



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 7, No. 2, 2021, pages: 73-84



Histomorphology of esophagus and intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during the replacement of fish meal with blood powder in the diet

Masoumeh Matrozdadeh¹, Rahim Abdi^{1*}, Zahra Basir², Rahim Peyghan³

1- Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran

2- Department of Basic Science, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Khuzestan, Iran

3- Department of Clinical Sciences and Excellence Center of Warm Water Fish Health and Diseases, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Khuzestan, Iran

Received 27 February 2021

Revised: 08 June 2021

Accepted 10 June 2021

KEYWORDS

Histomorphology

Esophagus

Intestine

Blood powder

Nile tilapia

ABSTRACT

Tilapia is an omnivorous fish which uses different kinds of feed. The aim of this study was to evaluate the histomorphology of esophagus and intestine during the replacement of fish meal with blood powder in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). After preparation, fish were fed with designed diets containing 0 (T_{0%}), 25 (T_{25%}), 50 (T_{50%}), 75 (T_{75%}), and 100% (T_{100%}) blood powder for 8 weeks and each treatment was performed with three replications. After this period, the fish were anesthetized and after opening the abdominal area, 0.5 cm tissue samples were taken from the esophagus and intestine, fixed in 10% neutral buffered formalin. Then, tissue preparation steps were performed including dehydration with alcohol, clarification with xylol, blocking with paraffin, cutting 4-6 microns thick with microtome. After the hematoxylin-eosin and periodic acid-Schiff staining, the microscopic slides were examined under a light microscope. The results of measuring indices such as height and thickness of villi, the thickness of epithelium and muscle layer, and change in the number of mucous cells in the esophagus and intestine showed lower in T_{100%} and T_{75%} in comparison with the control (T_{0%}) and other groups. Therefore, blood powder in the diet is somewhat tolerable and replaceable up to fifty percent for the species.

*Corresponding author: abdir351@gmail.com



"مقاله پژوهشی"

هیستومورفولوژی مری و روده تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*) طی جایگزینی پودر خون بجای پودر ماهی در جیره غذایی

معصومه مطرودزاده^۱، رحیم عبدی^{۱*}، زهرا بصیر^۲، رحیم پیغان^۳

۱- گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، خوزستان

۲- گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، خوزستان

۳- گروه علوم درمانگاهی و قطب علمی بهداشت ماهیان گرمابی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، خوزستان

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۳/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹

کلمات کلیدی

هیستومورفولوژی

مری

روده

پودر خون

تیلاپای نیل

چکیده

تیلاپای یک ماهی همه‌چیزخوار است که از سطوح مختلف غذایی استفاده می‌کند. مطالعه حاضر با هدف هیستومورفولوژی بافت مری و روده تحت تأثیر جایگزینی پودر خون به جای پودر ماهی در جیره غذایی تیلاپای نیل انجام شد. ماهیان تیلاپای پس از آماده‌سازی به مدت ۸ هفته با جیره‌های طراحی شده حاوی صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ (T0%, T25%, T50%, T75%, T100%) پودر خون با سه تکرار در هر تیمار تغذیه شدند. پس از این مدت، ماهیان بیهوش شده و پس از باز کردن محوطه بطنی، نمونه‌های بافتی به اندازه ۰/۵ سانتی‌متر برداشت و در محلول تثبیت‌کننده فرمالین بافر ۱۰٪ قرار داده شدند. پس از طی مراحل آماده‌سازی بافت شامل آب‌گیری با الکل، شفاف‌سازی با گزیرول، بلوک‌گیری با پارافین، برش‌گیری به ضخامت ۴-۶ میکرون با میکروتوم، رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-اُوزین و پرئودیک اسید شیف در نهایت مطالعه با میکروسکوپ نوری انجام شد. نتایج حاصل از سنجش و اندازه‌گیری شاخص‌های بافتی مانند ارتفاع و ضخامت پرز، ضخامت بافت پوششی و لایه عضلانی و تغییر تعداد یاخته‌های موکوسی در مری و روده در T100% و T75% نسبت به گروه شاهد (T0%) و دیگر گروه‌ها کمتر بوده و نتایج دیگر درصدها نشان داد که پودر خون در جیره غذایی تا حدودی برای گونه مورد نظر قابل تحمل و جایگزینی تا نیمی از جیره است.

مقدمه

امروزه تیلاپا به عنوان گونه‌ای بومی در بیشتر مناطق آسیا شناخته شده و به علت رشد سریع و پرورش ساده و ارزان مورد توجه بسیاری از کشورهای جهان قرار گرفته است. هم‌اکنون بیش از ۲۷ کشور جهان جنس‌های مختلف تیلاپا را پرورش می‌دهند (Aanyu et al. 2020). تیلاپا در آب‌های شور، لب‌شور و شیرین پرورش داده می‌شود و یک ماهی همه-چیزخوار بوده از سطوح مختلف غذایی استفاده می‌کند. بیشتر پالیده‌خوار بوده که با پالایش محیط، مواد غذایی خود را تأمین می‌کند و آب محیط خود را تمیز و تصفیه می‌کند، به طوری که می‌توان آن را به عنوان تصفیه کننده آب فاضلاب‌ها استفاده کرد (El-Naby et al. 2019). قابلیت استفاده از پلانکتون‌های گیاهی و جانوری، ماکروفیت‌ها، بی‌مهرگان آبی و کفزی، نوزاد ماهیان و دتریت‌ها را دارد. به همین دلیل، برای کنترل شکوفایی جلبکی نیز استفاده می‌شود. مخاط آبشش تیلاپا در گرفتن و استفاده از غذای اطراف ماهی کاربرد فراوانی دارد. جیره غذایی مورد استفاده در پرورش تجاری تیلاپا، دارای انرژی بالا و پروتئین ۳۰-۱۵٪ است. به همین دلیل قیمت غذای مصرفی پایین است (Da Silva et al. 2018).

از مهم‌ترین مسائل در پرورش آبزیان، توجه به امر تغذیه است، به طوری که در آبی‌پروری بیش از نیمی از هزینه‌های جاری یک مزرعه پرورشی ماهی به این امر اختصاص داده می‌شود. کیفیت جیره غذایی در روند رشد ماهیان بسیار با اهمیت است. بنابراین، می‌توان با دستیابی به ترکیبات بهینه مواد غذایی و مقادیر مناسب آنها در یک جیره متعادل شده به این روند بهبود بخشید (Hassan et al. 2020a). افزایش قیمت پودر ماهی در جهان و ظهور شانه‌دار دریای خزر موجب کاهش چشم‌گیر صید ماهی کیلکا در سواحل دریای خزر، و افزایش قیمت پودر ماهی در بازارهای داخلی شده است. مقدار زیادی از فرآورده‌های غنی از پروتئین از صنایع فرآوری، مانند پوست، استخوان و خون حاصل از کشتارگاه‌های بازیابی و استفاده از آنها به عنوان عناصر کاربردی در روش‌های تغذیه، جایگزینی بسیار امیدوارکننده است. با توسعه فناوری‌های آنزیمی برای بازیابی و اصلاح پروتئین، تولید طیف گسترده‌ای از مواد غذایی

و محصولات صنعتی امکان‌پذیر خواهد بود (Kabir et al. 2019).

مجرای گوارشی از جمله مری و روده نقش مهمی در انتقال، هضم و جذب مواد غذایی و در نتیجه، رشد و نمو آبی‌پروری می‌کنند. با توجه به این نقش، شناخت صفات بافت‌شناسی مری و روده به درک فیزیولوژی و ویژگی‌های رفتاری گونه مربوطه کمک می‌کند و پایه‌ای برای تشخیص نحوه تغذیه، بیماری‌های گوارشی و شرایط غیرطبیعی است (Amiripour et al. 2015). این مجاری در ماهیان و دیگر مهره‌داران، منشأ آندودرمی داشته و از آرکنترون نشأت می‌گیرند. بر اساس مطالعات، ساختار تشریحی و بافت‌شناسی مجرای گوارشی در بسیاری از گونه‌های ماهیان بررسی شده، به طوری که از لحاظ بنیادی شباهت‌های زیادی بین گونه‌های مختلف ماهیان وجود داشته، اما از نظر عملکرد و ریخت-شناسی تنوع زیادی در مجرای گوارشی آنها دیده می‌شود (Ranjan et al. 2020). به طور کلی ساختار دستگاه گوارش در گونه‌های مختلف ماهیان بر اساس نوع غذا، رفتارهای تغذیه‌ای، شکل و اندازه بدن متفاوت است. حتی در یک گونه خاص نیز بر حسب محل زندگی، فصل، سن و زمان تولیدمثل تغییراتی در دستگاه گوارش ماهی مشاهده می‌شود (Zhu et al. 2011). بر اساس مطالعات انجام گرفته در خصوص اهمیت تحقیق، می‌توان تأثیر ترکیبات جیره غذایی بر میزان رشد و ساختمان بافت‌شناسی روده در تیلاپای نیل (Ahmad Mohammad, 2005) اشاره کرد.

با وجود آب‌های داخلی، دریاچه‌های پشت سدها، تالاب‌ها و زهکش صنایع نیشکر و هم‌چنین، سواحل خلیج فارس با بیش از ۲۵۰ کیلومتر، نهرها و خوریات از آبادان تا بندر امام، ماهشهر و هندیجان در استان خوزستان، عرصه وسیعی از آب‌ها با دمای مناسب به مدت حداقل ۱۰-۸ ماه برای پرورش این ماهی مقاوم به سرما و همه‌چیزخوار و سریع‌الرشد مناسب است. استان خوزستان شرایط مناسبی برای پرورش این ماهی با ارزش اقتصادی بالا در دنیا به منظور تصفیه پساب‌ها و زنده نگه داشتن تالاب‌ها و تأمین پروتئین غذایی و صادرات و اشتغال و ارزآوری دارد. بنابراین، با توجه به ارزان و سهل‌الوصول بودن این محصول، مطالعه اخیر برای بررسی اولیه امکان جایگزینی پودر خون به جای پودر ماهی در

و تخلیه می‌شد. غذادهی ماهیان به میزان ۳٪ وزن بدن در دو نوبت صبح و عصر با غذای تهیه شده انجام می‌شد (حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ Aanyu et al. 2020).

پس از پایان دوره، پنج عدد ماهی پس از بیهوشی با پودر گل میخک به مقدار ۰/۵ گرم در لیتر، برای مطالعات بافتی، نمونه‌هایی به ابعاد ۰/۵ سانتی‌متر از بافت مری در قسمت میانی و از روده از قسمت‌های ابتدایی، میانی و انتهایی جدا و درون سبدهای نمونه‌گیری قرار داده شد. بعد از نام‌گذاری و قرار دادن در محلول فرمالین بافر ۱۰٪ و پس از ۴۸ ساعت، اقدام به تعویض فرمالین نمونه‌ها و جایگزینی آنها با الکل ۷۰٪ شد (Amiripour et al. 2015). در ادامه، برای انجام پاساژ بافتی نمونه‌ها پس از تثبیت، طبق روش معمول بافتی آماده و پس از گذراندن مراحل پاساژ بافتی شامل آگیری توسط الکل با درصدهای صعودی و سپس شفاف‌سازی توسط محلول گزلبول، آغستگی به پارافین در دمای ۶۰-۵۸ درجه سانتی-گراد با استفاده از دستگاه پاساژ بافت (RX-11B, Tissue Tekrotary, Japan) انجام و در نهایت نمونه‌ها برای قالب-گیری آماده شدند (عتباتی و همکاران، ۱۳۹۳). در نهایت برش‌هایی با ضخامت ۴-۶ میکرون توسط میکروتوم مدل LEICA-RM2245 ساخت کشور آلمان تهیه و رنگ آمیزی عمومی هماتوکسیلین-ائوزین و پرئودیک اسید شیف انجام شد. سپس توسط میکروسکوپ نوری مجهز به لنز Dino-Lite و کامپیوتر مجهز به نرم‌افزار داینو کپچر بررسی و عکس‌برداری از آنها انجام شد (Moallem et al. 2015; Khodabakhshian et al. 2022).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد. برای مقایسه از آزمون آنوای یک طرفه (One-Way ANOVA) استفاده و گروه‌ها بر اساس تغذیه‌های متفاوت مقایسه شدند. در مواردی که تداخل بین تیماری وجود داشت، جزئیات مقایسه درون گروهی و بین گروهی ارائه و در مواردی که اختلاف آماری بین گروه‌ها معنی‌دار بود، از پس آزمون توکی برای مشخص کردن اختلاف معنی‌دار بین تک تک گروه‌ها استفاده شد. در تمامی موارد $p < 0.05$ به عنوان

جیره غذایی و تأثیر آن بر بافت‌شناسی مری و روده تیلاپیای نیل به مرحله اجرا درآمده است.

مواد و روش‌ها

پس از انتقال ماهی‌های تیلاپیا از یک مرکز پرورش از استان بوشهر به آکواریوم‌های ۱۰۰ لیتری از قبل ضدعفونی شده موجود در بخش بهداشت و بیماری‌های آبزیان دانشکده دامپزشکی دانشگاه شهید چمران اهواز، برای هوادهی و تأمین اکسیژن در هر یک از آکواریوم‌ها دو عدد سنگ هوا که به منبع هواده متصل بود، نصب شد و تنها در هنگام غذادهی، هوادهی موقتاً قطع و سپس مجدداً برقرار می‌شد. آب مورد نیاز از آب لوله‌کشی شهری کلرزدایی شده استفاده و به مدت دو هفته سازگاری انجام شد (روشنفکر و همکاران، ۱۳۹۶).

پس از این مدت، ۱۵۰ عدد ماهی با وزن حدود 0.5 ± 0.3 گرم به طور تصادفی به ۵ گروه با سه تکرار شامل گروه شاهد دریافت کننده جیره تجاری بیومار ساخت فرانسه و فاقد پودر خون، گروه یک دریافت کننده جیره تجاری حاوی ۲۵٪ پودر خون گاو تهیه شده از کشتارگاه صنعتی اهواز، گروه دو دریافت کننده جیره تجاری حاوی ۵۰٪ پودر خون، گروه سه دریافت کننده جیره تجاری حاوی ۷۵٪ پودر خون، گروه چهار دریافت کننده جیره تجاری حاوی ۱۰۰٪ پودر خون با پروتئین پایه ۴۰٪ برای تمامی گروه‌ها به مدت ۸ هفته دسته‌بندی شدند (Li et al. 2020).

در طول مدت آزمایش، سنجش خصوصیات فیزیوشیمیایی آب از قبیل شوری، دما، pH و اکسیژن محلول به ترتیب با استفاده از رفراکتومتر نوری (Horiba U-10، ژاپن)، ترمومتر دیجیتالی (Horiba U-10، ژاپن)، دستگاه قابل حمل سنجش pH مدل ebro.PHT-3140 انجام شد. همچنین، اکسیژن محلول با استفاده از دستگاه دیجیتال اندازه‌گیری اکسیژن مدل 1609 TECPEL DO به‌طور روزانه اندازه‌گیری می‌شد. برای اندازه‌گیری آمونیاک، نیتريت، نیترات و سختی کل آب از دستگاه کالری‌متر هک (مدل ۸۹، شرکت هک، آمریکا) استفاده شد (جدول ۱). در طی مدت نگهداری و آزمایش، آب آکواریوم‌ها به میزان ۲۰٪ حجم آکواریوم به صورت روزانه و پس از اتمام تغذیه برای جلوگیری از افزایش آمونیاک و متابولیت‌های دیگر از ناحیه کف سیفون

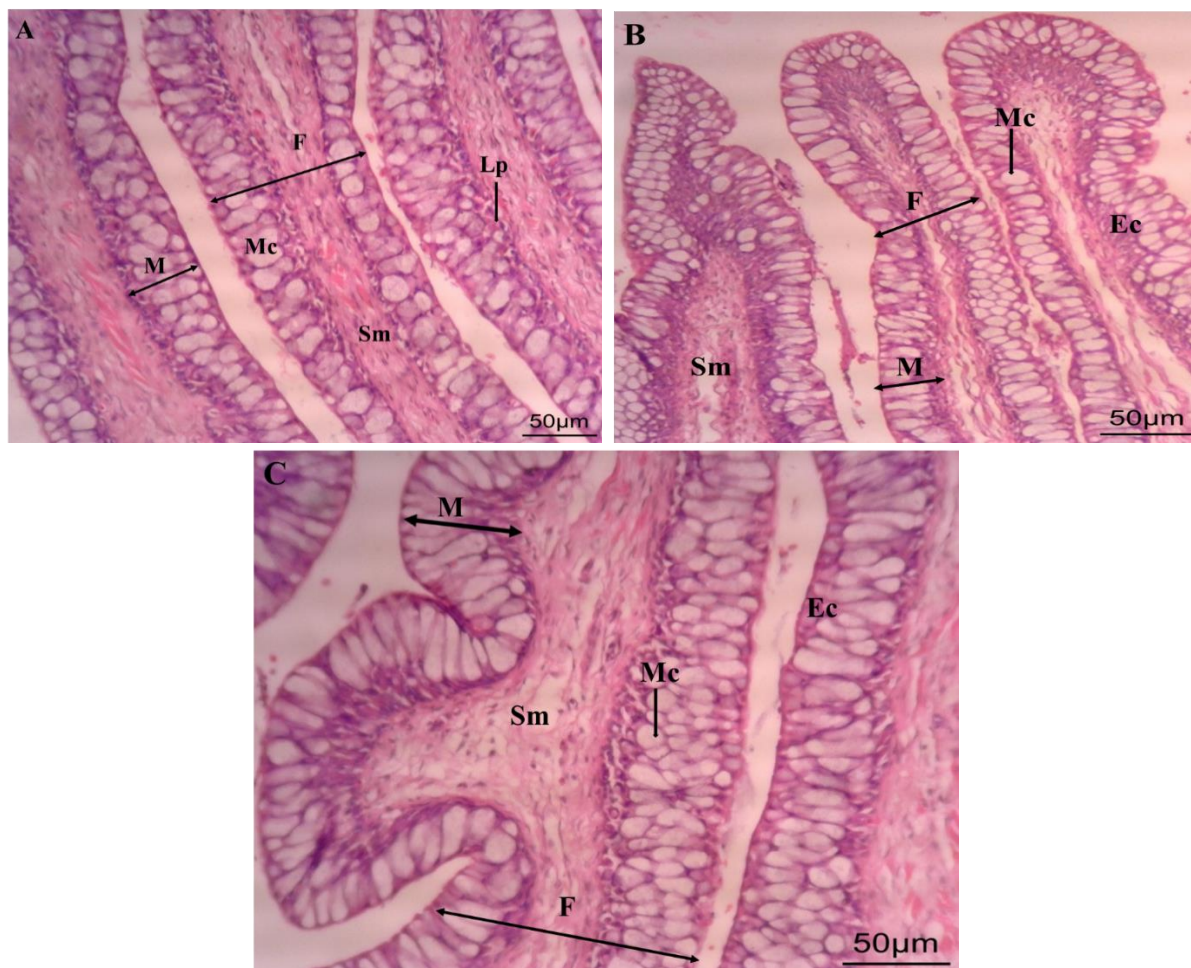
معنی‌دار بودن در نظر گرفته شد (Abdelhamed et al. 2017).

جدول ۱ فراسنجه‌های فیزیکی شیمیایی آب در طی دوره پرورش.

اکسیژن محلول	آمونیاک	نیتريت	نترات	سختی کل	pH	شوری	دما
۸-۱۲ mg/L	۰/۱ ppm	۰/۰۲ ppm	۵ ppm	۱۷۵ ppm	۸-۸/۲	۱/۱ ppt	۲۱-۲۶ °C

نتایج

نتایج حاصل از مطالعات ریزبینی نشان داد که مخاط مری دارای چین‌خوردگی‌های مخاطی متعدد است و به سمت انتهای مری این چین‌ها باریک‌تر و بلندتر می‌شوند. بافت پوششی مری از نوع سنگفرشی مطبق همراه با یاخته‌های دانه‌دار ترش‌حی بود (شکل ۱). بر اساس مطالعات هیستومتری مربوط به اندازه‌گیری شاخص‌هایی مانند ارتفاع و ضخامت پرز، ضخامت بافت پوششی و لایه عضلانی (بر حسب میکرومتر) و تغییر تعداد یاخته‌های موکوسی مطابق جدول ۲ قابل گزارش است. بر این اساس، بیشترین تعداد یاخته‌های موکوسی، بیشترین مقدار ضخامت بافت پوششی، بیشترین مقدار ضخامت لایه عضلانی، بیشترین مقدار ضخامت و ارتفاع پرز در ۰٪ T و کمترین مقدار در ۱۰۰٪ T خون به دست آمد. بر اساس این جدول، تنها در تعداد یاخته‌های موکوسی و ضخامت بافت پوششی در تمامی گروه‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p < 0/05$; جدول ۲).



شکل ۱ میکروگراف نوری از مری در (A) T₀%، (B) T₂₅% و (C) T₇₅% (H&E, 40x). لایه مخاطی (M)، لایه زیرمخاط (Sm)، چین مخاطی (F)، پارین (Lp)، باخته‌های موکوسی (Mc)، باخته‌های پوششی (Ec).

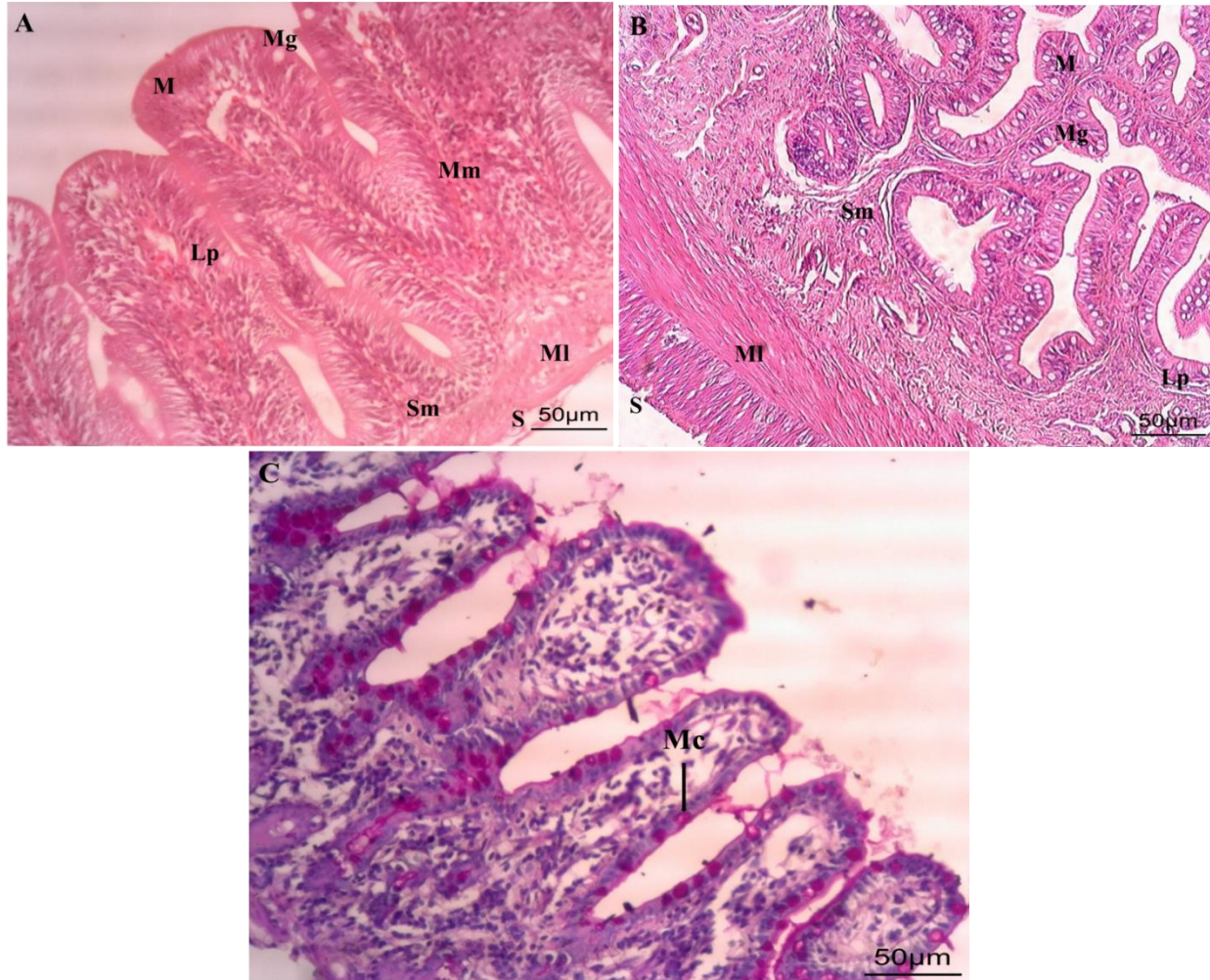
جدول ۲ شاخص‌های بافتی اندازه‌گیری شده در مری تیلایبای نیل به دنبال جایگزینی پودر خون به جای پودر ماهی در جیره غذایی در تیمارهای مختلف پس از ۸ هفته (حروف متفاوت در هر ردیف نشان از اختلاف معنی‌داری در سطح $p < 0.05$ است).

شاخص‌ها	T ₁₀₀ %	T ₇₅ %	T ₅₀ %	T ₂₅ %	T ₀ %
یاخته‌های موکوسی (تعداد در ۱۰۰ میکرومتر مربع)	۱۱/۲۳ ± ۱/۲۴ ^c	۱۳/۵۲ ± ۱/۵۸ ^d	۱۸/۳۷ ± ۱/۴۳ ^c	۲۲/۲۶ ± ۱/۲۷ ^b	۲۵/۱۲ ± ۱/۲۳ ^a
ضخامت بافت پوششی (میکرومتر)	۱۰/۴۳ ± ۱/۵۵ ^c	۱۴/۶۴ ± ۱/۱۷ ^d	۱۷/۵۴ ± ۱/۶۱ ^c	۲۰/۲۷ ± ۱/۲۳ ^b	۲۳/۳۱ ± ۱/۳۴ ^a
ضخامت لایه عضلانی (میکرومتر)	۱۱۲/۵ ± ۱۵/۴ ^c	۱۳۱/۴ ± ۱۶/۴۱ ^b	۱۳۵/۶ ± ۱۴/۶۲ ^b	۱۴۲/۲ ± ۱۵/۸۳ ^b	۱۶۴/۴ ± ۱۸/۳ ^a
ارتفاع پرز (میکرومتر)	۱۲۸/۳ ± ۱۹/۷ ^a	۱۳۰/۴۷ ± ۱۹/۳۷ ^a	۱۳۲/۵۴ ± ۱۹/۵۷ ^a	۱۳۳/۵۲ ± ۲۳/۱۶ ^a	۱۳۵/۴ ± ۲۱/۴ ^a
ضخامت پرز (میکرومتر)	۴۴/۷۱ ± ۲/۷۲ ^a	۴۴/۵۱ ± ۲/۶۶ ^a	۴۵/۲۶ ± ۲/۶۶ ^a	۴۵/۲۱ ± ۲/۴۵ ^a	۴۶/۱۱ ± ۲/۵۶ ^a

(T₀%: گروه شاهد؛ T₂₅%: گروه ۲۵٪ پودر خون؛ T₅₀%: گروه ۵۰٪ پودر خون؛ T₇₅%: گروه ۷۵٪ پودر خون؛ T₁₀₀%: گروه ۱۰۰٪ پودر خون).

از دیگر قسمت‌ها بود و به سمت فضای داخلی روده کشیده شد که نشان‌دهنده میزان جذب بالای مواد غذایی در این قسمت از روده است. بافت پوششی ناحیه مخاط روده از نوع استوانه‌ای ساده همراه با یاخته‌های موکوسی فراوان بود (شکل ۲).

نتایج حاصل از مطالعات ریزبینی ساختار روده نشان داد که در تمامی قسمت‌ها در تمامی گروه‌های آزمایشی تقریباً مشابه شامل چهار لایه به ترتیب از داخل به خارج لایه مخاطی، لایه نازک زیرمخاطی، لایه عضلانی از نوع صاف و لایه سرروز بوده است. چین‌های مخاطی یا پرزها در قسمت قدامی روده بلندتر



شکل ۲ میکروگراف نوری از ابتدای روده در 0%T؛ قسمت میانی روده تیمار 50%T (B) (H & E; 40x) و یاخته‌های موکوسی قسمت انتهایی روده در 100%T (C) (PAS, 40x). لایه مخاطی (M)، پارین (Lp)، لایه زیرمخاط (Sm)، عضله مخاطی (Mm)، لایه عضلانی (MI)، سرروز (S)، غدد موکوسی (Mg).

چنین بیشترین مقدار ضخامت لایه عضلانی، ضخامت و ارتفاع پرز در 0%T و کمترین مقدار در 100%T دیده شد. همچنین، در قسمت میانی روده، بیشترین تعداد یاخته جامی، ضخامت بافت پوششی، ضخامت لایه عضلانی، ارتفاع و ضخامت پرز در 0%T و کمترین مقدار در 100%T مشاهده شد. بر اساس

بر اساس مطالعات هیستومتری در ناحیه ابتدایی بافت روده، اندازه‌گیری شاخص‌هایی مانند ارتفاع و ضخامت پرز، ضخامت بافت پوششی و لایه عضلانی (بر حسب میکرومتر) و تغییر تعداد یاخته‌های موکوسی در جدول ۲ ارائه شده است. بیشترین تعداد یاخته جامی، ضخامت بافت پوششی و هم-

ابتدای روده، در تمامی گروه‌ها، اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. علاوه بر این، از نظر تعداد یاخته‌های موکوسی در ناحیه میانی و انتهایی روده در تمامی گروه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p < 0.05$; جدول ۳).

مطالعات هیستومتری در ناحیه انتهایی روده، بیشترین تعداد یاخته جامی، بیشترین مقدار ضخامت بافت پوششی، بیشترین مقدار ضخامت لایه عضلانی، بیشترین مقدار ارتفاع و ضخامت پرز در T_0 و کمترین مقدار در $T_{100\%}$ مشاهده شد. علاوه بر این، از نظر ضخامت بافت پوششی در ناحیه

جدول ۳ شاخص‌های بافتی اندازه‌گیری شده در قسمت ابتدای، میانی و انتهایی روده تیلاپیی نیل به دنبال جایگزینی پودر خون به جای پودر ماهی در جیره غذایی در تیمارهای مختلف پس از ۸ هفته (حروف متفاوت در هر ردیف نشان از اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است).

شاخص‌ها	$T_{100\%}$	$T_{75\%}$	$T_{50\%}$	$T_{25\%}$	T_0
ابتدای روده					
یاخته‌های موکوسی (تعداد در ۱۰۰ میکرومتر مربع)	$14/55 \pm 1/48^c$	$19/44 \pm 2/55^b$	$21/35 \pm 2/63^b$	$26/36 \pm 2/33^a$	$28/33 \pm 2/63^a$
ضخامت بافت پوششی (میکرومتر)	$12/52 \pm 1/38^c$	$16/66 \pm 1/62^d$	$19/44 \pm 1/39^c$	$22/47 \pm 1/46^b$	$26/33 \pm 1/73^a$
ضخامت لایه عضلانی (میکرومتر)	$111/52 \pm 15/71^b$	$115/14 \pm 16/33^b$	$131/38 \pm 16/22^a$	$137/5 \pm 20/33^a$	$144/7 \pm 22/3^a$
ارتفاع پرز (میکرومتر)	$93/55 \pm 8/54^b$	$98/44 \pm 8/33^b$	$115/57 \pm 15/47^a$	$121/2 \pm 17/4^a$	$126/4 \pm 19/3^a$
ضخامت پرز (میکرومتر)	$38/11 \pm 3/46^b$	$40/43 \pm 3/47^b$	$49/22 \pm 5/47^a$	$51/35 \pm 5/44^a$	$54/11 \pm 6/52^a$
میانی روده					
یاخته‌های موکوسی (تعداد در ۱۰۰ میکرومتر مربع)	$17/3 \pm 2/44^e$	$22/32 \pm 2/46^d$	$25/42 \pm 2/31^c$	$30/49 \pm 2/22^b$	$35/42 \pm 3/33^a$
ضخامت بافت پوششی (میکرومتر)	$10/5 \pm 1/39^c$	$16/31 \pm 1/35^b$	$18/42 \pm 1/36^b$	$22/33 \pm 1/42^a$	$24/33 \pm 2/46^a$
ضخامت لایه عضلانی (میکرومتر)	$91/4 \pm 6/18^b$	$98/4 \pm 8/47^b$	$128/33 \pm 14/64^a$	$131/47 \pm 15/36^a$	$136/22 \pm 13/34^a$
ارتفاع پرز (میکرومتر)	$87/51 \pm 6/3^b$	$92/3 \pm 7/49^b$	$108/33 \pm 13/46^a$	$114/51^a$ $111/22$	$115/33 \pm 14/36^a$
ضخامت پرز (میکرومتر)	$32/4 \pm 3/26^b$	$35/3 \pm 3/46^b$	$41/33 \pm 3/58^a$	$44/37 \pm 4/26^a$	$47/12 \pm 4/22^a$
انتهای روده					
یاخته‌های موکوسی (تعداد در ۱۰۰ میکرومتر مربع)	$27/33 \pm 2/58^e$	$35/44 \pm 2/39^d$	$41/35 \pm 2/38^c$	$49/35 \pm 3/67^b$	$54/22 \pm 4/31^a$
ضخامت بافت پوششی (میکرومتر)	$8/18 \pm 1/33^c$	$15/33 \pm 1/49^b$	$16/23 \pm 1/62^b$	$19/31 \pm 1/38^a$	$21/48 \pm 2/63^a$

۸۰/۲۳ ± ۵/۱۱ ^b	۹۲/۱۴ ± ۷/۳۴ ^b	۱۳۲/۵۶ ± ۱۹/۶۳ ^a	۱۳۶/۷۵ ± ۲۰/۴ ^a	± ۲۱/۱۱ ^a ۱۴۰/۱۷	لایه عضلانی (میکرومتر)
۷۶/۴۴ ± ۶/۷۴ ^b	۸۱/۲۲ ± ۶/۶۵ ^b	۹۰/۶۴ ± ۶/۴۱ ^a	۹۴/۴۲ ± ۶/۱۱ ^a	۹۷/۳۱ ± ۷/۳۳ ^a	پرز (میکرومتر)
۲۳/۱۱ ± ۲/۵۶ ^b	۲۵/۳۶ ± ۲/۴۷ ^b	۳۱/۵۵ ± ۲/۶۶ ^a	۳۳/۱۶ ± ۳/۲۸ ^a	۳۶/۶۴ ± ۳/۶۲ ^a	پرز (میکرومتر)

بحث

مناسب بیشتر می‌شود. هم‌چنین، محققان بر این باورند که تأمین سلامت دستگاه گوارش و به دنبال آن، بهبود وضعیت ساختار مری و پرزهای روده از مهم‌ترین موارد مؤثر بر بهره‌وری مواد خوراکی و به دنبال آن، رشد آبی است. بر اساس مطالعات مشخص شد که ضایعات پروتئین حیوانی مثل پودر خون و دیگر ضایعات کشتارگاهی دام و طیور یک جایگزین کم هزینه به جای پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان به شمار آمده و از لحاظ آمینواسیدهای ضروری و اسیدهای چرب بر پروتئین‌های گیاهی برتری دارند و علاوه بر آن، عوامل ضد تغذیه‌ای منابع پروتئین گیاهی نیز در آنها وجود ندارد. پودر خون ارزان‌ترین فرآورده به دست آمده از ضایعات حیوانی به شمار آمده که به دلیل دارا بودن پروتئین بالای ۶۵ تا ۸۵٪ و قابلیت هضم مناسب ۶۵ تا ۷۰٪ به طور گسترده در جیره آبزیان استفاده می‌شود (Raji et al. 2010; Razmara et al. 2014).

بیشترین شاخص‌های مناسب بافتی مری و روده در مقایسه با گروه شاهد در ۵۰٪ T مشاهده شد که احتمالاً این امر به دلیل فراهم بودن بیشتر پروتئین در این جیره‌ها بوده است، زیرا بر اساس گزارش محققان، نسبت بازده پروتئین معیاری است که نشان می‌دهد منبع پروتئین موجود در جیره تا چه حد قادر بوده است رشد و اسیدهای آمینه ضروری ماهی را تأمین کند. با توجه به توسعه پرورش ماهی و نیاز به اطلاعات بیشتر در زمینه عادات غذایی و روش تغذیه ماهیان اهمیت مطالعات بافت‌شناسی دستگاه گوارش ماهیان بیشتر می‌شود (Ale et al. 2018). مشاهدات انجام شده در این تحقیق نشان داد که همانند دیگر مهره داران و آبزیان از نظر ساختاری دیواره لوله گوارش ماهی از قسمت داخل به سمت خارج شامل لایه‌های مخاط در داخلی‌ترین لایه و به ترتیب شامل زیرمخاط و لایه عضلانی و

صنعت آبی‌پروری در حال حاضر به سرعت در جهان در حال توسعه است. از این رو، برای افزایش موفقیت‌آمیز تولید آبزیان نیازمند یک برنامه مدیریت صحیح در تغذیه است (Gaygusuz et al. 2010; Foyal et al. 2020). بر اساس مشاهدات در تیمارهای مختلف مشخص شد که ۰٪ T و ۲۵٪ T تا ۵۰٪ T به خوبی از غذای داده شده تغذیه کردند و روند غذاگیری در ۷۵٪ T نیز تا حدودی مطلوب بود، در صورتی که در ۱۰۰٪ T در روزهای پایانی غذاگیری کاهش و عدم تمایل به مصرف غذا در ماهیان مشاهده شد. احتمالاً رویگردانی ماهیان از مصرف جیره با درصدهای بالاتر به خاطر طعم و مزه بد غذا به دلیل کاهش پودر ماهی و افزایش پودر خون در جیره دریافتی بوده است. تغذیه خوب در کارگاه‌های پرورشی برای حفظ سلامتی و در نتیجه، افزایش تولید با کیفیت بالا ضروری است (Shuisheng et al. 2020; Wardani et al. 2022).

بر اساس نظر محققان مشخص شد که تغذیه در ماهی ارتباط نزدیکی با ساختارهای دستگاه گوارش به خصوص مجرای گوارشی دارد. تشریح، ریخت‌شناسی و بافت‌شناسی مری و روده در ماهیان استخوانی به طور گسترده مطالعه شده تا از طریق آن بتوان عملکرد ساختارهایی که برای انطباق با عادات غذایی مختلف ایجاد شده است را تعیین کرد (روشنفکر و همکاران، ۱۳۹۶؛ Magara et al. 2022).

ماهی‌ها از منابع مختلفی که در اعماق مختلف آب یافت می‌شوند، تغذیه می‌کنند و تشریح لوله گوارشی و عادات تغذیه‌ای آنها، اطلاعات بوم‌شناختی و زیست‌شناختی مفیدی را فراهم می‌کند. با توجه به توسعه آبی‌پروری، نیاز به اطلاعات بیشتر در زمینه عادات غذایی و روش تغذیه‌ای جایگزین با استفاده از مواد با ارزش غذایی بالا اما با قیمت

Meng et al. 2012). همچنین، این محققان گزارش کردند که چین‌های مخاطی قابلیت جذب مواد غذایی را افزایش می‌دهند. بر این اساس، با توجه به بزرگتر بودن طول چین‌های مخاطی در ابتدای روده نسبت به دیگر قسمت‌ها در ماهی، جذب مواد غذایی در بخش ابتدایی روده بیش از دیگر قسمت‌های آن است. نتایج این تحقیق نشان داد که از نظر مشخصات ساختاری بافت مری و روده پودر خون می‌تواند جایگزین مناسبی به جای پودر ماهی در جیره غذایی تیلاپیا در کنار جایگزین‌های احتمالی پروتئین‌های حیوانی و گیاهی دیگر برای تغذیه این ماهیان باشد و موجب کاهش هزینه غذا و کاهش وابستگی به پودر ماهی برای تامین پروتئین مورد نیاز ماهیان تیلاپایی نیل خواهد شد.

منابع

حسن‌زاده، س.، عبدی، ر.، سالاری علی‌آبادی، م.ع.، موحدی‌نیا، ع.، بصیر، ز. ۱۳۹۷. هیستومورفولوژی مقایسه‌ای مری و روده در دو گونه ماهی گوشت‌خوار و فیتوپلانکتون‌خوار خلیج فارس. محیط زیست جانوری ۱۰: ۳۸۸-۳۸۱.

عتباتی، آ.، سواری، ا.، موحدی‌نیا، ع.، عبدی، ر. ۱۳۹۳. مطالعه هیستوپاتولوژیک کبد ماهی کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) در آب‌های ساحلی شمال خلیج فارس. محیط زیست جانوری ۶: ۱۴۴-۱۳۵.

روشنفکر، خ.، عبدی، ر.، سالاری علی‌آبادی، م.ع.، بصیر، ز. ۱۳۹۷. تأثیر کمپوست مصرفی قارچ دکمه‌ای و کود شیمیایی بر روند تغییرات بافت روده گونه‌های پرورشی گرمایی. فصلنامه فیزیولوژی و تکوین جانوری ۱۱: ۲۵-۱۱.

Aanyu, M., Betancor, M.B., Monroig, O. 2020. The effects of combined phytogenics on growth and nutritional physiology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 519: 1-28.

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*. *Frontiers in Microbiology* 8: 1-15.

سرروز با یک ردیف سلول سنگ‌فرشی است. نتایج بافت‌شناسی مری در گونه مورد مطالعه نشان داد که بافت پوششی مخاط مری در این ماهی از نوع استوانه‌ای ساده، اما در برخی استوانه‌ای مطبق همراه با تعداد بسیار زیاد یاخته‌های موکوسی است که ترکیبات گلیکوپروتئینی را که مخاط شناخته می‌شوند، ترشح می‌کنند و لایه مخاطی روده را در برابر آسیب باکتری‌ها و سموم محیطی محافظت می‌کنند (Younis et al. 2012; Moradkhani et al. 2020).

یافته اخیر با بررسی‌های انجام‌شده بر روی ساختار دستگاه گوارش بیشتر ماهیان آب شیرین و شور، کپور معمولی و قزل‌آلای رنگین‌کمان مطابقت دارد. لایه مخاطی داخلی‌ترین لایه که شامل یاخته‌های جامی و استوانه‌ای ساده است و با مطالعات انجام‌شده روی کپور معمولی، سس ماهی چسبیده (*Orden gobiesociformes*) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، لوچ ماهی (*Turcinoemacheilus bahaii*) و گل‌آذین ماهی (*Pseudophoxinus antalyae*) هم‌سویی دارد (Falahatkar et al. 2012; Adeniran et al. 2017).

بر اساس مطالعه اخیر ساختار روده در قسمت ابتدایی، میانی و انتهایی در جیره‌های مختلف تفاوت چندانی نداشت که مشابه دیگر گونه‌های مورد مطالعه توسط محققان دیگر بود (El-Bakary et al. 2010). نتایج یافته‌های ریخت‌سنجی نشان داد که چین‌های مخاطی روده از قسمت ابتدایی به سمت قسمت انتهایی روده به تدریج کوتاه‌تر می‌شود. این یافته‌ها مشابه گزارش‌های ارائه شده در ماهی زرده (*Euthynnus affinis*)، کپور معمولی (*Cyprinus*) Adeniran, A., Adeyemo, O.K., Emikpe, B., Alarape, S. 2017. Organosomatic indices, haematological and histological assessment as biomarkers of health status in feral and cultured *Clarias gariepinus*. *African Journal of Biomedical Research* 20: 189-194.

Ahmad Mohamad, S. 2009. Effect of different artificial on growth rate condition and histological structure of Nile tilapia (*Oreochromus niloticus*). *Research of Fisheries and Hydrobiology* 4: 29-34.

- Ale, A., Bacchetta, C., Rossi, A.S., Galdoporpora, J., Desimone, M.F., Fernando, R., Cazenave, J. 2018. Nanosilver toxicity in gills of a neotropical fish: Metal accumulation, oxidative stress, histopathology and other physiological effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 148: 976-984.
- Amiripour, L., Abdi, R., Movahedinia, A.A., Sahraian, M. 2015. Study of liver and intestine tissue structure in orange spotted grouper (*Epinephelus coioides*) during larval development. *Journal of Oceanography* 6: 87-92.
- Da Silva, M.A., de Alvarenga, E.R., Alves, G.F., Manduca, L.G., and Turra, E.M. 2018. Crude protein levels in diets for two growth stages of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a biofloc system. *Aquaculture Research* 49: 2693-2703.
- El-Bakary, N.E.R., El-Gammal, H.L. 2010. Comparative histological, histochemical and ultrastructural studies on the proximal intestine of flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) and sea bream (*Sparus aurata*). *World Applied Sciences Journal* 8: 477-485.
- El-Naby, F.S.A., Naiel, M.A.E., Al-Sagheer, A.A., Negm, S.S. 2019. Dietary chitosan nanoparticles enhance the growth, production performance, and immunity in *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 501: 82-89.
- Foysal, M.J., Alam, M., Kawser, A., Hasan, F., Rahman, M.M., Tay, C.Y. 2020. Metaomics technologies reveals beneficiary effects of *Lactobacillus plantarum* as dietary supplements on gut microbiota, immune response and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 734974.
- Gaygusuz, C.G., Tarkan, A.S., Gaygusuz, O. 2010. The diel changes in feeding activity, microhabitat preferences and abundance of two freshwater fish species in small temperate streams (Omerli, Istanbul). *Ekoloji* 19: 15-24.
- Hassan, M.S., Mohammady, E.Y., Soady, M.R., Palma, J., Shower, E.E., El-Haroun, E. 2020. The effect of dietary sericite on growth performance, digestive enzymes activity, gut microbiota and haematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Animal Feed Science and Technology* 114400.
- 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. *Aquaculture* 634200.
- Khodabakhshian, M., Shirali, S., Abdi, R. 2022. Microscopic survey of Balbiani bodies in yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*), Abu mullet (*Planiliza abu*), common carp (*Cyprinus carpio*) and benni (*Barbus sharpeyi*). *Journal of Animal Research* 34: 375-389.
- Li, Y., Kortner, T.M., Chikwati, E.M., Belghit, I., Lock, E.J., Krogdahl, A. 2020. Total replacement of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal does not compromise the gut health of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 734967.
- Magara, G., Prearo, M., Vercelli, C., Barbero, R., Micera, M., Botto, A., Caimi, C., Caldaroni, B., Berteà, C.M., Mannino, G. 2022. Modulation of antioxidant defense in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with a diet supplemented by the waste derived from the supercritical fluid extraction of basil (*Ocimum basilicum*). *Antioxidants* 11: 1-20.
- Falahatkar, B.R., Akhavan, S., Efatpanah, I., Meknatkhah, B. 2012. Effect of winter feeding and starvation on the growth performance of young-of-year (YOY) great sturgeon, *Huso huso*. *Journal of Applied Ichthyology* 29: 26-30.

- Meng, Q., Shaoxiong, D., Xiaojing, X., Minghui, Sh., Yingzhe, Y., Yongquan, S. 2012. Ontogenetic development of the digestive system and growth in coral trout (*Plectropomus leopardus*). *Aquaculture* 334: 132-141.
- Moallem, Z., Abdi, R., Movahedinia, A., Shirali, S., Salati, A.P. 2015. Gonad histology and gonadosomatic index variations during gonadal development of wild female *Tenuulosa ilisha*. *Journal of the Persian Gulf* 6: 53-58.
- 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: cypriniformes: cyprinidae), in warm and cold season. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 50: 423-432.
- Raji, A.R., Norouzi, E. 2010. Histological and histochemical study on the alimentary canal in Walking catfish (*Claris batrachus*) and piranha (*Serrasalmus nattereri*). *Iranian Journal of Veterinary Research* 11: 255-261.
- Ranjan, A., Srivastava, P.P., Jain, K.K., Muralidhar, P.A. 2020. Comparative evaluation of metabolic enzymes activities in different tissues of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) fingerlings reared at ambient and higher temperature. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 19: 893-903.
- Razmara, P., Heyrati Peykan, F., Dorafshan, S. 2014. Effect of silver nanoparticles on some hematological indices of rainbow catfish (*Pangasius hypophthalmus*). *Journal of Cell and Tissue* 5: 263-272.
- Shuisheng, L., Xiaohui, D., Dong, H., Liu, X. 2022. Effect of dietary oxidized fish oil on liver function in hybrid grouper (♀ *Epinephelus fuscoguttatus* × ♂ *Epinephelus lanceolatus*). *Aquaculture Reports* 101130.
- 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. *Aquaculture* 735514.
- Younis, E.M., Abdel-Warith, A.A., AL-Asgan, N.A. 2012. Hematological and enzymatic responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, during short- and long-term sub lethal exposure to zinc. *African Journal of Biotechnology* 11: 4442-4446.
- Zhu, H., Gong, C., Wang, I., Wu, X., Xue, M., Niu, C., Guo, L., Yu, Y. 2011. Replacement of fish meal with blend of rendered animal protein indices for Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt), results in performance equal of fish meal fed fish. *Aquaculture Nutrition* 17: 389-395.