amerah, A.M., Ravindran, V., Lentle, R.G. and Thomas, D.G., 2008. Influence of feed particle size on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters fed wheat-and corn-based diets. Poultry science, 87(11), pp.2320-2328.
6. Bao, Y.M. and Choct, M., 2010. Dietary NSP nutrition and intestinal immune system for broiler chickens. World's Poultry Science Journal, 66(3), pp.511-518.
7. Buwjoom, T., Yamauchi, K., Erikawa, T. and Goto, H., 2010. Histological intestinal alterations in chickens fed low protein diet. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 94(3), pp.354-361.
8. Donadelli, R.A., Stone, D.A., Aldrich, C.G. and Beyer, R.S., 2019. Effect of fiber source and particle size on chick performance and nutrient utilization. Poultry science, 98(11), pp.5820-5830.
9. González-Alvarado, J.M., Jiménez-Moreno, E., González-Sánchez, D., Lázaro, R. and Mateos, G.G., 2010. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. Animal feed science and technology, 162(1-2), pp.37-46.
10. González-Alvarado, J.M., Jiménez-Moreno, E., Lázaro, R. and Mateos, G.G., 2007. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. Poultry science, 86(8), pp.1705-1715.
11. González-Alvarado, J.M., Jiménez-Moreno, E., Valencia, D.G., Lázaro, R. and Mateos, G.G., 2008. Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. Poultry Science, 87(9), pp.1779-1795.
12. Hetland, H., Choct, M. and Svihus, B., 2004. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. World's Poultry Science Journal, 60(4), pp.415-422.
13. Iji, P.A., Saki, A. and Tivey, D.R., 2001. Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 2. Development and characteristics of intestinal enzymes. British Poultry Science, 42(4), pp.514-522.
14. Itani, K., Apajalahti, J., Smith, A., Ghimire, S. and Svihus, B., 2024. The effect of increasing the level of oat hulls, extent of grinding and their interaction on the performance, gizzard characteristics and gut health of broiler chickens fed oat-based pelleted diets. Animal Feed Science and Technology, 308, p.115858.
15. Jiménez-Moreno, E., Frikha, M., de Coca-Sinova, A., García, J. and Mateos, G.G., 2013. Oat hulls and sugar beet pulp in diets for broilers 1. Effects on growth performance and nutrient digestibility. Animal Feed Science and Technology, 182(1-4), pp.33-43.
16. Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J.M., de Coca-Sinova, A., Lázaro, R. and Mateos, G.G., 2009. Effects of source of fibre on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers. Animal Feed Science and Technology, 154(1-2), pp.93-101.
17. Kheravii, S.K., Morgan, N.K., Swick, R.A., Choct, M. and Wu, S.B., 2018. Roles of dietary fibre and ingredient particle size in broiler nutrition. World's Poultry Science Journal, 74(2), pp.301-316.
18. Lin, Y. and Olukosi, O.A., 2021. Qualitative and quantitative profiles of jejunal oligosaccharides and cecal short-chain fatty acids in broiler chickens receiving different dietary levels of fiber, protein and exogenous enzymes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(12), pp.5190-5201.
19. Macelline, S.P., Wickramasuriya, S.S., Cho, H.M., Kim, E., Shin, T.K., Hong, J.S., Kim, J.C., Pluske, J.R., Choi, H.J., Hong, Y.G. and Heo, J.M., 2020. Broilers fed a low protein diet supplemented with synthetic amino acids-maintained growth performance and retained intestinal integrity while reducing nitrogen excretion when raised under poor sanitary conditions. Poultry science, 99(2), pp.949-958.
20. Mateos, G.G., Jiménez-Moreno, E., Serrano, M.P. and Lázaro, R.P., 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. Journal of Applied Poultry Research, 21(1), pp.156-174.


Preproof Article

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳ DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999

21. Murda, L.M., Židaník, Š. and Levkut, L. (2011) 'Effect of dietary protein content on growth performance, blood parameters, and carcass characteristics of broiler chickens', Acta Veterinaria Hungarica, 59, pp. 547–556.

22. Parmentier, H.K., Lammers, A., Hoekman, J.J., Reilingh, G.D.V., Zaanen, I.T. and Savelkoul, H.F., 2004. Different levels of natural antibodies in chickens divergently selected for specific antibody responses. Developmental & Comparative Immunology, 28(1), pp.39-49.

23. Peterson, A.L., Qureshi, M.A., Ferket, P.R. and Fuller, J.C., 1999. Enhancement of cellular and humoral immunity in young broilers by the dietary supplementation of β-hydroxy-β-methylbutyrate. Immunopharmacology and immunotoxicology, 21(2), pp.307-330.

24. Pourazadi, Z., Salari, S., Tabandeh, M.R. and Abdollahi, M.R., 2020. Effect of particle size of insoluble fibre on growth performance, apparent ileal digestibility and caecal microbial population in broiler chickens fed barley-containing diets. British Poultry Science, 61(6), pp.734-745.

25. Ratriyanto, A. and Sunarto, S., 2020. Small Intestine Characteristics and Nutrient Retention in Broiler Chickens Submitted to Different Protein Regimes and Betaine Supplementation. Buletin Peternakan, 44(1), pp.15-21.

26. Rezaei, M., Torshizi, M.K. and Rouzbehan, Y., 2011. The influence of different levels of micronized insoluble fiber on broiler performance and litter moisture. Poultry Science, 90(9), pp.2008-2012.

27. Saadatmand, N., Toghyani, M. and Gheisari, A., 2019. Effects of dietary fiber and threonine on performance, intestinal morphology and immune responses in broiler chickens. Animal Nutrition, 5(3), pp.248-255.

28. Sabour, S., Tabeidian, S.A. and Sadeghi, G., 2019. Dietary organic acid and fiber sources affect performance, intestinal morphology, immune responses and gut microflora in broilers. Animal Nutrition, 5(2), pp.156-162.

29. Sacranie, A., Svihus, B., Denstadli, V., Moen, B., Iji, P.A. and Choct, M., 2012. The effect of insoluble fiber and intermittent feeding on gizzard development, gut motility, and performance of broiler chickens. Poultry science, 91(3), pp.693-700.

30. Sadeghi, A., Toghyani, M. and Gheisari, A., 2015. Effect of various fiber types and choice feeding of fiber on performance, gut development, humoral immunity, and fiber preference in broiler chicks. Poultry Science, 94(11), pp.2734-2743.

31. Sarikhan, M., Shahryar, H.A., Gholizadeh, B., Hosseinzadeh, M.H., Beheshti, B. and Mahmoodnejad, A., 2010. Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males.

32. Serivas, M.., Silva, J.C. & Leitao, M.N. (2007) Effect of dietary protein level on growth performance and digestive tract development of broiler chickens, Poultry Science, 86(11), pp. 2465-2472.

33. Shira, E.B., Sklan, D. and Friedman, A., 2005. Impaired immune responses in broiler hatchling hindgut following delayed access to feed. Veterinary immunology and immunopathology, 105(1-2), pp.33-45.

34. Sigolo, S., Zohrabi, Z., Gallo, A., Seidavi, A. and Prandini, A., 2017. Effect of a low crude protein diet supplemented with different levels of threonine on growth performance, carcass traits, blood parameters, and immune responses of growing broilers. Poultry Science, 96(8), pp.2751-2760.

35. Singh, Y., Molan, A.L. and Ravindran, V., 2019. Influence of the method of whole wheat inclusion on performance and caecal microbiota profile of broiler chickens. Journal of Applied Animal Nutrition, 7, p.e4.

36. Sklan, D., Smirnov, A. and Plavnik, I., 2003. The effect of dietary fibre on the small intestines and apparent digestion in the turkey. British poultry science, 44(5), pp.735-740.

37. Svihus, B., 2011. The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. World's Poultry Science Journal, 67(2), pp.207-224.

38. Svihus, B., Kløvstad, K.H., Perez, V., Zimonja, O., Sahlström, S., Schüller, R.B., Jeksrud, W.K. 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. Animal feed science and technology, 117(3-4), pp.281-293.

39. Swatson, H.K., Gous, R., Iji, P.A. and Zarrinkalam, R., 2002. Effect of dietary protein level, amino acid balance and feeding level on growth, gastrointestinal tract, and mucosal structure of the small intestine in broiler chickens. Animal Research, 51(6), pp.501-515.

Preprint Article

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳ DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999

40. Tejeda, O.J. and Kim, W.K., 2020. The effects of cellulose and soybean hulls as sources of dietary fiber on the growth performance, organ growth, gut histomorphology, and nutrient digestibility of broiler chickens. Poultry Science, 99(12), pp.6828-6836.

41. van der Wielen, P.W., Biesterveld, S., Notermans, S., Hofstra, H., Urlings, B.A. and van Knapen, F., 2000. Role of volatile fatty acids in development of the cecal microflora in broiler chickens during growth. Applied and environmental microbiology, 66(6), pp.2536-2540.

42. Van Soest, P.V., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of dairy science, 74(10), pp.3583-3597.

43. Wang, J.X. and Peng, K.M., 2008. Developmental morphology of the small intestine of African ostrich chicks. Poultry science, 87(12), pp.2629-2635.

44. Wegmann, T.G. and Smithies, O., 1966. A simple hemagglutination system requiring small amounts of red cells and antibodies. Transfusion, 6(1), pp.67-73.

45. Wijtten, P.J.A., Hangoor, E., Sparla, J.K.W.M. and Verstegen, M.W.A., 2010. Dietary amino acid levels and feed restriction affect small intestinal development, mortality, and weight gain of male broilers. Poultry Science, 89(7), pp.1424-1439.

46. Zaefarian, F., Abdollahi, M.R. and Ravindran, V., 2016. Particle size and feed form in broiler diets: impact on gastrointestinal tract development and gut health. World's Poultry Science Journal, 72(2), pp.277-290.

# Effect of sunflower hulls with different particle sizes on growth performance, intestinal morphology, immunity response and intestinal characteristics of broiler chickens fed different levels of protein

N. Beigzadeh[1], S. Salari*[2], F. Zaefarian[3], Sh. Hosseinifar[4]

1- Former Ph.D. Student in Poultry Nutrition, Department of Animal Science, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
2- Professor, Department of Animal Science, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
3- Assistant Professor, Department of R&I in Monogastric Animal Nutrition, Adisseo France S.A.S, European Laboratory of Innovation Science Assistant Professor, & Expertise (ELISE), Saint Fons, France.
4- Assistant Professor, Department of basic science, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

*Corresponding author. Tel: +986136524351; E-mail address: S.Salari@asnrukh.ac.ir (Somayyeh Salari).

Proof of Article

## Abstract

This study was conducted to investigate the effects of sunflower hull particle size in broiler diets with different protein levels on growth performance, small intestinal morphology, immune response, as well as the weight, length, and pH of different small intestinal segments. Sunflower hulls, as a by-product of sunflower seed processing, were used in the experiment. The dry matter, ash, crude protein, crude fiber, and ether extract content of the sunflower hulls were determined using standard methods (AOAC, 2000). A total of 360 Ross 308 broiler chicks were used in a 2 × 3 factorial arrangement based on a completely randomized design. The trial was conducted from 1 to 42 days of age with six dietary treatments and six replicates per treatment (10 mixed-sex birds per replicate). Treatments included three levels of sunflower hull

مقاله پژوهشی، صفحات ۱۸۰-۱۶۳ DOI: 10.22034/jar.2025.8649.1999

inclusion (0%, 4% with 1-mm particles, and 4% with 5-mm particles) combined with two dietary crude protein levels (normal and 10% reduced). Results showed that inclusion of 4% sunflower hulls, particularly in coarse form, improved feed intake, body weight gain, intestinal histomorphology (villus height and villus height to crypt depth ratio), and immune response at the end of the rearing period. Additionally, coarse sunflower hulls reduced gizzard pH, and in combination with reduced dietary protein level, increased duodenum length. In conclusion, sunflower hulls, especially in coarse form, can be used as an effective insoluble fiber to improve growth performance, intestinal structure, and immune function in broiler chickens.

**Key words:** Broiler chickens, Growth performance, Intestinal histomorphology, Gizzard pH, Dietary protein

Preproof Article