



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Evaluation of replacing hydrolyzed poultry by-product powder with fish meal on growth, body composition, and intestinal histomorphometry of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*

Faeghe Habibzadeh Ostad Kalayeh ¹, Zahra Basir ^{2,*}, Rahim Peyghan ³, Rahim Abdi ⁴

¹ Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

² Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

³ Department of Livestock, Poultry and Aquatic Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, and Member of Excellence Center of Warm Water Fish Health, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

⁴ Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2025/07/4

Revised: 2025/12/23

Accepted: 2025/12/6

Keywords:

Poultry by-product,
Fish meal,
Histomorphometry,
Nile tilapia,

*Corresponding author:

✉ z.basir@scu.ac.ir

Doi: [10.52547/joc.16.63.4](https://doi.org/10.52547/joc.16.63.4)

ORID:0000-0001-8954-7253

ABSTRACT

Background and Objectives: Aquaculture production has increased steadily in recent years, and in a culture system, the highest cost component is feed. Therefore, farmers and scientists are trying to reduce costs and increase productivity acceptably by using cheaper alternative sources. Thus, in this study, the effect of replacing fish meal with hydrolyzed poultry waste powder on growth, body composition, and intestinal histometry in Nile tilapia was investigated.

Methods: For this purpose, 150 tilapia fish weighing 40-45 grams were randomly distributed into five treatments with three replications. The fish were fed three times a day for 8 weeks with different diets. During the experimental period, the control group fish were fed a commercial diet containing 30% protein from fish meal, and the treated fish were fed diets with different ratios of 5, 10, 15, and 20% from hydrolyzed chicken waste powder instead of fish meal. At the end of the period, growth indices, approximate carcass composition measurements, and histomorphometric tests on the intestines of the fish were measured.

Findings: Following the study, growth indices, carcass composition measurements, and histomorphometric tests were conducted on the fish intestines. In this experiment, the lowest growth indices and the highest changes were observed in the 20% fish meal replacement treatment compared to the control treatment. The results indicated that the feed conversion ratio, profit index, and protein efficiency ratio in the 15% replacement group surpassed those of all other groups. In terms of carcass composition, the highest levels of total protein and fat were recorded in the 15% replacement group. Histological examinations revealed no tissue destruction in the different groups compared to the control treatment; however, the 20% replacement group displayed slight infiltration of inflammatory cells and tissue destruction. On the other hand, histometric studies of intestinal villi in the 15% replacement group indicated increased length and width of the villi, suggesting improved nutrient absorption.

Conclusion: The results of this experiment show that it is possible to replace hydrolyzed poultry by-product powder with fish meal up to a maximum level of 15% in the Nile tilapia diet without negatively affecting growth performance, carcass composition, and intestinal histological parameters.



NUMBER OF TABLES

3



NUMBER OF FIGURES

5



NUMBER OF REFERENCES

37

مقاله پژوهشی (علوم دریایی)

ارزیابی جایگزینی پودر ضایعات مرغ هیدرولیزی بجای پودر ماهی بر رشد، ترکیب بدن و هیستومورفومتری روده تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*)فائقه حبیب زاده استاد کلايه^۱، زهرا بصير^{۲*}، رحيم پيغان^۳، رحيم عبيدي^۴^۱ گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران^۲ گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران^۳ گروه بهداشت دام، طیور و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران و عضو قطب بهداشت و بیماری‌های ماهیان گرمابی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران^۴ گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۴/۱۳ تاریخ بازبینی: ۱۴۰۴/۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۹/۱۵	پیشینه و اهداف: تولید آبی‌پروری در سال‌های اخیر به طور پیوسته افزایش یافته است و در یک سیستم پرورشی بالاترین بخش هزینه‌ها مربوط به تغذیه است. بنابراین پرورش‌دهندگان و دانشمندان در تلاش هستند تا با استفاده از منابع جایگزین ارزاتر، هزینه‌ها را کاهش و بهره‌وری را بصورت قابل قبول افزایش دهند. از این رو، در این مطالعه تأثیر جایگزینی پودر ضایعات مرغ هیدرولیزی به جای پودر ماهی بر رشد، ترکیب بدن و هیستومتری روده در ماهی تیلاپای نیل مورد بررسی قرار گرفت.
واژگان کلیدی: پودر ضایعات مرغ، پودر ماهی، هیستومورفومتری، تیلاپای نیل	روش‌ها: برای این منظور تعداد ۱۵۰ قطعه ماهی تیلاپای در محدوده وزن ۴۵-۴۰ گرم به طور تصادفی در پنج تیمار با سه تکرار توزیع شدند. ماهیان روزانه در سه نوبت و به مدت ۸ هفته توسط جیره‌های متفاوت تغذیه شدند. در طول دوره آزمایش ماهیان گروه کنترل از غذای تجاری حاوی ۳۰ درصد پروتئین حاصل از پودر ماهی و ماهیان تحت تیمار از جیره‌های غذایی با نسبت‌های مختلف ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد حاصل از پودر ضایعات مرغ هیدرولیزی بجای پودر ماهی تغذیه شدند. در پایان دوره شاخص‌های رشد، اندازه‌گیری ترکیبات تقریبی لاشه و آزمایشات هیستومورفومتری بر روده ماهیان مورد سنجش قرار گرفت.
*نویسنده مسئول ✉ z.basir@scu.ac.ir	یافته‌ها: در مطالعه حاضر کمترین شاخص‌های رشد و بیشترین تغییرات در تیمار ۲۰ درصد جایگزینی به جای پودر ماهی نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد و ضریب تبدیل غذایی، شاخص سود و میزان کارایی پروتئین در گروه با ۱۵ درصد جایگزینی از همه گروه‌ها بیشتر بود. همچنین از لحاظ ترکیبات لاشه بیشترین میزان پروتئین تام و چربی در گروه ۱۵ درصد جایگزینی دیده شد. در بررسی‌های بافت شناسی در گروه‌های مختلف نسبت به تیمار شاهد تخریب بافتی مشاهده نشد که نشان دهنده انتریت روده ای در ماهی باشد، اما در گروه با ۲۰٪ جایگزینی کمی نفوذ سلول‌های التهابی و تخریب بافتی مشاهده شد. از طرفی با بررسی‌های هیستومتری طول و عرض ویلی‌های روده در گروه با ۱۵٪ جایگزینی طول و عرض ویلی‌ها افزایش یافته بود که این مورد نشان دهنده افزایش جذب مواد غذایی است.
Doi: 10.52547/joc.16.63.4 ORID:0000-0001-8954-7253	نتیجه‌گیری: نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که امکان جایگزینی پودر ضایعات مرغ هیدرولیزی به جای پودر ماهی تا سطح حداکثر ۱۵ درصد در جیره غذایی ماهی تیلاپای نیل بدون تأثیر منفی بر عملکرد رشد، ترکیب لاشه و پارامترهای بافت شناسی روده وجود دارد.

مقدمه

ماهی‌ها و سایر آبزیان به عنوان یکی از مواد غذایی و پروتئین‌های حیاتی برای سلامت انسان شناخته می‌شوند. در سال‌های اخیر با پیشرفت‌های که در صنعت آبزی‌پروری کشور شاهد هستیم، تلاش‌های برای معرفی گونه‌های جدید ماهی انجام شده است. این گونه‌ها به واسطه مزایایی نظیر رشد سریع‌تر، مقاومت به بیماری‌ها، هزینه‌های کمتر در فرآیند پرورش و مقاومت به شوری، همه چیز خواری و دیگر جنبه‌های اقتصادی، به مزارع پرورشی اضافه شدند. در صنعت آبزی‌پروری مانند پرورش سایر دام‌ها، هزینه غذا و تغذیه نقش اساسی در پرورش دارد. تغذیه مناسب در آبزی‌پروری نه تنها برای دستیابی به نرخ رشد مطلوب، بلکه برای حفظ سلامت ماهیان پرورشی نیز، مهم است [1]. ماهی تیلاپیا متعلق به خانواده سیکلیده و از زیر راسته سوف ماهیان به شمار می‌رود. در حال حاضر، تکثیر و پرورش ماهی تیلاپیا در سراسر جهان به سرعت در حال گسترش است. این ویژگی‌ها باعث شده‌اند که تیلاپیا به گزینه‌ای ایده‌آل برای پرورش‌دهندگان ماهی تبدیل شود. در ایران نیز استان یزد به عنوان قطب تولید، تکثیر و پرورش ماهی تیلاپیا شناخته می‌شود و در سال ۱۴۰۲، ۵۵۰ تن تیلاپیا در این استان تولید شده است [2]. در بحث پرورش، ماهیان تیلاپیا همانند اکثر گونه‌های ماهیان در دوره جوانی نیاز به سطح بالای پروتئین در جیره غذایی خود دارند. در تحقیقات علمی نیازهای مختلف پروتئین خام در محدوده ۵۵-۳۰ درصد را برای رشد بهینه تیلاپیای جوان گزارش کرده‌اند. مطالعات میدانی نیز نشان می‌دهد که تیلاپیای بالغ هنگام استفاده از جیره‌های حاوی ۲۵-۳۵٪ پروتئین خام به خوبی رشد می‌کند [3]. در استخرهای خاکی با پلانکتون فراوان، جیره‌های حاوی ۲۵٪ پروتئین خام کافی است اما برای پرورش در قفس و مخازن آبی، جیره‌های حاوی ۳۵-۳۰٪ پروتئین خام مورد نیاز است [4]. جیره‌های حاوی سطوح بالاتری از پروتئین ارزش معناداری در افزایش رشد ندارند. بطور کلی سطوح توصیه شده پروتئین در جیره غذایی برای ماهیان جوان از ۴۵-۳۰٪ و برای ماهیان بزرگتر ۲۵-۳۰٪ است [5]. هزینه تامین غذا امروزه حدود ۶۰ درصد هزینه‌های یک سیستم پرورشی را به خود اختصاص می‌دهد و می‌توان بیان کرد که بالاترین بخش هزینه‌های آبزی‌پروری مربوط به تغذیه است. بنابراین پرورش‌دهندگان و دانشمندان در زمینه آبزی‌پروری با همکاری همدیگر در تلاش برای به دست آوردن یک جیره غذایی هستند که از یک طرف دارای تمامی نیازهای غذایی ماهی باشد و از طرف دیگر قیمت تمام شده متناسبی نیز داشته باشد [6]. پودر ماهی یک محصول صنعتی است که از ماهیان صید شده وحشی و فرآورده‌های جانبی ماهی تهیه می‌شود و به دلیل محتوای پروتئین بالا، ترکیب اسید آمینه برتر و خوش طعم بودن، به عنوان منبع اصلی پروتئین آبزیان به حساب می‌آید [7]. سیستم آبزی‌پروری جهانی برای تولید آبزیان به شدت به پودر ماهی وابسته است. پودر ماهی در واقع محصولی است که از پس

از طی فرآیندهای مختلف که بر روی انواع ماهی‌ها در یابی انجام می‌شود، بدست می‌آید. این فرآورده‌ها شامل صید، پخت، استخراج چربی، جداسازی پروتئین، رطوبت‌گیری و بسته‌بندی هستند. بسته به نوع ماهی استفاده شده و شیوه‌های پردازش، رنگ این پودر می‌تواند از خاکستری تا قهوه‌ای روشن یا تیره متغیر باشد. پودر ماهی حاوی پروتئین‌های با کیفیت بالا، اسیدهای چرب امگا-۳، ویتامین‌ها (مانند ویتامین B12) و مواد معدنی (مانند کلسیم و فسفر) است. اما در این بین برداشت‌های بیش از حد از منابع دریایی برای تولید پودر ماهی می‌تواند به کاهش جمعیت ماهی‌ها و آسیب به اکوسیستم‌های دریایی منجر شود همچنین پودر ماهی در بسیاری از کشورها جزو کالاهای وارداتی محسوب می‌شود و قیمت آن نیز به طور مداوم با تغییر ارزش پولی در حال تغییر است [8]. به همین خاطر، امروزه از پروتئین‌های گیاهی و یا جانوری مختلفی برای جایگزینی جزئی یا کامل پودر ماهی استفاده می‌شود تا هزینه‌های خوراک کاهش یابد. پودر ضایعات مرغ (Poultry By-product Meal=PBM) یکی از مهمترین منابع پروتئینی حیوانی است که به دلیل محتوای بالای اسیدهای آمینه‌های ضروری، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها و مواد معدنی، به طور کلی مواد خوراکی با کیفیت، تقاضای زیادی به عنوان خوراک آبزیان پیدا کرده است. ضایعات مرغ غنی از پروتئین‌های با کیفیت بالا است که می‌توانند به منظور تولید پپتیدهای زیست فعال، توسط پروتئازها هیدرولیز شوند. یک ترکیب پروتئینی هیدرولیز شده مخلوطی از پپتیدها و آمینواسیدهایی است و از انجام عمل هیدرولیز توسط آنزیم، اسید، قلیا و یا تخمیر حاصل می‌شود. در تغذیه، این پپتیدها دارای فعالیت ضد میکروبی، آنتی اکسیدانی و خاصیت ایمنی می‌باشند [9]. هیستومتری روده به مطالعه و اندازه‌گیری ویژگی‌های میکروسکوپی و ساختاری بافت روده در موجودات زنده اطلاق می‌شود. این روش به محققان و پرورش‌دهندگان این امکان را می‌دهد که تغییرات در ساختار روده را که ممکن است ناشی از عوامل مختلف از جمله نوع خوراک، بیماری‌ها، یا شرایط محیطی باشد، بررسی کنند [10]. روده بعنوان مکان اصلی هضم غذا است و ساختار آن با توجه به تنوع وسیع در عادات غذایی آبزیان بسیار متفاوت است. سطح روده در آبزیان دارای تعداد زیادی پرز است که باعث افزایش سطح جذب غذا و همچنین تسهیل حرکت غذا در طول روده می‌شود. بنابراین با توجه به اهمیت پرزها در فرآیند گوارش و جذب مواد مغذی، بررسی تغییرات آن‌ها بسیار مهم است. بررسی تغییرات در ساختار روده می‌تواند نشان‌دهنده وجود بیماری‌های عفونی یا غیرعفونی، التهاب و یا حتی خوراک نامناسب باشد. با بررسی ساختار روده، می‌توان تأثیر نوع خوراک بر جذب مواد مغذی بیشتر و کارایی تغذیه را ارزیابی کرد. این اطلاعات می‌تواند به بهبود فرمولاسیون خوراک کمک کند. [11]. بنابراین با توجه به قیمت مناسب و دسترسی آسان به پودر ضایعات مرغ هیدرولیزی، مطالعه اخیر به منظور بررسی مقدماتی امکان جایگزینی تدریجی آن بجای پودر ماهی در جیره غذایی و تأثیر آن

بر رشد، ترکیبات بدن و بافت شناسی روده در تیلایابی نیل به مرحله اجرا درآمده است.

روش پژوهش

برای این منظور تعداد ۱۵۰ قطعه ماهی تیلایابی نیل (محدوده وزنی ۴۰ تا ۴۵ گرم) از یکی از مزارع پرورش ماهی تهیه و به آکواریوم‌های ۱۰۰ لیتری از قبل ضد عفونی شده موجود در بخش بهداشت و بیماری های آبیان دانشکده دامپزشکی دمنقل شدند. جهت هوادهی و تامین اکسیژن در هر یک از آکواریوم‌ها از سنگ هوا استفاده شد و تنها در نوبت غذا دهی، هوادهی موقتاً قطع و سپس مجدداً برقرار می شد. در این تحقیق از آب لوله کشی شهری کلرزدایی شده استفاده گردید. ماهیان به طور تصادفی به ۵ گروه تقسیم شدند و پس از معاینات بالینی و اطمینان از سلامت آن‌ها به مدت ۲ هفته قبل از شروع آزمایش جهت سازگاری با شرایط آزمایشگاهی و محیط نگهداری شدند و در طول این مدت غذادهی با جیره‌ی غذایی گروه شاهد انجام شد [12]. دمای ثابت آب 24 ± 2 درجه سانتی‌گراد همراه با تهویه مناسب، $pH = 8 - 8.4$ و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب برای تمامی گروه‌ها یکسان بود. در طول مدت نگهداری و آزمایش، آب آکواریوم‌ها به میزان ۲۰ درصد حجم آب هر دو روز یک بار از ناحیه کف آکواریوم سیفون و تعویض می‌شد تا مواد دفعی آنها خارج شود [13]. ماهیان با جیره‌های آزمایشی به میزان ۳/۴ درصد وزن زنده بدن سه بار در روز یعنی صبح، بعداز ظهر و عصر به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. جهت اندازه گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب از دستگاه کالریمتر هک (مدل ۸۹، شرکت هک، آمریکا) و pH متر (مدل ۷۸۱، شرکت متروهم، سوئیس) استفاده شد [14]. ماهیان در ابتدا وزن شده و به طور تصادفی به ۵ تیمار و در هر تیمار ۳۰ عدد ماهی شامل ۱۰ قطعه در ۳ تکرار به شرح زیر تقسیم بندی شدند. گروه ۱: شاهد یا کنترل که این ماهی‌ها روزانه غذای تجاری ۳۰ درصد پروتئین حاوی ۱۰۰٪ پودر ماهی دریافت می کردند (D-0). گروه ۲: دریافت کننده رژیم حاوی ۵ درصد پودر ضایعات مرغ هیدولیز شده (D-5)، گروه ۳: دریافت کننده رژیم غذایی حاوی ۱۰ درصد پودر ضایعات مرغ هیدولیز شده (D-10)، گروه ۴: دریافت کننده رژیم حاوی ۱۵ درصد پودر ضایعات مرغ هیدولیز شده (D-15) و گروه ۵: دریافت کننده رژیم حاوی ۲۰ درصد پودر ضایعات مرغ هیدولیز شده بود (D-20). پودر ضایعات مرغ هیدولیز شده مورد استفاده از شرکت دام جیره (ورامین، تهران، ایران) تهیه شد. این پودر قهوه‌ای متمایل به قرمز و حاوی قست‌های غیرقابل استفاده مانند پوست، استخوان، پر و گوشت‌های با کیفیت پایین بوده که ابتدا شسته و ضد عفونی شدند. در مرحله بعد ضایعات مرغ تحت تاثیر حرارت، فشار و با استفاده از آنزیم هیدرولیز، سپس پخته، تصفیه، خشک و آسیاب و تبدیل به پودر و در آخر بسته بندی شدند. که عمل توسط شرکت سازنده انجام و پودر مورد نظر خریداری گردید. این محصول دارای ۵۲ درصد پروتئین، pH محصول ۳/۸۲، ۷-۸ درصد رطوبت، ماده آلی محلول در اتر ۰/۸ درصد، ۷ درصد خاکستر و میزان ازت فرار آن در حدود ۱۱۰ در ۱۰۰۰ گرم

ماده خشک محصول بود. در زمان انجام این پایان نامه قیمت هر کیلو از این پودر ۲۰ هزار تومان بود. پودر ماهی مورد استفاده از شرکت پودر ماهی گنو (پودر ماهی جنوب) تهیه شد. این پودر دارای ۳۸/۶ درصد پروتئین، ۶/۸ درصد رطوبت، ۵/۲ درصد کربوهیدرات، ۱۰/۳ درصد خاکستر، میزان ازت فرار آن در حدود ۱۲۵ در ۱۰۰۰ گرم ماده خشک محصول بود. در زمان انجام آزمایش قیمت محصول پودر ماهی هر کیلو ۱۲۰ هزار تومان بود. این پودر توسط آسیاب دستی به خوبی آسیاب شده، سپس ذرات درشت و ناخالصی‌های موجود در آن‌ها جدا شد [15]. در مرحله ساخت جیره‌های مختلف گروه‌های آزمایشی، ابتدا مقادیر مورد نیاز از هر کدام از مواد برای هر گروه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک گرم توزین شد. تمامی جیره‌ها با مخلوط کردن کامل مواد با ۱۰۰ میلی لیتر آب تهیه شدند. پس از آن، مواد را در گلوله‌هایی به قطر ۳/۵-۲۵/۵ میلی‌متر با چرخ مخصوص در آورده و در دمای آزمایشگاه خشک و سپس جیره‌های آماده شده گروه‌های مختلف تا زمان استفاده در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. تیمارهای غذایی برای گروه‌های مختلف به میزان میانگین پروتئین خام 2 ± 34 درصد و فیبر خام ۶-۲، رطوبت ۷-۱۱، چربی ۱۱-۱۵، خاکستر ۷-۱۳ و فسفر ۱-۱/۵ و براساس نیازمندی ماهی تیلایابی در محدوده وزنی حاضر نگهداری شدند. در انتهای دوره تقریباً ۲۴ ساعت قبل از نمونه گیری ماهیان از غذا محروم شدند. سپس همه ماهیان با رعایت اصول اخلاقی و با استفاده از فنوکسی اتانل به میزان ۰/۱ میلی لیتر بر لیتر بیهوش و مطابق با کد اخلاق در پژوهش دانشگاه شهید چمران اهواز IR.SCU.REC.1403.081 آسان کشی شدند. کلیه گروه‌ها در ابتدا وزن شده و با توجه به اطلاعات به دست آمده از وزن ماهیان، میزان افزایش وزن ماهیان محاسبه شد. برای بررسی میزان رشد ماهیان و مقایسه بین تیمارها و بررسی عملکرد جیره‌های متفاوت در انتهای دوره ی آزمایش وزن نهایی ($FW = \text{Final Weight}$) هر یک از ماهی های مورد مطالعه با استفاده از خط کش و ترازوی دیجیتالی اندازه گیری و ثبت گردید. پس از آن شاخصه های رشد شامل شاخص افزایش وزن بدن ($BWI = \text{Body Weight Index}$)، ضریب تبدیل غذایی ($Feed$ Conversion Ratio = FCR)، نرخ رشد ویژه ($Specific Growth$ Rate = SGR)، شاخص سود ($Profitability Index = PI$)، میزان کارایی پروتئین ($Protein Efficiency Ratio = PER$) ماهیان مورد بررسی قرار گرفت [16].

$100 \times \left[\frac{\text{وزن اولیه (گرم)}}{\text{وزن اولیه (گرم)} - \text{وزن نهایی (گرم)}} \right] BWI$

(%) =

وزن تر به دست آمده (گرم) / مقدار غذای مصرفی (گرم) = FCR

$100 \times \left[\frac{\text{طول دوره پرورش (روز)}}{\text{وزن اولیه (گرم)} - \text{وزن نهایی (گرم)}} \right] SGR$

(%/day) = $[Ln$

جدول ۱: مقدار میانگین $\pm$ خطای استاندارد مربوط به شاخص‌های رشد در ماهی تیلاپای نیل در گروه‌های مختلف (۵ ماهی از هر تانک در هر تکرار).

D-20	D-15	D-10	D-5	D-0	شاخص‌های رشد
۴۲/۲۱±۱/۵	۴۲/۷±۲/۲	۴۲/۵±۲/۱	۴۲/۸±۲/۵	۴۲/۵±۲/۶	وزن اولیه (g/fish) h
۱۵۲/۳±۲/۵ ^b	۱۵۵/۶±۳/۵ ^b	۱۵۴/۲±۲/۵ ^b	۱۵۲/۶±۵/۴ ^b	۱۴۶/۴±۲/۵ ^a	وزن نهایی (g/fish) h
۲۵۲/۴±۱/۳ ^{ab}	۲۶۰/۶±۶/۷ ^c	۲۶۰/۴±۵/۳ ^c	۲۵۵/۱±۳/۹ ^b	۲۴۵/۴±۳/۷ ^a	شاخص افزایش وزن (%)
۳/۶±۰/۸۲ ^a	۳/۸±۰/۵۹ ^b	۳/۶±۰/۵۲ ^a	۳/۶±۰/۴۵ ^a	۳/۵±۰/۶۳ ^a	نرخ رشد ویژه (%)
۰/۷۸±۰/۰۵ ^b	۰/۷۴±۰/۰۵ ^c	۰/۷۷±۰/۰۴ ^b	۰/۷۹±۰/۰۸ ^a	۰/۸۲±۰/۰۸ ^a	ضریب تبدیل غذائی (%)
۶/۵±۰/۲۴ ^b	۷/۶±۰/۹۲ ^c	۷/۴±۰/۸۶ ^{ab}	۷/۴±۰/۲۶ ^{ab}	۷/۳±۰/۰۵ ^a	کارایی پروتئین (%)
۳/۳۹ ^c	۳/۶۴ ^d	۲/۹۶ ^b	۲/۷۱ ^a	۲/۶۳ ^a	شاخص سود
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	نرخ بقا (%)

در هر ردیف، اعداد با حروف مختلف دارای تفاوت آماری معنی‌داری هستند ($P < 0.05$). نتایج مربوط به آنالیز بافت عضله ماهیان در تیمارهای مختلف بر حسب درصد در جدول ۲ نشان داده شده است. میزان پروتئین کل موجود در بافت ماهیان در گروه D-0 و D-20 بطور معنی‌داری از سایر جیره‌ها بیشتر شده بود ($p > 0.05$). در حالیکه در رژیم D-10 از همه کمتر شده بود ($p > 0.05$). بیشترین میزان چربی بافت ماهیان مربوط به رژیم D-15 بوده که با اختلاف معنی‌داری از بقیه بیشتر بود ($p > 0.05$). کمترین میزان چربی به رژیم‌های کنترل D-0 و D-5 تعلق داشت ($p > 0.05$). در بین رژیم‌های آزمایشی بیشترین میزان رطوبت مربوط به رژیم D-20 بوده که با اختلاف معنی‌داری از سایرین بیشتر بود ($p > 0.05$). بررسی آماری نشان داد که میزان خاکستر کل لاشه در رژیم D-20 با کاهش معنی‌داری از همه کمتر شده بود ($p > 0.05$). ولی دو گروه D-0 و D-5 با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p < 0.05$).

جدول ۲: مقایسه مقدار میانگین $\pm$ خطای استاندارد ترکیبات لاشه در ماهی تیلاپای نیل در گروه‌های مختلف (۵ ماهی از هر تانک در هر تکرار).

D-20	D-15	D-10	D-5	D-0	ترکیبات لاشه
۱۷/۵±۳/۵ ^b	۱۸/۳±۳/۵ ^c	۱۷/۲±۲/۴ ^{ab}	۱۶/۳±۰/۳ ^a	۱۶/۴±۳/۵ ^a	پروتئین کل (%)
۵/۸±۰/۶ ^c	۶/۱±۰/۴ ^b	۶/۸±۰/۵ ^b	۷/۵±۰/۴ ^a	۷/۳±۰/۲ ^a	چربی (%)
۷۶/۵±۴/۶ ^c	۷۴/۵±۳/۲ ^b	۷۳/۴±۴/۸ ^b	۷۱/۵±۳/۴ ^a	۷۰/۴±۵/۲ ^a	رطوبت (%)
۴/۶±۰/۵ ^c	۵/۳±۱/۲ ^{ab}	۵/۱±۰/۶ ^b	۵/۷±۰/۳ ^a	۵/۹±۰/۲ ^a	خاکستر (%)

در هر ردیف، اعداد با حروف مختلف دارای تفاوت آماری معنی‌داری هستند ($P < 0.05$).

هر کیلوگرم خوراک مصرفی / ارزش هر کیلوگرم محصول ماهی = PI

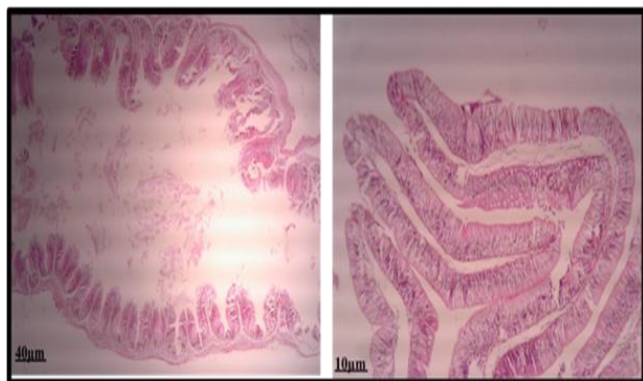
$100 \times [\text{مقدار پروتئین مصرفی (گرم) / افزایش وزن بدن (گرم)}] =$

PER (%)

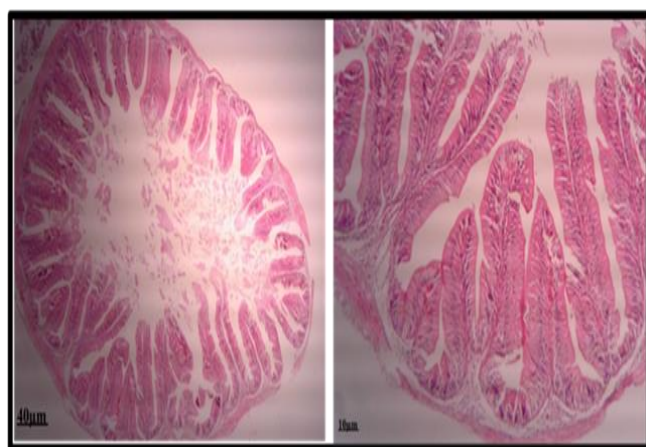
در ابتدا و انتهای دوره از هر گروه تعدادی نمونه در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد منجمد شدند. آنالیز تقریبی ترکیب جیره و لاشه ماهیان با روش‌های استاندارد انجام گرفت. پروتئین کل با استفاده از دستگاه کج‌دال (Kjeltec Auto Analyser 2300 Tecator)، سوئد، انرژی با استفاده از دستگاه بمب کالریمتر (PARR 1261, USA)، چربی با استفاده از سوکسله (Soxtec system 1043 extraction unit) رطوبت با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت و مقدار خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد [17]. برای تهیه مقاطع بافت‌شناسی بلافاصله پس از باز کردن محوطه شکمی، روده ماهیان خارج شد. نمونه‌های بافتی به طول ۲ سانتی‌متر از قسمت روده میانی برش داده شده و در فرمالین ۱۰ درصد بافر جهت ثبوت قرار داده شده و سایر مراحل معمول بافت‌شناسی برای مطالعه آن‌ها به وسیله میکروسکوپ نوری روی آن‌ها انجام شد. به منظور آنالیز آماری داده‌ها از نرم افزار پریم ۸ استفاده و داده‌ها بر اساس میانگین $\pm$ خطای استاندارد گزارش شدند. برای مقایسه از آزمون آنوای یک طرفه و پس از آزمون توکی برای مشخص نمودن اختلاف معنی‌دار بین تک تک گروه‌ها استفاده شد. در تمامی موارد ($p < 0.05$) به عنوان معنی‌دار بودن در نظر گرفته شد [18].

نتایج و بحث

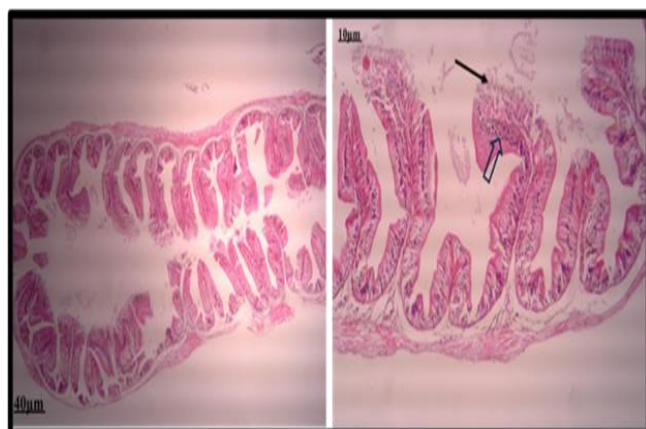
اثر تیمارهای مختلف غذایی بر شاخص‌های زیست‌سنجی در گروه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی آماری گروه‌های مختلف نشان داد که با افزایش جایگزینی پودر ضایعات مرغ هیدرولیزی باعث تغییرات معنی‌دار در میزان شاخص‌های زیست‌سنجی گردید. در شاخص افزایش وزن، دو گروه D-10 و D-15 اختلاف معنی‌داری با سایر گروه‌ها داشتند و از سایر گروه‌ها بالاتر بودند ($p < 0.05$). در نتایج آماری حاصل از شاخص نرخ رشد ویژه بین گروه‌های مختلف به جز گروه D-15 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P < 0.05$). در شاخص ضریب تبدیل غذایی بیشترین میزان در گروه D-15 مشاهده شد ($p < 0.05$). کمترین میزان کارایی پروتئین مربوط به گروه کنترل (D-0) و بیشترین میزان آن مربوط به گروه D-15 بود و مابین دو گروه D-5 و D-10 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$). در بین رژیم‌های آزمایشی بیشترین میزان شاخص سود در گروه D-15 مشاهده شد و بطور معنی‌داری بالاتر از سایر گروه‌ها بود ($p < 0.05$).



تصویر ۳: برش عرضی ساختار بافتی روده میانی ماهی تیلاپیا نیل در گروه D-10 (H&E). شکل سمت راست بزرگنمایی ۱۰۰ و شکل سمت چپ بزرگنمایی ۴۰ می باشد.



تصویر ۴: برش عرضی ساختار بافتی روده میانی ماهی تیلاپیا نیل در گروه D-15 (H&E). شکل سمت راست بزرگنمایی ۱۰۰ و شکل سمت چپ بزرگنمایی ۴۰ می باشد.

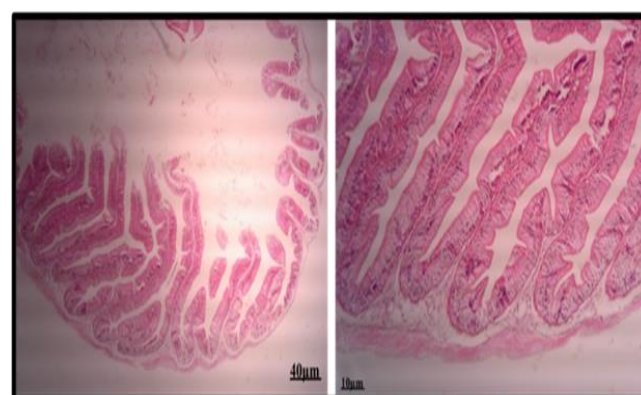


تصویر ۵: برش عرضی ساختار بافتی روده میانی ماهی تیلاپیا نیل در گروه D-20 (H&E). شکل سمت راست بزرگنمایی ۱۰۰ و شکل سمت چپ بزرگنمایی ۴۰ می باشد. در این تصویر پیکان توخالی تجمع سلول‌های التهابی در بافت پارین مخاط و پیکان کنده شدن آنها را نشان می‌دهد.

در مشاهده و بررسی بافت‌شناسی ساختار روده در زیر میکروسکوپ نوری مشاهده شد که تمامی قسمت‌ها در تمامی گروه‌های آزمایشی تقریباً مشابه بوده و شامل چهار لایه به ترتیب از داخل به خارج شامل لایه مخاطی، زیر مخاطی، عضلانی و لایه سروزی بوده است. چین‌های مخاطی یا پرزها در قسمت قدامی روده بلندتر از قسمت‌های انتهایی آن بود. بافت پوششی روده از نوع استوانه‌ای ساده همراه با سلول‌های جامی فراوان بود. پارین از بافت همبندی سست حاوی عروق خونی، لنفاوی و اعصاب متعدد تشکیل شده بود. پارین فاقد غدد بوده و عضله مخاطی نازک به صورت پراکنده مشاهده شد. زیرمخاط از نوع بافت همبند سخت و فاقد غدد بود. طبقات عضلانی صاف از دو لایه لایه حلقوی داخلی و طولی خارجی مشاهده شد. در بین دو لایه عضلانی بافت همبند سست که علاوه بر عروق خونی و لنفاوی، اعصاب حاوی گانگلیون‌های پاراسمپاتیک به صورت شبکه‌های عصبی میانتریک در آن مشاهده شد. روده از خارج توسط بافت سروز مفروش شده همچنین از ابتدا به سمت انتها بر تعداد سلول‌های جامی اپیتلیوم مخاط افزوده شد (اشکال ۱ الی ۴) و (جدول ۳).



تصویر ۱: برش عرضی ساختار بافتی روده میانی ماهی تیلاپیا گروه کنترل D0 (H&E × ۴۰). در این تصویر طول پرز (h)، عرض پرز (w)، سلول‌های جامی (G) و طبقه عضلانی (M) روده نشان داده شده است.



تصویر ۲: برش عرضی ساختار بافتی روده میانی ماهی تیلاپیا نیل در گروه D-5 (H&E). شکل سمت راست بزرگنمایی ۱۰۰ و شکل سمت چپ بزرگنمایی ۴۰ می باشد.

پروتئین هیدرولیز شده که ناشی از فرآیند اسیدی شدن و هیدرولیز آنزیمی است، پروتئین‌های با وزن مولکولی پایین افزایش، اسیدهای آمینه آزاد و محتوای اسیدهای چرب غیر اشباع بالا می‌رود و در نتیجه قابلیت هضم و استفاده از مواد مغذی را بهینه می‌کند. در نتیجه این فرآیندها کمیت و کیفیت مواد غذایی بالا می‌رود و این باعث می‌شود که مواد مغذی در مجرای روده ماهی، متابولیسم و جذب بیشتری داشته باشند و بدنبال آن ضریب تبدیل غذایی بالا رود [23] Sangronis و همکاران گزارش کردند که در طی هیدرولیز اندوپپتیدازها پروتئین را تجزیه کرده و الیگوپپتید تولید می‌کنند، الیگوپپتیدها نیز توسط اگزوپپتیدازها کوچکتر شده و تشکیل پروتئین‌هایی با وزن مولکولی کم و اسید آمینه‌های آزاد می‌کنند [24]. Yekani و همکاران به بررسی پپتیدهای زیست فعال حاصل از هیدرولیز ضایعات گوشت مرغ و پودر آب پنیر پرداختند و در آخر بیان کردند که هیدرولیز ضایعات گوشت مرغ و پودر آب پنیر از طریق تخمیر زیستی و هیدرولیز توسط اتوکلاو، میزان تولید پپتیدهای زیست فعال، میزان گاز تولیدی و بخش قابل تخمیر را افزایش داده که نشان‌دهنده تأثیر مثبت تولید پروتئین هیدرولیز شده با این روش در افزایش فعالیت زیستی پروتئین ضایعات گوشت مرغ و پودر آب پنیر است [25]. ساختار مورفولوژی مخاط روده، نشانه خوبی از توانایی ماهی در هضم و جذب مواد مغذی در دستگاه گوارش است. بهبود در میکرومورفولوژی روده ماهی، از جمله ارتفاع و تراکم میکروویلی‌ها، نشانه مثبتی از سلامت خوبی و همچنین افزایش توانایی جلوگیری از عفونت‌های میکروبی فرصت طلب مهم است [26] Tran-Ngoc و همکاران (۲۰۱۹) مورفولوژی روده‌ای نامنظم با میکروویلی‌های کوچک‌تر و قطر کوتاه‌تر را در ماهی‌های جوان باراموندی (*juvenile barramundi*) که با ۱۰۰ درصد پودر ضایعات مرغ و جایگزینی کامل پودر ماهی در رژیم غذایی تغذیه شده بودند، گزارش کردند [27]. Chaklader و همکاران نیز در سال ۲۰۲۰ نشان دادند افزودن کامل پودر ضایعات طیور هیدرولیز شده هیچ تغییر بافت‌شناسی روده‌ای در ماهی سیم در مقایسه با ماهی‌های تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی پودر ماهی نداشته است [28]. در بافت شناسی روده ماهیان، روده نیز مانند سایر بافت‌های حفره‌ای شکل دارای ساختاری چهار لایه‌ای شامل لایه‌های مخاط، زیر مخاط، ماهیچه‌ای و سرو می‌باشد. بافت پوششی مخاط روده از نوع استوانه‌ای ساده همراه با سلول‌های جامی فراوان است [29,30]. همه ماهی‌ها سلول‌های روده‌ای متمایزی با سلول‌های ائوزینوفیل فراوان دارند، به طوری که سلول‌های جامی و واکوئل‌های اپیتلیال رأسی در کل روده ماهی وجود دارند. سلول‌های جامی به سلامت و تغذیه ماهی کمک می‌کنند زیرا مخاط ترشح شده توسط آنها به عنوان یک محیط محافظ برای بافت پوششی عمل می‌کند و در عین حال مواد هضم نشده را برای پیشرفت به سمت راست روده روان می‌کند [31,32]. مشابه تحقیقات ذکر شده، در تحقیق حاضر نیز جایگزینی در سطوح پایین تغییر بافت‌شناسی مشخصی را نشان نداد اما در رژیم ۱۵ درصد، طول و عرض ویلی افزایش یافت و در سطوح بالاتر از آن، مقدار جزیی کنده شدن

تغییرات بافت‌شناسی روده در طی جایگزینی‌ها در جدول ۳ آمده است. با جایگزینی پودر ضایعات مرغ هیدرولیزی به جای پودر ماهی بر طول ویلی‌ها و شاخه دار شدن آن‌ها افزوده شد ($P > 0.05$) اما این حالت در رژیم D-20 نتیجه عکس داد. در بین رژیم‌های آزمایشی از لحاظ ضخامت بافت عضلانی اختلاف معنی‌داری دیده نشد ($P < 0.05$).

جدول ۳: مقایسه میانگین $\pm$ خطای استاندارد پارامترهای هیستولوژیکی در ماهی تیلاپای نیل به دنبال جایگزینی (۵ ماهی از هر تانک در هر تکرار).

رژیم‌ها	D-0	D-5	D-10	D-15	D-20
ارتفاع ویلی (μm)	$216/9 \pm 21/5^a$	$223/1 \pm 15/7^a$	$228/2 \pm 21/5^a$	$259/3 \pm 21/6$	$240/2 \pm 17/4$
عرض ویلی (μm)	$56/4 \pm 2/6^a$	$65/4 \pm 3/5^b$	$67/2 \pm 2/6^b$	$73/9 \pm 4/2^c$	$68/2 \pm 2/6^b$
ضخامت طبقه عضلانی (μm)	$27/4 \pm 1/5^a$	$28/4 \pm 6/5^a$	$28/8 \pm 4/4^a$	$29/5 \pm 2/1^a$	$28/6 \pm 4/5^a$
تعداد سلول‌های جامی (mm)	$27/4 \pm 4/5^a$	$27/4 \pm 2/4^a$	$29/2 \pm 4/4^b$	$31/3 \pm 4/5^b$	$31/2 \pm 2/6^b$

در هر ردیف، اعداد با حروف مختلف دارای تفاوت آماری معنی‌داری هستند ($P < 0.05$).

مطالعات مربوط به قابلیت هضم، عملکرد و تأثیر بر رشد هنگام تهیه رژیم‌های غذایی جدید در آبزیان رایج است. پروتئین‌های هیدرولیز شده دارای خواص تغذیه‌ای، ایمنی‌شناسی و فیزیولوژیکی هستند و می‌توانند به عنوان مواد تشکیل‌دهنده خوراک با پتانسیل تغذیه‌ای بالا در آبزیان در نظر گرفته شوند [19]. از جمله این پروتئین‌ها در جیره غذایی ماهی پودر طیور هیدرولیز شده می‌باشد که می‌تواند جایگزین پودر ماهی در تغذیه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio* L) بدون ایجاد اختلال در شاخص‌های رشد شود [3]. به همین ترتیب، مطالعات انجام شده با جنس‌های مختلف تیلاپا از جمله تیلاپای قرمز (*Oreochromis sp*) امکان جایگزینی با پودر طیور هیدرولیز شده را نشان داده‌اند [5]. Campos و همکاران، ۲۰۱۷ نیز بیان کردند که می‌توان این پودر را تا ۵۰ درصد جیره جایگزین پودر ماهی کرد بدون اینکه تغییری در شاخص‌های رشد (افزایش وزن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی) ایجاد کند [20]. با توجه به هزینه بالای پودر ماهی، دسترسی کم و محدود بودن منابع پودر ماهی، پیدا کردن جایگزین آن در بخش آبی‌پروری از اهمیت بالایی برخوردار است. در مطالعه Rocha پودر طیور هیدرولیز شده را به عنوان یک منبع مغذی با دسترسی بالا به پروتئین و انرژی معرفی کرد و بیان کرد که زمانی که با نرخ کمتر از ۵ درصد در رژیم غذایی تیلاپا گنجانده شود، باعث بهبود سلامت و عملکرد، افزایش بازده فیله، بهبود متابولیسم انرژی و بهبود تغییرات مورفولوژیکی در روده می‌گردد [21]. Alves و همکاران در سال ۲۰۱۹ بیان کردند که، پودر طیور هیدرولیز شده تأثیر خوش طعمی بر خوراک دارد و می‌تواند به طور مؤثر برای تحریک مصرف خوراک در تیلاپای نیل جوان مورد استفاده قرار گیرد [22]. در هیدرولیزاسیون پروتئین‌ها، به دلیل دسترسی بیشتر به انرژی و

تحقیق و سایر تحقیقات در این زمینه می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از فرآورده‌های ضایعات طیور منجر به بالابردن درآمد و کاهش هزینه خرید جیره گران و حفظ محیط زیست (استفاده از ضایعات) می‌شود. به همین دلیل در صنایع باید برای استفاده از این ضایعات کشتارگاهی به عنوان یک ماده غذایی کم هزینه برای تولید غذای سالم و مقوی برای مصرف آبزیان فناوری‌های جدید و تحقیقات بیشتری انجام بپذیرد. در صنعت آبی پروری هم باید تحقیقات بیشتری از دیدگاه‌های دیگر بر روی این چنین جیره‌هایی انجام شود.

منابع

- [1] FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture. Sustainability in action. The State of the World, Rome. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- [2] Iranian Fisheries Organization. 1402. <https://www.yjc.ir/fa/news/8358444/%D8%AA>
- [3] Karapanagiotidis, I.T.; Psafakis, P.; Mente, E.; Malandrakis, E.; Golomazou, E., (2019). Effect of fishmeal replacement by poultry by-product meal on growth performance, proximate composition, digestive enzyme activity, haematological parameters and gene expression of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquac. Nutr.*, 25: 3–14.
- [4] Ng, W. K.; Romano, N. (2013). A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. *Reviews in Aquaculture*, 5(4), 220-254.
- [5] Abdelhamed, H.; Ibrahim, I.; Baumgartner, W.; Lawrence, M.L.; Karsi, A., (2017). Characterization of histopathological and ultrastructural changes in channel catfish experimentally infected with virulent *Aeromonas hydrophila*. *Front. Microbiol.*, 8: 1519.
- [6] Tignani, M. V.; Santolini, E.; Secci, G.; Bovo, M.; Parisi, G.; Barbaresi, A. (2024). Assessing environmental sustainability of substitute feeding formulas for gilthead seabream (*Sparus aurata*) using Life Cycle Assessment. *Science of the Total Environment*, 954, 176689.
- [7] Kabir, K.A.; Verdegem, M.C. J.; Verreth, J.A.J.; Phillips, M.J.; Schrama, J.W., (2019). Effect of dietary protein to energy ratio, stocking density and feeding level on performance of Nile tilapia in pond aquaculture. *Aquac.*, 511: 634200.
- [8] Tacon, A. G. (2004). Use of fish meal and fish oil in سلول‌های پوششی سطحی و افزایش نفوذ سلول‌های التهابی دیده شد. همسو با نتایج حاضر، محققان در بررسی بافت‌شناسی از روده ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) تغذیه شده با سطوح بالای ضایعات مرغ [33] و در ماهی تیلاپای نیل تغذیه شده با سطوح بالای پودر پر هیدرولیز شده تفاوتی مشاهده نکردند [27]. Ahmed در سال ۲۰۰۹ بیان کردند که بررسی ترکیب کل بدن یک تجزیه و تحلیل حیاتی مرتبط با اثرات مواد تشکیل دهنده و افزودنی‌های مختلف خوراک بر تجمع مواد مغذی و افزایش و یا کاهش وزن ماهی است [34]. در تحقیق حاضر میزان پروتئین لاشه در رژیم D-15 از همه بیشتر شده بود و این با نتایج Zheng و همکاران مطابقت دارد. آنان بیان کردند افزایش قابل توجهی در محتوای پروتئین کل بدن در ماهیانی که با غلظت بالایی از پروتئین هیدرولیز شده تغذیه شده بودند، در مقایسه با ماهیانی که با رژیم غذایی پودر ماهی تغذیه شده بودند، مشاهده شد [35].
- Nugroho در سال ۲۰۱۹ بر روی چهار جیره (۹،۶،۳ و ۱۲ درصد) پودر پر مرغ هیدرولیز شده در ماهی تیلاپای قرمز کار کردند و به این نتیجه رسیدند که افزودن پودر پر مرغ هیدرولیز شده به جیره غذایی تیلاپیا قرمز به میزان بالاتر از ۶ درصد، میزان پروتئین و چربی لاشه تیلاپیا قرمز را افزایش می‌دهد و در نتیجه‌گیری بیان کردند که جایگزینی پودر پر مرغ هیدرولیز شده در ماهی تیلاپای قرمز تا سطح ۱۲ درصد می‌تواند به عنوان مکمل غذایی استفاده شود و اثرات مثبتی بر تمام پارامترهای رشد نشان دهد [36].
- مطالعه Aragão و همکاران (۲۰۲۵)، تغذیه ماهیان سرطلایی با چهار نوع رژیم‌های غذایی آزمایشی نشان دادند که در جیره دارای هیدرولیز پودر پر با نسبت بالاتری از پپتیدهای کوچک در مقایسه با ماهیانی که با رژیم غذایی هیدرولیز پودر پر با نسبت بالاتری از پپتیدهای بزرگ تغذیه شده‌اند، ترکیب پروتئین کل بدن بالاتر و میزان لیپید بدن کمتر است و آنان در آخر به این نتیجه رسیدند که هیدرولیزات پروتئین ماهی، اثرات نامطلوب رژیم‌های غذایی بدون پودر ماهی را در بچه‌ماهی‌های سرطلایی کاهش می‌دهد و می‌تواند به بهبود کیفیت غذا کمک کند [37].
- براساس مطالعه حاضر، این نتیجه حاصل شد که گنجاندن تا حد ۱۵ درصد جیره ضایعات مرغ هیدرولیزی نتوانست شاخص‌های زیستی ماهی تیلاپیا را تغییر دهد و در مقابل توانست عملکرد نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و کارایی پروتئین ماهی تیلاپای نیل را نسبت به گروه کنترل افزایش دهد. در بررسی‌های بافت‌شناسی در گروه‌های مختلف نسبت به تیمار شاهد تخریب بافتی مشخصی مشاهده نشد که نشان‌دهنده انتریت روده‌ای در ماهی باشد، اما در گروه با ۲۰٪ جایگزینی کمی نفوذ سلول‌های التهابی و تخریب بافتی مشاهده شد. از طرفی با بررسی‌های هیستومتری ویلی‌های روده در گروه با ۱۵٪ جایگزینی طول و عرض ویلی‌ها افزایش یافته بود که این مورد نشان‌دهنده افزایش جذب مواد غذایی است. جمع‌بندی این داده‌ها حاکی از آن است که پودر ضایعات مرغ هیدرولیزی به جای پودر ماهی را می‌توان تا میزان حداکثر ۱۵ درصد جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی ماهی تیلاپیا بدون اینکه تأثیر منفی بر روی عملکرد رشد، ترکیب لاشه و پارامترهای بافت‌شناسی روده داشته باشد. بطور کلی با استفاده از نتایج این

- and immune responses of thinlip mullet, *Liza ramada*. Sci. Rep., 13(1): 22875.
- [17] Magbanua, T. O., & Ragaza, J. A. (2022). Systematic review and meta-analysis of the growth performance and carcass composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed dietary copra meal. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1025538.
- [18] Mekbungwan, A.; Yamauchi, K., (2004). Growth performance and histological intestinal alterations in piglets fed diet arylaw and heated pigeon pea seed meal. *Histol. Histopathol.*, 19: 381–389.
- [19] Suloma, A.; El-Husseiny, O.M.; Hassane, M.I.; Mabroke, R.S.; El-Haroun, E.R., (2014). Complementary responses between hydrolyzed feather meal, fish meal and soybean meal without amino acid supplementation in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* diets. *Aquac. Int.*, (22): 1377–1390.
- [20] Campos, I., Matos, E., Marques, A., Valente, L.M., (2017). Hydrolyzed feather meal as a partial fishmeal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture* 476, 152–159.
- [21] Rocha, J. D. (2018). Proteína hidrolizada de frango para tilápia do Nilo: digestibilidade e desempenho produtivo. Ph.D. thesis. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- [22] Alves, DRS.; da Silva, T.C.; Rocha, J.M.; de Oliveira, S.; Signor, A.; Boscolo, W.R. (2019). Compelling palatability of protein hydrolysates for Nile tilapia juveniles. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 47, 371–376
- [23] Llanes-Churches, J.; Parisi, G. (2021). High percentage replacement of fishmeal by fishing silage in extruded diets for *Clarias gariepinus*. *Enero-junio*; 38(1): 44–49. 0138-8452.
- [24] Sangronis, E.; Rodríguez, M.; Cava, R.; Torres, A. (2006). Protein quality of germinated *Phaseolus vulgaris*. *European Food Research and Technology*, 222(1-2): 14
- [25] Yekani, V.; khalilvandi-behroozyar, H.; Pirmohammadi, R.; Donyadoost chalan, M.; mohtashami, B. (2021). Production and Evaluation of Bioactive Peptides Resulting from Hydrolysis of Poultry by-product and Whey Powder Through Autoclave and Bio-Fermentation Process. *Res Anim Prod.* 12(34), 78-88.
- [26] Tan, X.; Sun, Z.; Zhou, C.; Huang, Z.; Tan, L.; Xun, P., ... & Wang, A. (2018). Effects of dietary dandelion aquaculture: a global perspective. *Aquatic Resources, Culture and Development*, 1(1): 3-14..
- [9] Soares, M.; Rezende, P. C.; Correa, N. M.; Rocha, J. S.; Martins, M. A.; Andrade, T. C.; ... & do NascimentoVieira, F. (2020). Protein hydrolysates from poultry by-product and swine liver as an alternative dietary protein source for the Pacific white shrimp. *Aquaculture Reports*, 17, 100344.
- [10] Berillis, P.; Mente, E. (2017). Histology of goblet cells in the intestine of the rainbow trout can lead to improvement of the feeding management. *Journal of Fisheries Sciences. com*, 11(4), 32-33.
- [11] Lindberg, J. E., (2023). Nutrient and energy supply in monogastric food producing animals with reduced environmental and climatic footprint and improved gut health. *Animal.*, 17: 100832.
- [12] El Moujtahid, A.; Inan, M.; Ouizgane, A.; Wariaghli, F.; Droussi, M.; Hasnaoui, M. (2024). Effects of protein level on zootechnical performances of male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Deroua fish farm, Morocco). *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 17(3), 930-948.
- [13] Ma, D.; Li, Q.; Xie, Y.; Kong, Y.; Ding, Z.; Ye J.; Wu, C.; Liu Y.; (2024). Dietary Erucic Acid Induces Fat Accumulation, Hepatic Oxidative Damage, and Abnormal Lipid Metabolism in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*. ;2024(1):6670740
- [14] Wardani, W.W.; Alimuddin, A.; Zairin, M.; Setiawati, M.; Nuryati, S.; Suprayudi, M.A., (2020). Evaluation of cysteamine supplementation in red tilapia (*Oreochromis sp.*) diet: Serum insulin and somatostatin, IGF-1 and GLUT4 genes expression, growth performance, and robustness against stress. *Aquac.*, 528: 735514.
- [15] Aanyu, M.; Betancor, M.B.; Monroig, O., (2018). Effects of dietary limonene and thymol on the growth and nutritional physiology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquac.*, 488: 217-226.
- [16] Abdel-Tawwab, M.; Abdel-Latif, H. M. R.; E-IBasuni, M. F.; El-Nokrashy, A. M.; Khaled, A. A.; Kord, M.; Soliman, A. A. ; Zaki, M. A. A.; Nour, A. A. M.; Labib, E. M. H.; Khalil, H. S., (2023). Effects of exogenous bile acids (BAs) on growth, lipid profile, digestive enzymes,

- cypriniformes: cyprinidae), in warm and cold seasons. *Acta. Ichthyol. Piscat.*, 50(4): 423-432.
- [32] Asad Seftjani, A.; Abdi, R.; Salari Aliabadi, M. A.; Basir, Z., (2024). Comparative study of the impact of button mushroom compost and chemical fertilizer on some blood biochemical parameters in warm freshwater aquaculture. *J. Mar. Sci. Tech.*, 23(2): 38-48. (Persian).
- [33] Hu, H.; Kortner, T.M.; Gajardo, K.; Chikwati, E.M.; Tinsley, J.; Kroghdahl, Å. (2016). Intestinal Fluid Permeability in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Is Affected by Dietary Protein Source. *PLoS ONE*, 11, e0167515.
- [34] Ahmad Mohamad, S., (2009). Effect of different artificial on growth rate condition and histological structure of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Res. Fish. Hydrobiol.*, 4(1):29- 34.
- [35] Zheng, K.; Liang, M.; Yao, H.; Wang, J.; Chang, Q. (2012). Effect of size fractionated fish protein hydrolysate on growth and feed utilization of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture Research*, 1–8.
- [36] Nugroho, R. A. (2019). Hydrolyzed Chicken Feather Meal as Protein Source for Red Tilapia (*Oreochromis* sp.) Aquafeeds. *Pakistan Journal of Zoology*, 51(4).
- [37] Aragão, C., Colen, R., Teodósio, R., Cabano, M., Antelo, L. T., Vázquez, J. A., & Engrola, S. (2025). Fish Protein Hydrolysates Mitigate the Adverse Effects of No-Fishmeal Diets in Gilthead Seabream Juveniles. *Aquaculture Nutrition*, 2025(1), 1352251
- [38] .
- extract on intestinal morphology, antioxidant status, immune function and physical barrier function of juvenile golden pompano *Trachinotus ovatus*. *Fish & shellfish immunology*, 73, 197-206.
- [27] Tran-Ngoc, K.T.; Haidar, M.N.; Roem, A.J.; Sendão, J.; Verreth, J.; Schrama, J.W., (2019). Effects of feed ingredients on nutrient digestibility, nitrogen/energy balance and morphology changes in the intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquac. Res.*, (50): 2577–2590.
- [28] Chaklader, M. R.; Siddik, M. A.; Fotedar, R., (2020). Total replacement of fishmeal with poultry by-product meal affected the growth, muscle quality, histological structure, antioxidant capacity and immune response of juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. *Plos one*, 15(11), e0242079.
- [29] Roshanfeker, K.; Abdi, R.; Salari- Aliabadi, M.A.; Basir, Z., (2017). The Impact of Spent Mushroom Compost and Fertilizer on Esophagus Histological Indices of Some Cultured Warm Water Species. *J. Anim Biol.*, 10 (1): 23-33. (Persian).
- [30] Roshanfeker, K.; Abdi, R.; Salari- Aliabadi, M.A.; Basir, Z., (2018). The Impact of Spent Mushroom Compost and Fertilizer on Changes of Intestinal Tissue of Cultured Warm Water Species. *J. Anim. Physiol. Develop.*, 4 (43): 11-25. (Persian).
- [31] Moradkhani, A.; Abdi, R.; Salari-Aliabadi, M.A.; Nabavi, S.M.B.; Basir, Z., (2020). Quantification and description of gut-associated lymphoid tissue in, shabbout, *Arabibarbus grypus* (actinopterygii:

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Habibzadeh Ostad Kalayeh, F., Doctor of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

✉ faeghe@yahoo.com



Basir, Z., Associate Professor, Department of Basic Science, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

✉ z.basir@scu.ac.ir



0000-0001-8954-7253

Peyghan, R., Professor, Department of Livestock, Poultry and Aquatic Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, and Member of Excellence Center of Warm Water Fish Health, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

✉ peyghan_r@scu.ac.ir



Abdi, R., Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

✉ abdir351@gmail.com



این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:



HOW TO CITE THIS ARTICLE



<http://doi.org/10.52547/joc.16.63.4>



<http://joc.inio.ac.ir/article-1-1867-fa.html>



<https://orcid.org/0000-0001-8954-7253>



COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.