Journal of Aquaculture Sciences 12(22): 112-125 (2024)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۲، شماره ۲۲: ۱۱۲–۱۲۵ (۱۴۰۳)

پارامترهای خونی و بیوشیمیایی سرمی هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط (*Epinephelusstoliczkae*) دریای عمان

معصومه زین‌الدینی، پروین صادقی*

گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۷ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۴**

چکیده

هدف این پژوهش تعیین پارامترهای خونی و بیوشیمیایی سرمی هامورماهی لکه زیتونی منقوط (*Epinephelus stoliczkae*) دریای عمان و مقایسه شاخص‌های خونی بین جنس نر و ماده است. تعداد ۶۰ قطعه ماهی با میانگین طول کل نر: ۲۸/۴۴±۰/۵۶ و ماده: ۲۹/۵۸±۰/۵۰ سانتی‌متر و میانگین وزن کل (نر: ۳۷۲/۵۰±۵/۸۸ و ماده: ۳۸۷/۹۰±۳/۰۵ گرم به‌وسیله قلاب در دی‌ماه ۱۳۹۹ از خلیج چابهار، دریای عمان صید شدند. خون‌گیری از ساقه دمی ماهی ها با استفاده از سرنگ انجام شد. شاخص‌های خون‌شناسی شامل غلظت هموگلوبین (Hb)، هماتوکریت (Hct)، تعداد گلبول‌های قرمز (RBC) و سفید (WBC)، متوسط حجم گلبول‌های قرمز (MCV)، متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز (MCH) و متوسط غلظت هموگلوبین سلولی (MCHC) و پارامترهای بیوشیمیایی سرم مانند گلوکز، پروتئین کل، آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آلکالین فسفاتاز (ALP)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و هورمون‌های تیروئیدی (T3 و T4) براساس دستورالعمل‌های مربوطه در آزمایشگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شاخص‌های هماتوکریت، MCV، تعداد گلبول‌های سفید، گلوکز، T3 و ALT در دو جنس نر و ماده دارای اختلاف آماری معنی‌داری بودند ($P<0/05$). نتایج همبستگی مثبت بین طول کل و وزن کل در ماهی نر ($r=0/948$، $P<0/05$) و ماهی ماده ($r=0/652$، $P<0/05$) نشان داد. همچنین بین هموگلوبین و لنفوسیت با طول کل و وزن کل در جنس نر همبستگی معنی‌داری ثبت شد. در جنس ماده بین طول کل و وزن کل با پارامترهای خونی همبستگی مشاهده نشد. اطلاعات پایه پروفایل خونی هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط در مطالعه حاضر می‌تواند به‌عنوان مرجع در مطالعاتی چون ارزیابی سلامت ماهی بکار گرفته شود.

کلید واژگان: شاخص‌های خونی، هامور ماهی لکه‌زیتونی منقوط، جنسیت، خلیج چابهار

*نویسنده مسئول parvin.sadeghi@gmail.com

مقدمه

ویژگی‌های خون‌شناسی ماهیان یکی از با ارزش‌ترین شواهد مراحل فیزیولوژیک ماهیان است. اهمیت علم خون‌شناسی به‌عنوان یک علم مبنا و مهم در پاراکلینیک و اهمیت خون به‌عنوان یک شاخص برای تعیین سلامت و بیماری و درجات آن اثبات شده است. چون این بافت حیاتی سیال بیانگر وضعیت سلامت بدن است؛ اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک خون می‌تواند به‌عنوان یک ابزار تشخیصی در مطالعات دیگری همچون سم‌شناسی و پایش زیستی بکار رود (Singkhanan *et al.*, 2019). پارامترهای بیوشیمیایی خون در بسیاری از اختلالات و بیماری‌های ماهیان دچار تغییرات می‌شوند و این تغییرات پیش از علائم کلینیکی قابل رؤیت است (Erkinharju *et al.*, 2021). بنابراین، مطالعه دقیق این پارامترها در بررسی سلامت ماهیان کمک شایانی خواهد نمود. دستیابی به کیفیت فیزیولوژیک، تعیین شاخص‌های خونی و سرم‌شناسی در بهداشت و سلامت آبزیان، تکثیر و پرورش و بهره‌وری تولید اهمیت زیادی دارد (Nakagawa *et al.*, 2007). سیستم گردش خون پنجره مهمی است که از طریق آن می‌توان سلامت و فیزیولوژی ماهی‌ها را بررسی کرد. شاخص‌های خون‌شناسی می‌توانند اطلاعات مربوط به استرس، بیماری، تغذیه، تولیدمثل و پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن به تغییرات محیطی (مانند دما، شوری و pH) را در ماهی ارائه دهند که معمولاً برای ارزیابی وضعیت سلامت ماهی، سطح استرس و پتانسیل ایمنی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lawrence *et al.*, 2020; Witeska *et al.*, 2022). استفاده از پارامترهای خونی و بیوشیمی خون، روش‌های مؤثر و قابل تکراری برای پایش سلامت ماهی است (Sadeghi *et al.*, 2015). پارامترهای خون‌شناسی ماهی برای تشخیص شرایط پاتوفیزیولوژیک مرتبط با اختلالات متابولیک در ماهی مفید است؛ بنابراین به‌عنوان یک نشانگر زیستی غیراختصاصی استرس حاد و مزمن در زیستگاه طبیعی و در محیط پرورشی عمل می‌کند (Suljević and Mitrašinović-Brulić, 2020). خون انواع بسیار زیادی از مواد (گازها، آب، مواد معدنی، مواد مغذی، هورمون‌ها، عوامل ایمنی، سموم، ساختارهای میکروبی یا مواد زائد) را حمل می‌کند، بنابراین، تجزیه و تحلیل آن می‌تواند اطلاعات زیادی در مورد فیزیولوژی و وضعیت سلامت ماهی ارائه دهد. شاخص‌های خونی مانند غلظت متابولیت‌ها و پروفایل‌های هورمونی منعکس‌کننده واکنش‌های سیستمیک به تغییرات یا اختلالات هموستاز می‌باشد که می‌تواند پژوهشگران و دامپزشکان و همچنین پرورش‌دهندگان ماهی را که وضعیت فیزیولوژیکی یک ماهی یا کل جمعیت را نظارت می‌کنند، آگاه کند (Seibel *et al.*, 2021).

دریای عمان یکی از دریاهای ایران است که در جنوب کشور و در مجاور استان سیستان و بلوچستان قرار دارد (Sadeghi *et al.*, 2021) است. این دریا به خلیج فارس، اقیانوس هند و دریای عرب متصل است و تحت تأثیر جریان‌های دریایی و بادهای موسمی قرار دارد (Tabezar *et al.*, 2023). ویژگی استراتژیک این دریا و وجود آبزیان متنوع، اهمیت مطالعه در حوزه‌های مختلف علوم آبزیان در این منطقه را پر رنگ‌تر می‌نماید.

هامور ماهیان (Serranidae) جزء ماهیان دارای ارزش اقتصادی در دریای عمان هستند. یکی از اعضای خانواده هامورماهیان، هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط با نام علمی *Epinephelus stoliczkae* و نام عمومی Epaulet Grouper می‌باشد که دارای پراکنش بالایی در مناطق گرمسیری مانند مناطق استوایی و زیر استوایی است (Parenti and Bressi, 2001). این ماهی دارای پراکندگی قاره‌ای گرمسیری تا نیمه‌گرمسیری (~ ۱۰ تا ۳۰ درجه شمالی) در اطراف سواحل دریای سرخ و شمال غربی اقیانوس هند (ایران، مصر، پاکستان، یمن و عمان) است. به‌طورکلی در بستر ماسه‌ای کم‌عمق (از عمق ۵ تا ۵۰ متر) در نزدیکی مجموعه‌های کوچک مرجانی یافت می‌شود. این ماهی گوشت‌خوار بوده و از ماهی‌های کوچک و سخت‌پوستان تغذیه می‌کند (Craig *et al.*, 2011).

ماهیان به‌شدت به محیط خود وابسته‌اند و در نتیجه فیزیولوژی بدن آن‌ها تحت تأثیر شرایط محیطی خواهد بود (Babaei *et al.*, 2013). به‌رغم اهمیت خون‌شناسی خصوصاً وضعیت، تعداد و ریخت‌شناسی یاخته‌های خونی، مطالعات اندکی در ایران بر روی ماهیان دریایی صورت گرفته است. یافته‌های منتج از پژوهش‌های خون‌شناسی ماهیان می‌تواند پاسخگوی بسیاری از ابهامات در زمینه سلامت، مراحل زندگی، گله‌های مولد مناسب و مراحل مختلف رسیدگی جنسی آن‌ها باشد. از این‌رو، این پژوهش به‌منظور تعیین دامنه طبیعی شاخص‌های خون‌شناسی

جدول ۱- مختصات جغرافیایی محل جمع‌آوری هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط دریای عمان

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
بریس	۲۵°۰۸´ ۴۰´´N	۶۱°۱۰´۳۱´´E
رمین	۲۵°۱۶´ ۴۳´´N	۶۱°۴۶´۱۶´´E
چابهار	۲۵°۱۷´ ۱۲´´N	۶۰°۳۶´۲۲´´E
آب شیرین‌کن	۲۵°۲۶´ ۳۲´´N	۶۰°۲۹´۱۲´´E
کنارک	۲۵°۲۲´ ۵۱´´N	۶۰°۱۵´۴۰´´E

جنس‌های نر و ماده هامور ماهی لکه‌زیتونی منقوط (*Epinephelus stoliczkae*) دریای عمان و مقایسه این مقادیر در دو جنس نر و ماده این گونه انجام شده است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری در دی ماه ۱۳۹۹ از ۵ ایستگاه در آب‌های خلیج چابهار و دریای عمان انجام شد و ۶۰ قطعه هامور ماهی لکه‌زیتونی منقوط بالغ با استفاده از قلاب توسط صیادان محلی صید گردید. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در جدول ۱ ارائه شده است.

بلافاصله پس از صید، هر قطعه ماهی در سطل حاوی آب دریا و پودر گل میخک (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بیهوش و زیست‌سنجی شد. سپس خون‌گیری با استفاده از سرنگ ۵ سی‌سی آغشته به هپارین از ساقه دمی ماهی انجام شد. یک بخش از خون جمع‌آوری‌شده جهت سنجش فاکتورهای پلاسمایی به لوله‌های آزمایش فاقد ماده ضد انعقاد انتقال داده شد و بخش دیگر در لوله‌های آزمایش حاوی ماده ضد انعقاد EDTA ریخته شد تا برای شمارش تعداد گلبول‌های قرمز و سفید، میزان هماتوکریت و هموگلوبین و شاخص‌های گلبولی مورداستفاده قرار گیرد. برای جداسازی سرم، لوله‌های فاقد ماده ضد انعقاد، در سانتریفیوژ (مدل SN:97269، ساخت ایران) با دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شدند. پس از جدا شدن سرم، با استفاده از سرنگ استریل مایع رویی به‌آرامی جمع‌آوری و در اپندورف ۱/۵ میلی‌لیتری تخلیه شد. نمونه‌ها تا زمان سنجش میزان پروتئین، گلوکز، آنزیم‌های کبدی و هورمون‌های تیروئیدی در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره گردیدند (Sadeghi *et al.*, 2015). لازم به ذکر است که پس از پایان خون‌گیری، نمونه‌های ماهی برای تشخیص جنسیت تشریح شدند.

نحوه ارزیابی شاخص‌های خونی

گلبول قرمز: برای شمارش تعداد گلبول‌های قرمز، از خون رقیق‌شده با محلول هایم به نسبت ۱:۲۰۰، لام هموسیتومتر و میکروسکوپ نوری (Nikon Eclipse 50i) مجهز به دوربین دیجیتال با بزرگنمایی ۴۰x استفاده شد. تعداد کل گلبول‌های قرمز با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Tavares-Dias and Moraes, 2003).

$$RBC/\mu L = N \times ۱۰۰۰۰$$

هماتوکریت و هموگلوبین: هماتوکریت خون با روش میکروهماتوکریت (Vazquez and Guerrero, 2007) و هموگلوبین با روش استاندارد سیانومت‌هموگلوبین (Drabkin, 1945; Crestani *et al.*, 2006) اندازه‌گیری شدند و مقادیر هر فاکتور با استفاده از روابط زیر گزارش گردید:

Htc٪ = (ارتفاع گلبول‌های قرمز متراکم و پلاسما برحسب میلی‌متر/ارتفاع گلبول‌های قرمز متراکم برحسب میلی‌متر) ×۱۰۰

غلظت هموگلوبین برحسب گرم در دسی لیتر =غلظت استاندارد×جذب نوری استاندارد/جذب نوری نمونه خون

محاسبه ضرایب گلبولی: برای محاسبه ضرایب گلبولی متوسط حجم گلبول‌های قرمز (MCV)، متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز (MCH) و متوسط غلظت هموگلوبین سلولی (MCHC) از فرمول‌های زیر استفاده شد (Dacie and Lewis, 1991):

$$MCV(fl) = (Ht / RBC) \times 10$$
$$MCH(pg) = (Hb/RBC) \times 10$$
$$MCHC(g/dl) = (Hb/Ht) \times 100$$

گلبول سفید: تعداد گلبول‌های سفید در خون رقیق‌شده با محلول تورک به نسبت ۱:۲۰ و با استفاده از لام هموسیتومتر و میکروسکوپ نوری (بزرگنمایی ۴۰x) شمارش شد و تعداد گلبول‌های سفید در هر میلی‌متر مکعب خون مطابق فرمول زیر محاسبه شد (Tavares-Dias and Moraes, 2003):

$$WBCs/\mu L = N \times ۵۰$$

شمارش افتراقی گلبول‌های سفید: برای شمارش افتراقی گلبول‌های سفید (نوتروفیل، لنفوسیت، بازوفیل، ائوزینوفیل و مونوسیت) خون ماهی، با استفاده از یک قطره خون گسترش‌های نازک خونی تهیه و با گیمسا رنگ‌آمیزی شدند و با عدسی ۱۰۰ میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفتند (Tavares-Dias and Moraes, 2003).

سنجش پروتئین کل: سنجش پروتئین کل در سرم خون ماهی با روش Lowry و همکاران (۱۹۵۱) و استفاده از سرم آلبومین گاوی به‌عنوان استاندارد اندازه‌گیری شد و مقادیر سنجش شده در طول موج ۵۴۰ نانومتر بر حسب گرم در دسی لیتر گزارش گردید.

سنجش گلوکز: سنجش گلوکز در سرم خون ماهی به روش گلوکز اکسیداز انجام شد (Trinder, 1969; Renitasari *et al.*, 2021). جذب نوری در طول موج ۵۱۰ نانومتر قرائت و میزان گلوکز بر حسب میلی‌گرم در دسی‌لیتر محاسبه شد.

سنجش هورمون‌های تیروئیدی: هورمون‌های تیروئیدی T_3 و T_4 به روش الایزا با کیت تجاری پادیاب طب اندازه‌گیری شد. جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۴۵۰ نانومتر با دستگاه الایزا ریدر خوانده شد. منحنی استاندارد رسم و نتایج خوانده شد (Ghelichpour *et al*., 2020).

سنجش آنزیم‌های کبدی: آنزیم‌های کبدی آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP) با استفاده از کیت تشخیص کمی آنزیم شرکت پارس آزمون (ایران) و روش فتومتری اندازه‌گیری شدند. مقادیر مربوط به آنزیم‌ها برحسب واحد بر لیتر (U/L) گزارش گردید (صادقی و اسماعیل‌زاده اشینی، ۱۴۰۰).

آنالیز آماری: جهت بررسی داده‌ها از آمار توصیفی برای تعیین کمترین و بیشترین، واریانس، میانگین و انحراف معیار استفاده شد. توزیع نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف–اسمیرنوف بررسی شد. جهت مقایسه و بررسی معنی‌داری شاخص‌های خونی بین دو جنس نر و ماده از آزمون Student t-test استفاده شد. داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار تعیین و بیان شد. تعیین همبستگی با آزمون همبستگی پیرسون انجام شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۴) انجام شد و معنی‌داری آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P<$ ۰/۰۵) تعیین شد.

نتایج

تعداد ۳۰ قطعه هامور ماهی لکه‌زیتونی منقوط جنس ماده و ۳۰ قطعه جنس نر مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از زیست‌سنجی ماهی (میانگین طول کل و وزن کل) در جدول ۲ ارائه شده است. بین میانگین طول کل بدن در دو جنس نر و ماده اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد ($P<$۰/۰۵).

نتایج بررسی شاخص‌های خونی در دو جنس نر و ماده هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط نشان داد که میانگین تعداد گلبول‌های قرمز در جنس نر ۱/۱۷±۰/۱۰ میلیون بر میکرولیتر و میانگین آن در جنس ماده ۱/۲۰±۰/۰۷ میلیون بر میکرولیتر است. کمترین تعداد گلبول قرمز در جنس نر ۱/۰۲ میلیون بر میکرولیتر و بیشترین آن ۱/۳۶ میلیون بر میکرولیتر به‌دست آمد. همچنین کمترین تعداد گلبول قرمز در جنس ماده ۱/۰۴ میلیون بر میکرولیتر و بیشترین آن ۱/۳۲ میلیون بر میکرولیتر بود (جدول ۳). مقایسه آماری تعداد گلبول‌های قرمز در دو جنس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نتایج به‌دست‌آمده وجود ندارد ($P>$۰/۰۵).

میانگین هماتوکریت در جنس نر ۲۰/۹۱±۰/۵۰ درصد و در جنس ماده ۲۱/۴۷±۰/۹۰ درصد به‌دست آمد. دامنه درصد هماتوکریت در جنس نر بین ۲۰/۰۷ درصد (کمترین درصد) و ۲۲/۷ درصد (بیشترین درصد) محاسبه شد. همچنین، کمترین مقدار هماتوکریت در جنس ماده ۱۹/۱۷ و بیشترین آن ۲۲/۷ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). به این ترتیب، مقایسه آماری نشان داد که تفاوت معنی‌داری در میزان هماتوکریت بین دو جنس نر و ماده هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط وجود دارد ($P<$۰/۰۵).

با توجه به بررسی اختلاف معنی‌داری در محدوده میانگین هموگلوبین در جنس نر با مقدار ۸/۷۰±۰/۴۹ گرم بر دسی‌لیتر و جنس ماده با میزان ۸/۸۳±۰/۲۸ گرم بر دسی‌لیتر، تفاوت معنی‌داری بین نتایج میانگین هموگلوبین در دو جنس نر و ماده مشاهده نشد ($P>$۰/۰۵). همچنین با مقایسه داده‌های به‌دست آمده مشخص شد کمترین و بیشترین میزان هموگلوبین در جنس نر به ترتیب ۷/۵۵ و ۹/۴۷ گرم بر دسی‌لیتر و در جنس ماده به‌ترتیب ۸/۲۴ و ۹/۴۳ گرم بر دسی لیتر بوده است (جدول ۳). همان‌طور که در جدول ۳ آمده است، میانگین حجم متوسط گلبول‌های قرمز (MCV) در جنس نر هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط ۲۰/۵۱±۰/۱۶ و در جنس ماده ۲۰/۹۶±۰/۲۹ فمتولیتر

جدول ۲- میانگین ± انحراف معیار طول کل و وزن کل هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط در دو جنس نر و ماده

شاخص	واحد	ماهی نر	ماهی ماده
طول کل	سانتی‌متر	۲۸/۴۴±۰/۵۶^{b}	۲۹/۵۸±۰/۵۰^{a}
وزن کل	گرم	۳۷۲/۵۰ ± ۵/۸۸^{b}	۳۸۷/۹۰±۳/۰۵^{a}

به‌دست آمد. کمترین میزان حجم متوسط گلبول‌های قرمز در جنس نر ۲۰/۲۲ و در جنس ماده ۲۰/۲۵ فمتولیتر محاسبه شد و بیشترین آن در جنس نر ۲۱/۰۷ و در جنس ماده ۲۱/۴۵ فمتولیتر ثبت گردید. مقایسه آماری میزان حجم متوسط گلبول‌های قرمز در دو جنس ماهی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نتایج به‌دست‌آمده وجود دارد ($P<۰/۰۵$). متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز (MCH) در جنس نر ۸/۴۹ ±۰/۳۹ پیکوگرم و در جنس ماده ۸/۶۵±۰/۲۷ پیکوگرم به‌دست آمد. کمترین میزان متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز در جنس نر ۷/۳۶ پیکوگرم و بیشترین آن ۸/۹۳ پیکوگرم محاسبه شد. همچنین کمترین میزان متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز در جنس ماده ۷/۹۸ پیکوگرم و بیشترین آن ۹/۱۲ پیکوگرم به‌دست آمد. اختلاف آماری معنی‌داری برای متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز در دو جنس نر و ماده مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). متوسط غلظت هموگلوبین در گلبول‌های قرمز (MCHC) در جنس نر ۴۱/۶۸±۰/۷۳ و در جنس ماده ۴۱/۷۱±۰/۴۶ گرم بر دسی‌لیتر ثبت شد. کمترین میزان متوسط غلظت هموگلوبین در گلبول‌های قرمز در جنس نر ۴۰/۲۰ گرم بر دسی‌لیتر و بیشترین آن ۴۳/۲۰ گرم بر دسی‌لیتر به‌دست آمد. همچنین کمترین متوسط غلظت هموگلوبین در گلبول‌های قرمز در جنس ماده ۴۰/۷۹ گرم بر دسی‌لیتر و بیشترین آن ۴۲/۵۰ گرم بر دسی‌لیتر به‌دست آمد که اختلاف آماری معنی‌داری در میزان این شاخص در دو جنس نر و ماده مشاهده نگردید ($P>۰/۰۵$).

میانگین تعداد کل گلبول‌های سفید در جنس نر ۱۵/۶۶±۰/۴۳ هزار بر میکرولیتر و میانگین آن در جنس ماده ۱۵/۳۸±۰/۳۴ هزار بر میکرولیتر به‌دست آمد. کمترین تعداد کل گلبول‌های سفید در جنس نر هامور ماهی لکه‌زیتونی منقوط ۱۴/۹۰ هزار بر میکرولیتر و بیشترین آن ۱۶/۷۰ هزار بر میکرولیتر ثبت گردید. همچنین کمترین تعداد کل گلبول‌های سفید در جنس ماده ۱۴/۷۶ هزار بر میکرولیتر و بیشترین آن ۱۵/۹۰ هزار بر میکرولیتر ثبت شد. مقایسه آماری تعداد کل گلبول‌های سفید در دو جنس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نتایج به‌دست‌آمده وجود دارد ($P<۰/۰۵$). نتایج حاصل از شمارش افتراقی گلبول‌های سفید خون هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط نشان داد که نوتروفیل با میانگین درصد ۴۴/۹۴±۲/۲۷ در جنس نر و ۴۴/۱۸±۰/۶۳ در جنس ماده بالاترین تعداد گلبول سفید را به‌خود اختصاص داده بود. از سوی دیگر ائوزینوفیل با میانگین ۳/۶۳±۰/۸۶ درصد در جنس نر و ۳/۳۲±۰/۱۹ درصد، کمترین تعداد گلبول سفید افتراقی در گونه مورد بررسی بود. بررسی نتایج آنالیز آماری نشان داد تعداد گلبول‌های سفید افتراقی فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در دو جنس نر و ماده بودند ($P>۰/۰۵$) (جدول ۳). در شکل ۱ تصاویر ثبت شده از گلبول قرمز و انواع گلبول‌های سفید شامل نوتروفیل، بازوفیل، ائوزینوفیل، لنفوسیت و مونوسیت خون هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط دریای عمان ارائه شده است.

میانگین میزان پروتئین کل در جنس نر ۴/۲۴±۰/۷۲ گرم بر دسی‌لیتر و میانگین آن در جنس ماده ۴/۳۲±۰/۲۴ گرم بر دسی‌لیتر به‌دست آمد. کمترین و بیشترین میزان پروتئین کل در جنس نر به‌ترتیب برابر با ۳/۱۰ و ۵/۷۰ گرم بر دسی‌لیتر ثبت گردید. همچنین کمترین و بیشترین میزان پروتئین کل در جنس ماده به‌ترتیب ۴/۰۴ و ۵/۰۹ گرم بر دسی‌لیتر به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه آماری میزان پروتئین کل در دو جنس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نتایج به‌دست‌آمده وجود ندارد ($P>۰/۰۵$). نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین میزان گلوکز در جنس نر ۴۶/۹۳±۰/۳۸ و در جنس ماده ۴۷/۸±۱/۱۴ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر بوده است. همچنین مقایسه آماری میزان گلوکز در دو جنس ماهی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نتایج به‌دست‌آمده وجود دارد ($P<۰/۰۵$).

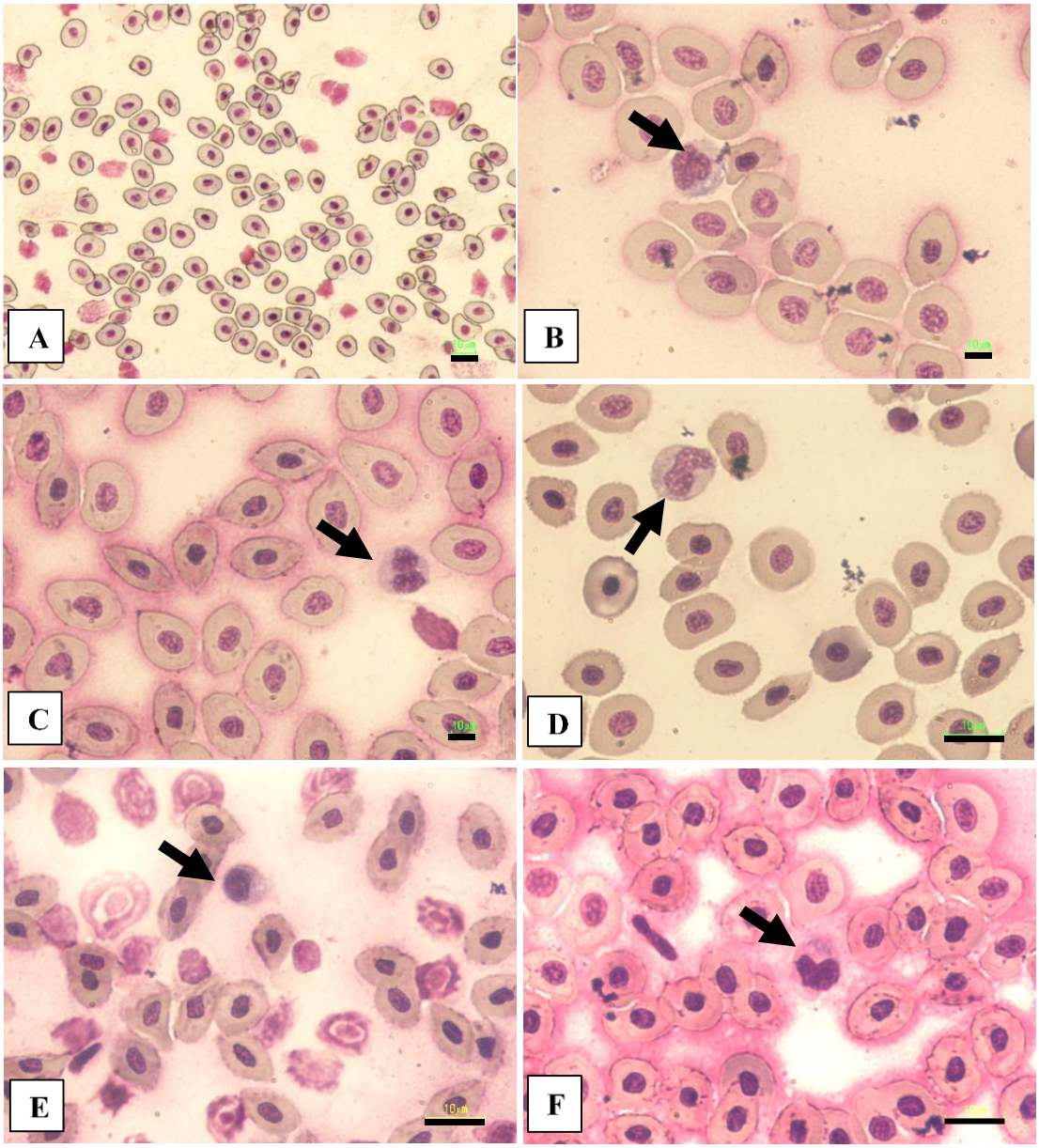
میانگین سطح هورمون T_4 در جنس نر ۳/۲۶±۰/۵۸ نانوگرم بر میلی‌لیتر و میانگین آن در جنس ماده ۳/۲۸±۰/۱۳ نانوگرم بر میلی‌لیتر به‌دست آمد. کمترین سطح هورمون T_4 در دو جنس نر و ماده به‌ترتیب ۲/۱۰ و ۳/۰۶ نانوگرم بر میلی‌لیتر ثبت شد. بیشترین سطح هورمون T_4 در

جدول ۳- میانگین ± انحراف معیار و دامنه شاخص‌های خونی در دو جنس نر و ماده هامور ماهی لکه زیتونی منقوط

شاخص	واحد	جنس نر	جنس ماده
گلبول قرمز	میلیون بر میکرولیتر	۱/۱۷±۰/۱۰^{a} (۱/۰۲–۱/۳۶)	۱/۲۰±۰/۰۷^{a} (۱/۰۴–۱/۳۲)
هماتوکریت	درصد	۲۰/۹۱±۰/۵۰^{b} (۲۰/۰۷ – ۲۲/۷۰)	۲۱/۴۷±۰/۹۰^{a} (۱۹/۱۷ – ۲۲/۷۰)
هموگلوبین	درصد	۸/۷۰±۰/۴۹^{a} (۷/۵۵–۹/۴۷)	۸/۸۳±۰/۲۸^{a} (۸/۲۴–۹/۴۳)
MCV	فمتولیتر	۲۰/۵۱±۰/۱۶^{b} (۲۰/۲۲–۲۱/۰۷)	۲۰/۹۶±۰/۲۹^{a} (۲۰/۲۵–۲۱/۴۵)
MCH	پیکوگرم	۸/۴۹±۰/۳۹^{a} (۷/۳۶–۸/۹۳)	۸/۶۵±۰/۲۷^{a} (۷/۹۸–۹/۱۲)
MCHC	گرم بر دسی‌لیتر	۴۱/۶۸±۰/۷۳^{a} (۴۰/۲۰–۴۳/۲۰)	۴۱/۷۱±۰/۴۶^{a} (۴۰/۷۹ – ۴۲/۵۰)
گلبول سفید	هزار بر میکرولیتر	۱۵/۶۶±۰/۴۳^{b} (۱۴/۹۰–۱۶/۷۰)	۱۵/۳۸±۰/۳۴^{a} (۱۴/۷۶–۱۵/۹۰)
نوتروفیل	درصد	۴۴/۹۴±۲/۲۷^{a} (۴۰/۷۷–۴۹/۴۰)	۴۴/۱۸±۰/^{a} (۴۳/۲۳–۴۵/۷۶)
لنفوسیت	درصد	۲۸/۳۶±۰/۹۳^{a} (۲۶/۵–۳۰/۲)	۲۸/۴۴±۰/۵۴^{a} (۲۷/۵–۲۹/۴۳)
مونوسیت	درصد	۲۲/۵۶±۱/۱۹^{a} (۲۰/۸۷–۲۵/۵۰)	۲۲/۰۳± ۰/۵۰^{a} (۲۱/۳۲–۲۲/۸۷)
بازوفیل	درصد	۵/۵۴±۰/۶۷^{a} (۳/۹۰–۶/۸۰)	۵/۴۶ ± ۰/۲۹^{a} (۵/۰۲– ۵/۹۷)
ائوزینوفیل	درصد	۳/۶۳±۰/۸۶^{a} (۲/۲۰–۵/۵۰)	۳/۳۲±۰/۱۹^{a} (۳/۰۱–۳/۶۰)
پروتئین کل	گرم بر دسی‌لیتر	۴/۲۴±۰/۷۲^{a} (۳/۱۰– ۵/۷۰)	۴/۳۲±۰/۲۴^{a} (۴/۰۴–۵/۰۹)
گلوکز	میلی‌گرم بر دسی‌لیتر	۴۶/۹۳±۰/۳۸^{b} (۴۵/۹۰–۴۷/۶۰)	۴۷/۸±۱/۱۴^{a} (۴۵/۹۰–۴۹/۶۰)
T_4	نانوگرم بر دسی‌لیتر	۳/۲۶±۰/۵۸^{a} (۲/۱۰–۴/۴۰)	۳/۲۸±۰/۱۲^{a} (۳/۰۶–۳/۵۶)
T_3	میکروگرم بر دسی‌لیتر	۱/۵۸±۰/۱۸^{a} (۱/۲۸–۱/۹۰)	۱/۴۳±۰/۱۲^{b} (۱/۱۶–۱/۵۹)
ALT	واحد بر لیتر	۳۸/۴۶±۱/۶۴^{a} (۳۴/۶۰–۴۱/۶۹)	۳۶/۹۷±۰/۵۲^{b} (۳۵/۸۰–۳۷/۸۴)
AST	واحد بر لیتر	۱۸۲/۱۱±۷/۲۱^{a} (۱۷۰/۵۰–۱۹۵/۸۰)	۱۸۲/۴±۱۰/۰۰^{a} (۱۶۶–۲۰۵)
ALP	واحد بر لیتر	۱۲۱/۸۲±۴/۰۱^{a} (۱۱۶/۲۰–۱۳۱/۲۰)	۱۲۱/۵۰±۹/۸۵^{a} (۱۰۲–۱۳۹)

*حروف ناهمنام انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری ($P<0/05$) است.

دو جنس نر و ماده به‌ترتیب ۴/۴۰ و ۳/۵۶ نانوگرم بر میلی‌لیتر به‌دست آمد. اختلاف آماری معنی‌داری بین نتایج به‌دست‌آمده برای هورمون T_4 در دو جنس ماهی ثبت نگردید ($P>0/05$). میانگین سطح هورمون تیروئیدی T_3 در جنس نر ۱/۵۸±۰/۱۸ میکروگرم در دسی‌لیتر و در جنس ماده ۱/۴۳±۰/۱۲ میکروگرم در دسی‌لیتر به‌دست آمد. کمترین و بیشترین سطح هورمون تیروئیدی T_3 در جنس نر به‌ترتیب برابر با ۱/۲۸ و ۱/۹۰ میکروگرم در دسی لیتر ثبت شد. همچنین کمترین و بیشترین سطح هورمون تیروئیدی T_3 در جنس ماده به‌ترتیب ۱/۱۶ و ۱/۵۹ میکروگرم در دسی



شکل ۱- انواع گلبول‌های خونی مشاهده شده در خون هامورماهی لکه‌زیتونی دریای عمان؛ A) گلبول قرمز، B) نوتروفیل، C) بازوفیل، D) ائوزینوفیل، E) لنفوسیت و F) مونوسیت

لیتر محاسبه شد. مقایسه آماری سطح هورمون تیروئیدی T_3 نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در دو جنس ماهی بود ($P<۰/۰۵$).

میانگین میزان آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) در جنس نر ۱/۶۴±۳۸/۴۶ واحد بر لیتر و میانگین آن در جنس ماده ۰/۵۲±۳۶/۹۷ واحد بر لیتر به‌دست آمد. کمترین و بیشترین میزان آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) به‌ترتیب در جنس نر و ماده گزارش شد. مقایسه آماری میزان آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) در دو جنس نشان داد که اختلاف معنی‌دار بین نتایج به‌دست‌آمده وجود دارد ($P<۰/۰۵$). میانگین مقادیر آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) در جنس نر و ماده به‌ترتیب ۷/۲۱ ±۱۸۲/۱۱ و ۱۰/۰۰±۱۸۲/۴ واحد بر لیتر ثبت شد. کمترین مقدار AST در جنس نر ۱۷۰/۵۰ و بیشترین آن ۱۹۸/۸۰ واحد بر لیتر محاسبه شد. همچنین کمترین و بیشترین مقدار AST در جنس ماده به‌ترتیب ۱۶۶ و ۲۰۵ واحد بر لیتر ثبت گردید. مقایسه آماری نشان داد که تفاوت معنی‌داری در مقدار این آنزیم کبدی بین دو جنس ماهی وجود ندارد ($P>۰/۰۵$). در این مطالعه، میانگین میزان آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP) در جنس نر و ماده مقایسه شد. نتایج نشان داد که میانگین

آنزیم آلکالین فسفاتاز در جنس نر ۴/۰۱±۱۲۱/۸۲ و در جنس ماده ۹/۸۵±۱۲۱/۵۰ واحد بر لیتر است. همچنین، کمترین و بیشترین میزان آنزیم آلکالین فسفاتاز در جنس نر به‌ترتیب ۱۱۶/۲۰ و ۱۳۱/۲۰ واحد بر لیتر ثبت شد. در جنس ماده، کمترین و بیشترین میزان آنزیم آلکالین فسفاتاز ۱۰۲ و ۱۳۹ واحد بر لیتر بود. مقایسه آماری نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میزان آنزیم آلکالین فسفاتاز در دو جنس نر و ماده وجود ندارد ($P>0/05$) (جدول ۳).

آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که همبستگی بین طول کل و وزن کل در جنس نر ($r=0/948$، $P<0/01$) و ماده ($r=0/652$، $P<0/01$) هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط مثبت و معنی‌دار بود. براساس داده‌های به‌دست آمده برای برخی از شاخص‌های خونی با طول کل و وزن بدن در جنس نر همبستگی وجود داشت. در جنس نر بین هموگلوبین و طول کل ($r=0/378$، $P<0/05$)، هموگلوبین و وزن کل ($r=0/365$، $P<0/05$)، لنفوسیت و طول کل ($r=0/436$، $P<0/05$)، لنفوسیت و وزن کل ($r=0/435$، $P<0/05$) همبستگی مثبت ثبت شد. در جنس ماده بین طول کل و وزن کل و شاخص‌های خونی همبستگی مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری

مشخصات خون‌شناسی و بیوشیمیایی ابزار مفیدی برای تعیین وضعیت سلامت موجودات آبزی مختلف از جمله ماهیان پرورشی و وحشی است. زیرا این شاخص‌ها اطلاعات ارزشمندی را برای بررسی واکنش ماهی به استرس، آلاینده‌ها و هیپوکسی در اختیار قرار می‌دهند (Faggio *et al.*, 2013). چراکه هرگونه تغییر در محیط‌زیست ماهی به‌سرعت در خون منعکس می‌شود (Jan *et al.*, 2021). بنابراین، استفاده از شاخص‌های خونی دانش قابل‌اعتمادی را در مورد علائم مزمن، اختلالات متابولیک و کمبودها، قبل از اینکه در محیط زندگی ماهی به‌صورت مشخص ظاهر شوند، ارائه می‌دهند (Sheikh *et al.*, 2022). در مطالعه حاضر شاخص‌های خون‌شناسی (تعداد گلبول‌های قرمز، میزان هماتوکریت، میزان هموگلوبین، MCV، MCHC، MCHC، تعداد گلبول‌های سفید، تعداد نوتروفیل، تعداد لنفوسیت، تعداد مونوسیت، تعداد بازوفیل، تعداد ائوزینوفیل، پروتئین کل، گلوکز، آنزیم‌های کبدی (ALT، AST و ALP) و هورمون‌های تیروئیدی (T_3 و T_4) در دو جنس نر و ماده هامور ماهی لکه‌زیتونی منقوط *Epinephelus stoliczkae*) صیدشده از دریای عمان اندازه‌گیری شد. شاخص‌های خونی مانند هماتوکریت، MCV، تعداد گلبول‌های سفید، گلوکز، T_3 و ALT در دو جنس نر و ماده به‌طور معنی‌داری متفاوت بودند ($P<0/05$). به‌طوری‌که شاخص‌های هماتوکریت، MCV و گلوکز در ماده‌ها بالاتر و تعداد گلبول‌های سفید، T_3 و ALT در جنس نر بالاتر بود. بقیه شاخص‌ها بین جنس نر و ماده تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند ($P>0/05$). مطالعات گذشته نشان داده است که جنسیت تأثیر قابل‌توجهی بر مقادیر پارامترهای خونی ماهی دارد (Gabriel *et al.*, 2004; Ahmed *et al.*, 2019). مطالعات خون‌شناسی وضعیت عملکردی بدن ماهی را منعکس می‌کند (Sidiq and Ahmed, 2020). وجود گلبول‌های قرمز برای انتقال اکسیژن در جانوران حیاتی است. بررسی هماتوکریت برای بررسی وضعیت کم‌خونی در ماهی‌ها مفید است و بنابراین یک راهنمای قابل‌اعتماد در سیستم‌های آبزی‌پروری و همچنین برای ارزیابی سلامت ماهی از جنبه‌های مختلف مانند تغذیه، استرس و بیماری‌ها است (Sharma and Chadha, 2021). مقادیر هماتوکریت در ماهی‌های سالم برحسب گونه معمولاً در محدوده ۲۰٪ تا ۴۵٪ قرار می‌گیرند (Reshi *et al.*, 2023). مقادیر مشاهده‌شده هماتوکریت در مطالعه حاضر در این محدوده قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده سلامت نسبتاً خوب گونه مورد بررسی است. غلظت هموگلوبین منعکس‌کننده اکسیژن خون است و ماهی تلاش می‌کند تا مقادیر را تا حد امکان در شرایط ثابت حفظ کند. مقادیر هموگلوبین در دو جنس نر و ماده هامور ماهی لکه‌زیتونی منقوط تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P>0/05$). ازآنجا که شاخص‌های گلبول قرمز (MCV، MCH و MCHC) به هموگلوبین، RBC و هماتوکریت وابسته هستند، بنابراین مقادیر این شاخص‌ها نیز می‌تواند تابعی از شرایط ماهی از جمله وضعیت محیط زندگی (Magill and Sayer, 2004) و رژیم غذایی (Lim and Klesius, 2003) باشد. مطالعه شاخص‌های گلبول قرمز در ماهی برای تشخیص ناهنجاری‌های پاتوفیزیولوژیکی از اهمیت بالایی برخوردار است (Clauss *et al.*, 2008). از نظر جنس، ماهی ماده دارای مقادیر گلبول سفید بالاتری نسبت به نرها است. زیرا انرژی مورد نیاز زیاد برای رشد و بلوغ تخمک‌ها بر وضعیت ماده‌ها تأثیر می‌گذارد و می‌تواند

سبب کاهش سطح ایمنی بدن ماهی ماده شود (Zakęś *et al.*, 2016). بنابراین با افزایش تولید گلبول سفید در جنس ماده نسبت به جنس نر این خلاء جبران می‌شود (Pradhan *et al.*, 2014). در مطالعه حاضر میزان گلبول سفید در نرها بیشتر بود و اختلاف معنی‌داری را با جنس ماده نشان داد ($P<۰/۰۵$) که با نتایج مطالعه Pradhan و همکاران (۲۰۱۴) در گونه *Cirrhinus mrigala* مغایرت داشت. از آنجا که تعداد گلبول‌های سفید به‌عنوان فاکتور مهم در تعیین وضعیت سلامت ماهی کاربرد دارد، می‌توان علت بالاتر بودن این پارامتر در ماهی نر نسبت به ماهی ماده را این‌گونه تفسیر کرد که ماهی نر تحت تأثیر عوامل استرس‌زایی چون پاتوژن‌ها قرار گرفته است (Pavlidis *et al.*, 2007). تغییراتی که ممکن است در شاخص‌های خونی بین جنسیت‌ها دیده شود، به عوامل دیگر مانند ترکیب بدنی، فعالیت فیزیکی، عادات تغذیه‌ای، شرایط زندگی و عوامل محیطی بستگی دارد، بنابراین، نمی‌توان کلیه تغییرات در شاخص‌های خونی را فقط به جنسیت ماهی نسبت داد (Sharma *et al.*, 2017). تغییر در میزان و سطوح این پارامترها می‌تواند منعکس‌کننده پاسخ‌های ماهیان به تغییرات در محیط زندگی آن‌ها باشد (Satheeshkumar *et al.*, 2012). ماهی‌های ماده با تعداد گلبول سفید بیشتر، توانایی واکنش سریع به تغییرات متعددی را که در نتیجه حضور زیست‌بیگانه‌ها در محیط رخ می‌دهند، نشان می‌دهد که ماهی‌های ماده در مقایسه با ماهی‌های نر تحمل بیشتری برای مقابله با استرس سمی مضر دارند (George and Akinrotimi, 2017). پایین بودن تعداد گلبول سفید در جنس ماده هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط می‌تواند نشان‌دهنده وضعیت مناسب محیط از حیث وجود عوامل غیرطبیعی باشد. کریمی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به ارزیابی اثر جنسیت بر برخی پارامترهای خونی ماهی شانک زردباله (*Acanthopagrus latus*) در خلیج‌فارس پرداختند. پارامترهای خونی ماهی شانک زردباله در ۵۵ قطعه‌ماهی (۳۰ قطعه ماهی ماده و ۲۵ قطعه ماهی نر) بررسی شد. نتایج تعداد بالای گلبول‌های قرمز در ماهیان نر نسبت به ماهیان ماده را نشان داد ($P<۰/۰۵$)، سایر پارامترهای مورد ارزیابی بین دو ماهی نر و ماده اختلاف معنی‌داری نداشتند. هورمون اریتروپویتین مسئول افزایش پارامترهای خونی در ماهی است (Sadeghi *et al.*, 2015). تفاوت در اجزای متعدد سلول‌های خونی مرتبط با جنسیت را می‌توان به نرخ فعالیت‌های متابولیکی ماهی نر و ماده نسبت داد (Sharma *et al.*, 2017). در مطالعه حاضر شاخص‌های هماتوکریت، MCV، MCHC و گلوکز در ماده‌ها بالاتر از نرها بود و بقیه شاخص‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند.

مطالعه Sheikh و همکاران (۲۰۲۲) روی ماهی قزل‌آلای قهوه‌ای (*Salmo trutta fario*)، نشان داد که ماهی نر به‌طور قابل‌توجهی نسبت به ماهی ماده دارای محتوای هموگلوبین، تعداد گلبول‌های قرمز و هماتوکریت بیشتری بود و تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) در تعداد کل و افتراقی گلبول‌های سفید، MCV، MCH و MCHC بین دو جنس مشاهده شد. آن‌ها پیشنهاد کردند که از داده‌های تولیدشده برای شناسایی وضعیت سلامت ماهی و تعیین وقوع اختلالات بالینی مختلف استفاده شود که ممکن است به افزایش تولید کلی جمعیت ماهی کمک کند.

نتایج مطالعه حاضر تفاوت آماری معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) را در شاخص گلبول قرمز MCV در دو جنس نر و ماده نشان داد که با یافته‌های قبلی مطابقت دارد (Zhao *et al.*, 2018; Jan *et al.*, 2021; Jan and Ahmed, 2021). پارامترهای بیوشیمیایی سرم نیز به‌عنوان نشانگرهای زیستی برای ارزیابی سلامت ماهی استفاده می‌شود. سطح غلظت پروتئین پلاسما یا سرم همچنین به‌عنوان شاخص‌های بالینی سلامت، استرس و وضعیت تغذیه در ماهی‌ها عمل می‌کند و اغلب به‌عنوان یک ابزار تشخیصی در ارزیابی وضعیت فیزیولوژیکی عمومی ماهی استفاده می‌شود (Zakęś, *et al.*, 2016). در مطالعه حاضر، سطح پروتئین کل سرم تغییرات معنی‌داری از نظر جنسیت نشان نداد. میزان پروتئین کل در سرم تحت تأثیر وضعیت تغذیه، چرخه تولیدمثل، زیستگاه و بیماری یا سموم است (Coşkun *et al.*, 2016). گلوکز به‌عنوان منبع اصلی انرژی برای سلول‌های بدن در نظر گرفته می‌شود. سطح گلوکز به‌عنوان یکی از شاخص‌های خاص فعال شدن سمپاتیک در شرایط استرس تلقی می‌شود و مکانیسم هموستاتیک بدن، سطح گلوکز خون را در یک محدوده نگه می‌دارد (Kulkarni and Bedjargi, 2016). مقایسه گلوکز سرم براساس جنسیت مقادیر بالاتری را در جنس ماده نسبت به جنس نر گونه مورد مطالعه نشان داد ($P<۰/۰۵$). آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) دارای نقشی حیاتی در سنتز و دآمیناسیون اسیدهای

آمینه در شرایط استرس‌زا دارد (Samanta *et al.*, 2014). این آنزیم، به پردازش پروتئین‌ها و تسریع واکنش‌های شیمیایی در بدن ماهی کمک می‌کند. آلانین آمینوترانسفراز در سلول‌های کبدی تولید می‌شود و در خون آزاد می‌شود. هنگامی‌که کبد آسیب‌دیده یا ملتهب می‌شود، سطح آنزیم آلانین آمینوترانسفراز خون معمولاً افزایش می‌یابد (IK and Solomon, 2014). در مطالعه حاضر فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز در دو جنس نر و ماده اختلاف معنی‌داری را نشان داد. میزان این آنزیم در جنس نر بیشتر از جنس ماده هامور ماهی لکه‌زیتونی منقوط بود. افزایش میزان آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) در خون معمولاً به این معنی است که کبد به‌نوعی آسیب‌دیده است. آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP) در سلول‌های کبدی در کنار مجاری صفراوی وجود دارد. سطح این آنزیم در خون در برخی از انواع بیماری‌های کبدی افزایش می‌یابد (IK and Solomon, 2014). در مطالعه حاضر، میزان این دو آنزیم در خون اختلاف معنی‌داری در دو جنس نر و ماده هامور ماهی لکه‌زیتونی منقوط دریای عمان نشان نداد ($P> ۰/۰۵$). در بررسی و مقایسه نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه با ماهی کپور نقره‌ای پرورشی (*Hypophthalmichthys molitrix*) نر و ماده در مطالعه Ahmed و همکاران (۲۰۱۹)، نتایج مشابه بین این دو گونه ماهی مشاهده می‌شود. به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری در مقادیر گلبول سفید و هماتوکریت بین دو جنس همانند مطالعه حاضر وجود دارد ($P<۰/۰۵$). همچنین اختلاف معنی‌دار در آنزیم کبدی ALT کپور نقره‌ای پرورشی مشاهده شد که با مطالعه حاضر همخوانی دارد. هورمون‌های تیروئیدی اثرات متنوعی دارند و نقش مهمی در حفظ وضعیت فیزیولوژیکی طبیعی در مهره‌داران ایفا می‌کنند. درحالی‌که شباهت‌هایی بین ماهی و سایر مهره‌داران وجود دارد، سیستم تیروئیدی ماهی به‌دلیل تنوع در آناتومی، زیستگاه و چرخه زندگی ماهی، ویژگی‌های منحصربه‌فردی را ارائه می‌دهد (Deal and Volkoff, 2020). نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه نشان داد که هورمون T_3 اختلاف معنی‌داری در جنس نر و ماده دارد و علت کمتر بودن آن در ماهی ماده می‌تواند به‌دلیل مصرف بیشتر انرژی در ماهی ماده (به علت رشد و بلوغ تخمک) و شرایط گرسنگی باشد که سبب کاهش روند تولید T_3 از T_4 می‌شود (Knowles *et al.*, 2006). Ahmed و Sheikh (۲۰۲۰) نشان دادند که پارامترهای خونی دو گونه ماهی قزل‌آلای برفی (*Schizopyge plagiostomus*) و قزل‌آلای سیاه (*Schizopyge niger*) که ساکن دو زیستگاه مختلف بودند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند. آن‌ها تغییر در پارامترهای خونی در دو گونه ساکن در محیط‌های مختلف را به سطح فعالیت فیزیولوژیکی متفاوت، حرکت، سرعت متابولیک و رفتار تغذیه‌ای آن‌ها ارتباط دادند. در مطالعه حاضر نیز تفاوت در شاخص‌های خونی هماتوکریت، MCV، تعداد گلبول‌های سفید، گلوکز، T3 و ALT مشاهده شد و با توجه به همبستگی بعضی شاخص‌ها در جنس نر با وزن کل و طول کل بدن ماهی می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً تفاوت در سطح فعالیت فیزیولوژیکی، حرکت، سرعت متابولیک و رفتار تغذیه‌ای ماهی نر علت تفاوت در پارامترهای خونی با جنس ماده باشد.

در مطالعه حاضر دامنه طبیعی پارامترهای خونی در دو جنس نر و ماده هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط دریای عمان تعیین گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص‌های خونی مانند هماتوکریت، MCV، تعداد گلبول‌های سفید، گلوکز، T_3 و ALT در دو جنس نر و ماده متفاوت بودند. به‌عنوان مثال، شاخص‌های هماتوکریت، MCV و گلوکز در ماده‌ها بیشتر بودند، درحالی‌که شاخص‌های تعداد گلبول‌های سفید، T_3 و ALT در جنس نر بیشتر بودند. در عین حال، بقیه شاخص‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. در مجموع از بین ۱۹ پارامتر خون‌شناسی و بیوشیمیایی مورد بررسی در دو جنس نر و ماده هامور ماهی لکه‌زیتونی منقوط تنها در ۶ پارامتر (هماتوکریت، MCV، گلبول سفید، گلوکز، T3 و ALT) تفاوت معنی‌دار مشاهده شد که می‌تواند ناشی از سطح متفاوت فعالیت فیزیولوژیکی دو جنس مورد مطالعه باشد. می‌توان از اطلاعات پایه به‌دست آمده از پروفایل خونی هامورماهی لکه‌زیتونی منقوط به‌عنوان مرجع در مطالعاتی چون ارزیابی سلامت، اثر شرایط محیطی بر ماهی و بررسی واکنش ماهی به استرس‌هایی چون آلاینده‌ها، هیپوکسی و بیماری استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان از حمایت‌های دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار قدردانی می‌کنند.

منابع

صادقی پ.، اسماعیل‌زاده آشینی ا. ۱۴۰۰. تغییرات سطوح آنزیم‌های کبدی تحت تأثیر غلظت‌های تحت کشنده دی‌کرومات پتاسیم در هامور ماهی لکه زیتونی منقوط (*Epinephelus stoliczkae*, Day 1875). *علوم و فنون شیلات*، ۱۰(۲): ۱۴۰-۱۳۱.

کریمی ش.، کوچنین پ.، سلاطی ا.پ. ۱۳۹۱. اثر جنسیت بر برخی پارامترهای خونی ماهی شانک زردباله (*Acanthopagrus latus*) در خلیج‌فارس. *مجله تحقیقات دامپزشکی ایران*، ۱۴(۱): ۶۵-۶۸

Ahmed I., Sheikh Z.A. 2020. Comparative study of hematological parameters of snow trout *Schizopyge plagiostomus* and *Schizopyge niger* inhabiting two different habitats. *The European Zoological Journal* 87(1), 12-19.

Ahmed I., Sheikh Z.A., Wani G.B., Shah B.A. 2019. Sex variation in hematological and serum biochemical parameters of cultured Chinese *silver carp*, Hypophthalmichthys molitrix. *Comparative Clinical Pathology* 28, 1761-1767.

Babaei F., Ramalingam R., Tavendale A., Liang Y., Yan L.S.K., Ajuh P., Cheng S.H., Lam Y.W. 2013. Novel blood collection method allows plasma proteome analysis from single *zebrafish*. *Journal of Proteome Research* 12 (4), 1580-1590.

Clauss T.M., Dove A.D., Arnold J.E., 2008. Hematologic disorders of fish. *Veterinary clinics of North America: Exotic Animal Practice* 11(3), 445-462.

Coşkun O.F., Aydın D., Duman F. 2016. Comparison of some blood parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in running and still water. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 15(1), 497-507.

Craig, M.T., Sadovy de Mitcheson Y.J., Heemstra P.C. 2011. Groupers of the world: a field and market guide. North America: CRC Press/Taylor and Francis Group. 356 p.

Crestani M.C., Menezes L., Glusczak D., Miron R., Lazzari M., Duarte V., Morsch A., Vieira V. 2006. Effects of Clomazone Herbicide on hematological and some parameters of protein and carbohydrate metabolism of *silver catfish Rhamdia quelen*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 65, 48-55.

Dacie S., Lewis S. 1991. *Practical Haematology*. 7th ed. London,: Churchill Livingstone. 556 p.

Deal C.K., Volkoff H. 2020. The role of the thyroid axis in fish. *Frontiers in Endocrinology* 11, 596585.

Drabkin D.R. 1945. Crystallographic and optical properties of human hemoglobin: A proposal for the standardization of hemoglobin. *American Journal of the Medical Sciences* 209, 268-270.

Erkinharju, T., Dalmo R.A., Hansen M., Seternes T. 2021. Cleaner fish in aquaculture: Review on diseases and vaccination. *Reviews in Aquaculture* 13(1), 189-237.

Faggio C., Casella S., Arfuso F., Marafioti S., Piccione G., Fazio F. 2013. Effect of storage time on haematological parameters in mullet, *Mugil cephalus*. *Cell Biochemistry and Function* 31(5), 412-416.

Gabriel, U.U., Ezeri G.N.O., Opabunmi O.O. 2004. Influence of sex, source, health status and acclimation on the haematology of *Clarias gariepinus* (Burch, 1822). *African Journal of Biotechnology* 3(9). 463-467.

George A.D.I., Akinrotimi O.A. 2017. Influence of sex on haematological response of *Clarias gariepinus* juveniles treated with atrazine and metolachlor. *Trends in Green Chemistry* 3, 1-6.

Ghelichpour, M., Mirghaed A.T., Hoseini S.M., Jimenez A.P. 2020. Plasma antioxidant and hepatic enzymes activity, thyroid hormones alterations and health status of liver tissue in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to lufenuron. *Aquaculture* 516, 734634.

IK D., Solomon R.J. 2014. Calculation Of Liver Function Test In *Clarias Gariepinus* Collected From Three Commercial Fish Ponds. *Nature and Science* 12(10), 212534349.

Jan K., Ahmed I. 2021. The influence of sex and season on some hematological and biochemical parameters of *snow trout Schizothorax labiatus* in the Indian Himalayan Region. *Fisheries Science* 87, 39-54.

Jan K., Ahmed I., Dar N.A. 2021. Haematological and serum biochemical reference values of snow trout, *Schizothorax labiatus* habiting in river Sindh of Indian Himalayan region. *Journal of Fish Biology* 98(5), 1289-1302.

Knowles S., Hrubec T.C., Smith S.A., Bakal, R.S. 2006. Hematology and plasma chemistry reference intervals for cultured shortnose sturgeon (*Acipenser brevirostrum*). *Veterinary Clinical Pathology* 35,

434–440.

Kulkarni R., Bedjargi P. 2016. Serum Biochemical Parameters of Four Fresh Water Indian Carps from a Local Aquatic Body. *International Journal of Innovative Studies in Aquatic Biology and Fisheries* 2(3), 15-20.

Lawrence M.J., Raby G.D., Teffer A.K., Jeffries K.M., Danylchuk A.J., Eliason E.J., Clark T.D., Cooke S.J. 2020. Best practices for non lethal blood sampling of fish via the caudal vasculature. *Journal of Fish Biology* 97(1), 4-15.

Lim C., Klesius P.H. 2003. Influence of feed deprivation on hematology, macrophage chemotaxis, and resistance to Edwardsiella ictaluri challenge of channel catfish. *Journal of Aquatic Animal Health* 15(1), 13-20.

Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randalln R.J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193, 265-275.

Magill S.H., Sayer M.D.J. 2004. The effect of reduced temperature and salinity on the blood physiology of juvenile *Atlantic cod*. *Journal of Fish Biology* 64 (5), 1193-1205.

Nakagawa H., Sato M., Gatlin D.M. 2007. Dietary supplements for the health and quality of cultured fish. CAB International, USA. 244 p.

Paolo P. 2001. First record of the orange-sport the grouper *Epinephelus coioides* (Perciformes: Serranidae) in the northern Adriatic sea. *Cybium* 25(3), 281-284.

Parenti P., Bressi N. 2001. First record of the Orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides* (Hamilton, 1822)(Perciformes: Serranidae) in the Northern Adriatic Sea. *Cybium* 25(3), 281-284.

Pavlidis M., Futter W.C., Kathario P., Divanach P. 2007. Blood cells of six Mediterranean mariculture fish species. *Journal of Applied Ichthyology* 23, 70-73.

Pradhan S.C., Patra A.K., Mohanty K.C., Pal A. 2014. Hematological and plasma biochemistry in *Cirrhinus mrigala* (Hamilton 1822). *Comparative Clinical Pathology* 23, 509-518.

Renitasari D.P., Kurniawan A., Kurniaji A. 2021. Blood glucose of tilapia fish oreochromis mossambica as a water bioindicator in the downstream of brantas waters, east java. *AACL Bioflux* 14(4), 2040-2049.

Reshi Q.M., Ahmed I., Al-Anazi K.M., Farah M.A. 2023. Indexing hematological and serum biochemical reference intervals of *Himalayan snow trout*, Schizothorax esocinus to instrument in health assessment. *Frontiers in Physiology* 14, 989442.

Sadeghi P., Kazerouni F., Savari A., Movahedinia A., Safahieh A., Ajdari D. 2015. Application of biomarkers in *Epaulet grouper* (*Epinephelus stoliczkae*) to assess chromium pollution in the Chabahar Bay and Gulf of Oman. *Science of the Total Environment* 518, 554-561.

Sadeghi P., Loghmani M., Yousuf D.J., Taghizade Rahmat Abadi Z. 2021. Ecological and human health risk assessment of trace element pollution in sediments and five important commercial fishes of the Oman Sea. *Marine Pollution Bulletin* 173, 112962.

Samanta P., Pal S., Mukherjee A.K., Ghosh A.R. 2014. Evaluation of metabolic enzymes in response to Excel Mera 71, a glyphosate-based herbicide, and recovery pattern in freshwater teleostean fishes. *BioMed Research International* 2014(1), 425159.

Satheeshkumar P., Ananthan G., Senthilkumar D., Khan A.B., Jeevanantham K. 2012. Comparative investigation on haematological and biochemical studies on wild marine teleost fishes from Vellar estuary, southeast coast of India. *Comparative Clinical Pathology* 21, 275-281

Seibel H., Baßmann B., Rebl A. 2021. Blood will tell: what hematological analyses can reveal about fish welfare. *Frontiers in Veterinary Science* 8, 616955.

Sharma N.K., Akhtar M.S., Pandey N.N., Singh R., Singh A.K. 2017. Sex specific seasonal variation in hematological and serum biochemical indices of *Barilius bendelisis* from Central Himalaya, India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences* 87, 1185-1197.

Sharma P., Chadha P. 2021. Bisphenol A induced toxicity in blood cells of freshwater fish Channa punctatus after acute exposure. *Saudi Journal of Biological Sciences* 28(8), 4738-4750.

Sheikh Z.A., Ahmed I., Jan K., Nabi N., Fazio F. 2022. Haematological profile, blood cell characteristic and serum biochemical composition of cultured *brown trout, Salmo trutta fario* with respect to sex. *Heliyon* 8(8), e10247.

Sidiq M., Ahmed I. 2020. Comparative study of hematological profile of three forage fish species habiting in Dal Lake of Kashmir Himalaya, India. *Comparative Clinical Pathology* 29, 913-920.

Singkhanan N., Kettratad J., Senarat S., Pengsakul T., Para C., Kaneko G. 2019. Morphological Characterization of Blood Cells in Five Important Estuarine Fish Species in Thailand During Juvenile Stages. *Environment Asia* 12(2), 79-86.

Suljević D., Mitrašinović-Brulić M. 2020. The first record of *brook trout* (*Salvelinus fontinalis*, *Salmonidae*) blood cell characteristics and hematological profile: the influence of fish sex on leukocyte count. *Aquaculture International* 28(6), 2505-2516.

Tabezar N., Sadeghi P., Attaran Fariman G. 2023. Monsoon Effect on Heavy Metal and Chemical Composition in *Parastromateus niger* of the Oman Sea: Health Risk Assessment of Fish Consumption. *Biological Trace Element Research* 201, 4093-4102.

Tavares-Dias, M., F.R. Moraes. 2003. Hematological evaluation of *Tilapia rendalli Boulenger*, 1896 (Osteichthyes: Cichlidae) captured in a fee fishing farm from Franca, Sao Paulo, Brasil (in Portuguese). *Bioscience Journal* 19, 103-110.

Trinder P. 1969. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Annals of Clinical Biochemistry* 6, 24-25.

Vázquez G.R., Guerrero G.A. 2007. Characterization of blood cells and hematological parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes). *Tissue and Cell* 39(3), 151-160.

Witeska M., Kondera E., Ługowska K., Bojarski B. 2022. Hematological methods in fish–Not only for beginners. *Aquaculture* 547, 737498.

Zakęś Z., Demska-Zakęś K., Szczepkowski M., Rożyński M., Ziomek E. 2016. Impact of sex and diet on hematological and blood plasma biochemical profiles and liver histology of pikeperch (*Sander lucioperca* (*L.*)). *Archive of Polish fisheries* 24(2), 61-68.

Zhao H., Panase P., Zhang Z., Yao P., Zhang Y., Suwannapoom C. 2018. Hematological and plasm biochemical values for Rhinogobio ventralis in the Yangtze River, China. *Comparative Clinical Pathology* 27, 741-745.

Journal of Aquaculture Sciences Vol. 12, No 22, 112-125
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

Hematological and serum biochemical parameters of Oman Sea Epaulet grouper (*Epinephelus stoliczkae*)

Masoomeh Zeinodini, Parvin Sadeghi*

Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran.

*Corresponding author: parvin.sadeghi@gmail.com

Received: 27.May.2024 **Accepted: 14.July.2024**

Abstract

This research aims to determine the hematological and serum biochemical parameters of *Epaulet grouper* (*Epinephelus stoliczkae*) in the Oman Sea and compare these parameters between males and females. A total of 60 *Epaulet grouper* with an average total length for males of 28.44±0.56 and female: 29.58±0.50 cm and an average total weight of male: 372.50±5.88 and female: 387.90±3.05 were caught by hook in January 2019 from the Chabahar Bay, Oman Sea. Blood sampling was performed from the caudal stem of the fish using a syringe. Hematological parameters, Including hemoglobin concentration (Hb), hematocrit (Hct), number of red blood cells (RBC) and white blood cells (WBC), the mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular haemoglobin (MCH) and mean corpuscular haemoglobin concentration (MCHC) and serum biochemical parameters such as glucose, total protein, alanine aminotransferase (ALT), alkaline phosphatase (ALP), aspartate aminotransferase (AST) and thyroid hormones (T_3 and T_4) were analyzed in the laboratory according to the relevant instructions. Hematocrit, MCV, number of white blood cells, glucose, T_3, and ALT had statistically significant differences in both males and females ($P<0.05$). The results showed a positive correlation between total length and total weight in males ($r=0.948$, $P<0.05$) and females ($r=0.652$, $P<0.05$). In addition, a significant correlation was recorded between hemoglobin and lymphocytes with total length and total weight in males. No correlation was observed between total length and total weight with blood parameters in females. The basic information on the blood profile of spotted olive grouper in the present study can be used as a reference in studies such as fish health evaluation.

Keywords: Blood indices, Epaulet grouper, Sex, Chabahar Bay