شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳
صفحات ۵۲-۳۷

عادت‌دهی بچه تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) به غذای خشک تجاری و تأثیر تغذیهٔ اولیهٔ لاروی با غذاهای زندهٔ مختلف بر شاخص‌های رشد، هماتولوژیک و بیوشیمیایی خون

ایرج عفت پناه[۱]، بهرام فلاحتکار[۲و۳*]، میر مسعود سجادی[۲]، مریم منصف شکری[۴]

۱. دانشجوی دکتری تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران
۲. استاد گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران
۳. استاد گروه علوم دریایی، پژوهشکدهٔ حوضهٔ آبی خزر، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان، ایران
۴. استادیار موسسهٔ تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۳

چکیده

هدف از این مطالعه، تأثیر تغذیهٔ اولیه با غذاهای زندهٔ مختلف در مرحلهٔ لاروی روی شاخص‌های رشد، هماتولوژیک و بیوشیمیایی خون تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) پس از مرحلهٔ عادت‌دهی به غذای خشک بود. ماهی مورد مطالعه، تاسماهی ایرانی و محل انجام این تحقیق بخش پرورش لارو مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل در استان گیلان بود. بچه ماهیان مورد نیاز به تعداد ۹۰۰ عدد بچه تاسماهی ایرانی با وزن متوسط ۲۶۳/۸±۲/۳ میلی‌گرم (میانگین±خطای استاندارد) بودند که از هر تیمار مرحلهٔ لاروی که با غذاهای زنده مختلف در ۴ تیمار: ۱ (آرتمیا+دافنی)، ۲ (فقط آرتمیا)، ۳ (آرتمیا+شیرونومید) و ۴ (فقط شیرونومید) پرورش یافته بودند، انتخاب شد و در طی مدت ۲۱ روز با استفاده از شیرونومید و غذای فرموله شده به غذای خشک عادت داده شدند. لاروهای مورد استفادهٔ حاصل از استحصال تخم از یک قطعه تاسماهی ایرانی ماده و لقاح آن با اسپرم دو قطعه تاسماهی ایرانی نر صید شده از دریای خزر بودند و در طی ۱۱ روز با غذاهای زنده مورد نظر در تیمارهای ۴ گانه به وزن مورد نظر برای عادت‌دهی رسیدند. وزن نهایی، میزان رشد، کارایی غذا و شاخص رشد روزانه در تیمار ۴ به‌طور معنی‌داری بیشتر از همه تیمارها بود. نرخ رشد ویژه و شاخص افزایش وزن در تیمار ۴ بالاتر از همهٔ تیمارها و ضریب تبدیل غذایی در این تیمار پایین‌تر از سایر تیمارها بود ($P<۰/۰۵$). پس از عادت‌دهی بچه ماهیان به غذای خشک تجاری، در خصوص شاخص‌های بیوشیمیایی، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین در تیمار ۳ (آرتمیا و شیرونومید) از همه بیشتر و در تیمار ۱ (آرتمیا و دافنی) از همه کمتر بود ($P<۰/۰۵$). از نظر شاخص‌های هماتولوژیک، تعداد گلبول‌های سفید و متوسط غلظت هموگلوبین سلولی در تیمار ۱ (آرتمیا و دافنی) از همه بیشتر و در تیمار ۲ (آرتمیا) از همه کمتر بود ($P<۰/۰۵$). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تغذیه با لارو شیرونومید در مرحلهٔ لاروی بیشترین تأثیر را روی شاخص‌های رشد و بیوشیمیایی خون بچه تاسماهی ایرانی پس از عادت‌دهی به غذای خشک داشته است، بنابراین، استفاده از لارو شیرونومید برای تغذیهٔ اولیهٔ لاروهای تاسماهی ایرانی و مرحلهٔ گذار از غذای زنده به غذای خشک تجاری بدون اثر منفی بر شاخص‌های فیزیولوژیک توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: ماهیان خاویاری، غذاهای زنده، آرتمیا، دافنی، شیرونومید، فاکتورهای خونی

* نویسنده مسئول: بهرام فلاحتکار
Email: falahatkar@guilan.ac.ir

Journal of Fisheries
Vol. 77, No. 1, Spring 2024
pp. 37-52

Adaptation of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) fry to commercial dry diet and the effect of initial larval feeding with different live foods on growth, hematological and blood biochemical parameters

Iraj Efatpanah[1]; Bahram Falahatkar[2, 3*], Mir Masoud Sajjadi[2], Maryam Monsef Shokri[4]

1. PhD student in Aquaculture, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran
2. Professor, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran
3. Professor, Department of Marine Sciences, The Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Guilan, Iran
4. Assistant Professor, International Sturgeon Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Received: 10-May-2023 **Accepted: 25-Jul-2023**

Abstract

The aim of this study was to find the effect of initial feeding with different live feeds in the larval stage on growth, hematological and blood biochemical indices of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) after the stage of adaptation to dry food. In order to carry out this study, 900 Persian sturgeon with an average weight of 263.8 ± 2.3 mg (mean ± standard error) were selected from each larval stage treatment, and 300 larvae were selected in each tank with 4 treatments and 3 replications. During 21 days, they were acclimated to dry food using chironomid and formulated diet. These Persian sturgeon fries were reared in the larval stage in 4 treatments includes: 1 (*Artemia* + *Daphnia*), 2 (*Artemia*), 3 (*Artemia* + chironomid) and 4 (chironomid). Final weight, growth rate, feed efficiency and daily growth rate in treatment 4 were significantly higher compared with the other treatments. Specific growth rate and weight gain in treatment 4 were higher than that of all treatments and food conversion ratio in this treatment was lower than the other treatments (P<0.05). After adaptation of fries to commercial dry food, total protein and albumin were the highest in treatment 3 (*Artemia* and chironomid) and the lowest in treatment 1 (*Artemia* and *Daphnia*) (P>0.05). In terms of hematological indices, the number of white blood cells and mean corpuscular hemoglobin concentration were the highest in treatment 1 (*Artemia* and *Daphnia*) and lowest in treatment 2 (*Artemia*) ($P < 0.05$). According to the results of the present study, feeding with chironomid larvae in the larval stage has a great effect on the growth and blood biochemical indices of Persian sturgeon fry after getting used to dry food, which chironomid larvae was used to feed Persian sturgeon larvae. The use of chironomid larvae is recommended for the initial feeding of Persian sturgeon fry and the transition stage from live feed to commercial dry food.

Keywords: Sturgeon, Live food, Artemia, Daphnia, Chironomid, Blood factors

∗ Corresponding author: Bahram Falahatkar Email: falahatkar@guilan.ac.ir

۱. مقدمه

تاسماهیان یا ماهیان خاویاری یکی از قدیمی‌ترین گروه‌های ماهیان هستند تا جایی که به آن‌ها فسیل زنده اطلاق می‌شود. متأسفانه به دلایل مختلفی جمعیت آن‌ها کاهش یافته است. علت عمده و اصلی کاهش جمعیت ماهیان خاویاری، صید و بهره‌برداری بی‌رویه و بیش از اندازهٔ این ماهیان در دریا است (Fazli *et al*., 2021; Chandra and Fopp-Bayat, 2021). پس از فروپاشی شوروی سابق، کشورهای مختلف حاشیهٔ دریای خزر به صید ماهیان خاویاری اقدام کردند به‌طوری که در تمامی مناطق دریا صید بی‌برنامه و قاچاق این ماهیان همچنان ادامه دارد (Falahatkar and Efatpanah, 2015; Seyrafi, 2022). این ماهیان از جنبه‌های مختلفی دارای اهمیت ویژه هستند. از نظر اقتصادی این ماهیان جزء با ارزش‌ترین ماهیان تجاری محسوب می‌شوند. ارزش اصلی ماهیان خاویاری به‌واسطهٔ خاویار مرغوب و ارزشمند و همچنین گوشت گران قیمت آنهاست که موجب افزایش تقاضای بسیار زیاد بازارهای جهانی می‌شود.

از مجموع ۲۷ گونه ماهیان خاویاری شناسایی شده در جهان، شش گونهٔ مهم آن‌ها در دریای خزر و حوضهٔ آبریز آن زندگی می‌کنند که پنج گونهٔ فیل ماهی (*Huso huso*)، تاسماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*)، تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*)، ازون برون (*Acipenser stellatus*) و شیپ (*Acipenser nudiventris*) رود کوچ هستند، این گونه‌ها زندگی و تغذیه را در دریا و تخم‌ریزی و زاد و ولد را در رودخانـه‌های بزرگ شمالی و همچنین رودخانه‌های مساعد غربی و جنوبی این دریا انجام می‌دهند (Keyvan, 2002). تاسماهی ایرانی یکی از گونه‌های با ارزش ماهیان خاویاری دریای خزر است که بیشتر در سواحل جنوبی این دریا یافت می‌شود (Chebanov and Galich, 2013; Nazari *et al*., 2020) و نخستین زیستگاه طبیعی آن رودخانه‌های کورا و سفیدرود بوده است (Chebanov and Galich, 2013).

به‌دلیل فراهم نبودن غذای دستی مناسب برای تغذیهٔ اولیهٔ لاروهای ماهیان خاویاری، تغذیهٔ این ماهی‌ها در مرحلهٔ لاروی به غذای زنده وابسته است (Hamidoghli *et al*., 2014; Lee *et al*., 2022) به‌همین دلیل تهیهٔ غذای زندهٔ مناسب برای پرورش لارو تاسماهیان از جمله اقداماتی است که تلاش‌های زیادی در خصوص آن انجام شده است. تغذیهٔ لاروهای تاسماهیان تا قبل از شروع تغذیهٔ فعال از کیسهٔ زرده صورت می‌گیرد و در مراحل نهایی جذب کیسهٔ زرده به خوردن بعضی از غذاهای زنده تمایل دارند، همچنین غذاهای زنده برای تحریک رشد طبیعی لاروها و شکل‌گیری سیستم گوارشی آن‌ها در طی روزهای اولیه تغذیه مناسب هستند (Azari Takami, 2009).

ناپلیوس آرتمیا، دافنی و شیرونومید از جمله غذاهایی هستند که می‌توان از آن‌ها برای تغذیهٔ اولیه لارو تاسماهیان استفاده نمود (Chebanov and Galich, 2013). ناپلیوس آرتمیا به‌دلیل کیفیت بالای غذایی و اندازهٔ بسیار ریز در زمان تخم‌گشایی می‌تواند برای تغذیهٔ اولیهٔ بسیاری از گونه‌های ماهیان مورد استفاده قرار گیرد (Sorgeloos *et al*., 2001). محدودیت اصلی آرتمیا به‌عنوان یک موجود زندهٔ غذایی برای شکارچیان دریایی، کیفیت غذایی متغیر آن است (Watanabe *et al*., 1978).

دافنی‌ها یکی از غذاهای زنده‌ای هستند که اغلب در پرورش لارو ماهیان آب شیرین (Delbare and Dhert, 1996; Radhakrishnan *et al*., 2020) و به‌طور معمول طی روزهای اول تغذیه برای تحریک رشد طبیعی و تشکیل سیستم هضم در لارو ماهیان خاویاری در مراکز تکثیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Chebanov and Galich, 2013; Ruban, 2020). دافنی‌ها از جمله غذاهای زنده‌ای بودند که در اتحاد جماهیر شوروی سابق از زمان شروع پرورش ماهیان خاویاری برای تغذیهٔ لاروها مورد استفاده قرار می‌گرفتند (Dabrowski *et al*., 1985; Gisbert *et al*., 2018).

لاروهای خانواده شیرونومید یکی از اقلام غذایی با ارزش برای بسیاری از ماهیان به‌شمار می‌روند (Hamidoghli *et al*., 2014; Maleknejad *et al*., 2014). وجود اسیدهای آمینه ضروری (Bogut *et al*., 2007)، آن‌ها را به غذای مناسب برای اغلب ماهیان و به‌خصوص ماهیان خاویاری تبدیل نموده است (Volkman *et al*., 2004). Kohneshahri و Azari Takami (۱۹۷۴) عنوان نمودند که شیرونومید یک غذای زنده با اهمیت و مفید برای تغذیهٔ لاروهای ماهیان خاویاری است.

اهمیت پرورش تاسماهیان و توجه به گونه‌های بومی، ضرورت پرورش تاسماهی ایرانی را دوچندان می‌نماید و توسعهٔ پرورش آن نیازمند اطلاعات کافی از احتیاجات غذایی این ماهی و تأثیرات آنها جهت رشد و بقا و سلامت بیشتر در

محیط‌های پرورشی است. تاسماهی ایرانی یک گونهٔ منحصر به فرد و بومی سواحل جنوبی دریای خزر است که بیشتر به سواحل ایران و جمهوری آذربایجان مهاجرت می‌نماید و به‌ندرت در سواحل کشورهای شمالی دریای خزر دیده شده و صید می‌گردد. به‌همین دلیل تحقیقات بر روی این ماهی توسط محققان سایر کشورها به‌ندرت صورت می‌گیرد، بنابراین تحقیق بر روی این گونه و توجه به بقا و احیای نسل آن برای کشور ما امری ضروری است.

با توجه به این‌که تغذیهٔ لاروهای ماهیان خاویاری با غذاهای خشک فرموله شده در شروع تغذیهٔ خارجی باعث تلفات شدید آن‌ها می‌شود (Ronyai and Feledi , 2012; Mohler *et al*., 2012; Lee *et al*., 2022)، به‌همین دلیل پرورش تاسماهی ایرانی در مرحلهٔ لاروی وابسته به غذاهای زنده است (Hamidoghli *et al*., 2014). غذاهای زنده از نظر ترکیب مواد مغذی دارای تفاوت‌هایی با یکدیگر هستند و تولید بعضی از آن‌ها وابسته به فصل است، درحالی که تولید برخی دیگر در تمام فصول سال قابل انجام است.

ماهیان تحت تأثیر شرایط محیطی هستند که در آن زندگی می‌کنند و استرس‌های محیطی، تغذیه، جنس و اندازهٔ ماهی و همچنین تغییرات فصلی بر روی شاخص‌های خونی آن‌ها تأثیرگذار هستند، به‌همین دلیل شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی خون ابزارهای مناسبی برای ارزیابی پاسخ‌های فیزیولوژیک به استرس‌های محیطی (Witeska *et al*., 2022) و محک خوبی برای ارزیابی سلامت ماهیان هستند (Roche and Bogé, 1996; Witesika *et al*., 2022).

پرورش تاسماهی ایرانی به‌دلیل مشکلات مربوط به عادت‌دهی و ناشناخته بودن عوامل مؤثر بر تغذیه و رشد آن در مرحلهٔ عادت‌دهی چندان مورد توجه پرورش‌دهندگان ماهی خاویاری در ایران قرار نگرفته است. هدف اصلی این مطالعه، عادت‌دهی تاسماهی ایرانی به غذای خشک بود که در کنار آن تأثیر تغذیهٔ اولیه با غذاهای زندهٔ مختلف در مرحلهٔ لاروی بر روی شاخص‌های رشد، هماتولوژیک و بیوشیمیایی خون تاسماهی ایرانی پس از مرحلهٔ عادت‌دهی به غذای خشک نیز مورد مطالعه قرار گرفت تا غذاهای زندهٔ مختلف علاوه بر تأثیر بر روی فاکتورهای رشد از نظر تأثیر بر شاخص‌های سلامت نیز مورد ارزیابی قرار گیرند. یافته‌های این تحقیق می‌تواند برخی دغدغه‌های پرورش‌دهندگان ایرانی ماهیان خاویاری در خصوص پرورش تاسماهی ایرانی را برطرف نماید.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. ماهی و شرایط پرورش

ماهی مورد مطالعه، تاسماهی ایرانی و محل انجام این تحقیق بخش پرورش لارو مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل در استان گیلان بود. بچه ماهیان مورد نیاز به تعداد ۹۰۰ عدد بچه تاسماهی ایرانی با وزن متوسط ۲/۳±۲۶۳/۸ میلی‌گرم (میانگین±خطای استاندارد) بودند که از هر تیمار مرحلهٔ لاروی که با غذاهای زندهٔ مختلف در ۴ تیمار: ۱ (آرتمیا+دافنی)، ۲ (فقط آرتمیا)، ۳ (آرتمیا+شیرونومید) و ۴ (فقط شیرونومید) پرورش یافته بودند، انتخاب شد و در طی مدت ۲۱ روز با استفاده از شیرونومید و غذای فرموله شده به غذای خشک عادت داده شدند. لاروهای مورد استفاده حاصل از استحصال تخم از یک قطعه تاسماهی ایرانی ماده و لقاح آن با اسپرم دو قطعه تاسماهی ایرانی نر صید شده از دریای خزر بودند و در طی ۱۱ روز با غذاهای زنده مورد نظر در تیمارهای ۴ گانه به وزن مورد نظر برای عادت‌دهی رسیدند.

۲.۲. طراحی آزمایش

تعداد ۱۲ حوضچهٔ گرد بتونی با قطر ۲ متر و عمق ۰/۵ متر که در کنار هم قرار داشتند برای انجام این آزمایش انتخاب شدند. هر تیمار دارای ۳ تکرار بود و ۳۰۰ عدد بچه‌ماهی به هر حوضچه انتقال یافت. غذادهی به بچه ماهیان ۶ بار در شبانه‌روز، در فاصله‌های ۴ ساعته و در ساعات ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ انجام شد. برای عادت‌دهی بچه ماهیان به غذای خشک براساس جدول ۱ عمل گردید.

در زمان‌های تغذیهٔ بچه ماهیان با شیرونومید، بسته‌های منجمد شیرونومید (شرکت ماهیران، تهران، ایران) ابتدا در هوای آزاد و به‌تدریج از حالت انجماد خارج شده و بدون این که خرد شوند به‌طور کامل در داخل حوضچه‌های پرورش قرار گرفتند تا بچه ماهیان از آن‌ها تغذیه نمایند. مقدار شیرونومید مورد استفاده برای تغذیه بچه ماهیان برای هر شبانه‌روز، ۶۰ درصد بیومس زندهٔ بچه ماهیان بود (Chebanov and Galich, 2013). برای غذادهی بچه ماهیان با غذای خشک تجاری از خوراک‌های اختصاصی شرکت بیومار (Biomar, INICIO PLUS 0.5 GR) (Charente, France با اندازهٔ ۰/۵ میلی‌متر و ۵۹ درصد پروتئین، ۱۳ درصد چربی، ۰/۴

درصد سلولز و ۱۱/۹ درصد خاکستر و INICIO PLUS 0.8 GR با اندازهٔ ۰/۸ میلی‌متر و ۵۷ درصد پروتئین، ۱۵ درصد چربی، ۰/۴ درصد سلولز و ۱۰/۴ درصد خاکستر و INICIO PLUS 1.1 GR با اندازهٔ ۱/۱ میلی‌متر و ۵۷ درصد پروتئین، ۱۵ درصد چربی، ۰/۴ درصد سلولز و ۱۰/۴ درصد خاکستر) استفاده شد. درصد غذای خشک مورد استفاده برای تغذیهٔ بچه ماهیان در هر شبانه‌روز به میزان ۳ درصد بیومس زندهٔ بچه ماهیان (Yousefpour, 2003) بود.

جدول ۱- برنامهٔ عادت‌دهی بچه تاسماهیان ایرانی (*Acipenser persicus*) به غذای خشک تجاری با استفاده از شیرونومید در طی ۲۱ روز پرورش

روزهای تغذیه	وعده‌های غذایی					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱ تا ۳	شیرونومید	شیرونومید	شیرونومید	شیرونومید	شیرونومید	شیرونومید
۴ تا ۶	شیرونومید	شیرونومید	غذای خشک	شیرونومید	شیرونومید	شیرونومید
۷ تا ۹	شیرونومید	شیرونومید	غذای خشک	شیرونومید	شیرونومید	غذای خشک
۱۰ تا ۱۲	شیرونومید	غذای خشک	شیرونومید	غذای خشک	شیرونومید	غذای خشک
۱۳ تا ۱۵	شیرونومید	غذای خشک	غذای خشک	شیرونومید	غذای خشک	غذای خشک
۱۶ تا ۱۸	غذای خشک	غذای خشک	شیرونومید	غذای خشک	غذای خشک	غذای خشک
۱۸ تا ۲۱	غذای خشک	غذای خشک	غذای خشک	غذای خشک	غذای خشک	غذای خشک

۳.۲. تعیین پارامترهای رشد

زیست‌سنجی بچه ماهیان به‌منظور تعیین وزن متوسط با استفاده از ترازوی با دقت میلی‌گرم جهت تعیین وزن و خط‌کش با دقت میلی‌متر جهت اندازه‌گیری طول‌کل در فواصل ۳ روزه صورت گرفت و در پایان مدت ۲۱ روزهٔ عادت‌دهی، شاخص‌های رشد و کارایی غذایی تیمارهای مختلف شامل وزن به‌دست آمده (Weight gain; WG)، درصد افزایش وزن (Body weight increase; BWI)، نرخ رشد روزانه (Daily growth rate; DGR)، نرخ رشد ویژه (Specific growth rate; SGR)، غذای مصرفی (Feed intake; FI)، فاکتور وضعیت (Condition factor; CF)، ضریب تبدیل غذایی (Feed conversion ratio; FCR) و نرخ بقا (Survival rate; SR) اندازه‌گیری و از طریق رابطه‌های زیر محاسبه شدند (Falahatkar, 2014):

WG (g)= وزن اولیه (گرم) - وزن نهایی (گرم)

BWI (%)=
[وزن اولیه (گرم) / وزن اولیه (گرم) - وزن نهایی (گرم)] × ۱۰۰

DGR (%)= [روزهای پرورش / وزن اولیه – وزن ثانویه)] × ۱۰۰

SGR (%/day)=
[(Ln وزن نهایی (گرم) - Ln وزن اولیه (گرم)) / طول دوره پرورش)] × ۱۰۰

FI (g/fish)= کل غذای مصرفی در طول دوره (گرم) / تعداد ماهی

CF= [وزن ماهی (گرم) / (طول کل (سانتی‌متر)^3)] × ۱۰۰

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

SR (%)=
[تعداد ماهیان در انتهای دوره / تعداد ماهیان در ابتدای دوره] × ۱۰۰

۴.۲. شاخص‌های هماتولوژیک

خون‌گیری از بچه ماهیان با استفاده از سرنگ ۲ میلی‌لیتر هپارینه از سیاهرگ وریدی ساقهٔ دمی انجام شد. بعد از خون‌گیری، جهت انجام مطالعات هماتولوژیک، ۰/۵ میلی‌لیتر از آن به داخل میکروتیوب‌های اپندورف شماره‌گذاری شده ریخته شد و ۱/۵ میلی‌لیتر از آن جهت تهیهٔ پلاسما به داخل لوله‌های آزمایش شماره‌گذاری شده انتقال یافت. میکروتیوب‌های ۰/۵ میلی‌لیتری خون مورد نظر برای تعیین پارامترهای هماتولوژیک به سرعت به یخچال با دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد منتقل شدند. برای تهیهٔ پلاسما، لوله‌های آزمایش محتوی نمونه‌های خون بلافاصله درون دستگاه سانتریفیوژ با دور g ۱۵۰۰ به‌مدت ۵ دقیقه قرار گرفتند (Alizadeh *et al*., 2019). سپس پلاسما با استفاده از سمپلر جداسازی شده و به داخل ویال‌های ۱/۵ میلی‌لیتری ریخته شدند. نمونه‌ها جهت سنجش‌های بعدی به آزمایشگاه دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان در صومعه‌سرا انتقال داده شدند و تا زمان اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی در فریزر ۸۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری گردیدند

(Alizadeh *et al*., 2019).

شمارش گلبول‌های سفید با پیپت ملانژور سفید و گلبول‌های قرمز با پیپت ملانژور قرمز انجام شد. پیپت تا درجهٔ ۰/۵ با خون پر شده و بقیهٔ محفظه تا درجهٔ فوقانی با محلول رقیق‌کنندهٔ Lewis پر گردید. ملانژورها به‌مدت ۵ دقیقه در داخل دستگاه shaker قرار گرفتند و پس از آن ۴ قطرهٔ اولیه موجود در پیپت دور ریخته شد. برای شمارش از لام هموسیتومتر، استفاده شد. لام زیر میکروسکوپ با عدسی ۴۰ قرار داده شد و با تنظیم ۵ مربع مرکزی گلبول‌های قرمز و با تنظیم میکروسکوپ در ۴ مربع کناری گلبول‌های سفید شمارش شدند و براساس فرمول‌های زیر محاسبه گردیدند (Houston, 1990):

$$RBC\ (n/mm^3) = (R1 + R2 + R3 + R4 + R5) \times 5 \times 10 \times 200$$

$$WBC\ (n/mm^3) = N\ (W1 + W2 + W3 + W4 \times 20 \times 10) / 4$$

درصد هماتوکریت با استفاده از روش میکروهماتوکریت تعیین شد. لوله‌های میکروهماتوکریت پس از پر شدن با خون حاوی هپارین با استفاده از خمیر هماتوکریت مسدود شدند. پس از آن لوله‌ها با سرعت ۳۵۰۰g به‌مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ گردیدند و با استفاده از خط‌کش مدرج دایره‌ای، میزان هماتوکریت بر حسب درصد از طریق فرمول زیر محاسبه شد (Řehulka, 2002):

درصد هماتوکریت =
۱۰۰ × [حجم کل خون / حجم گلبول‌های قرمز خون]

اندازه‌گیری غلظت هموگلوبین با استفاده از روش سیانومت هموگلوبین صورت گرفت. برای هر نمونه یک لولهٔ آزمایش انتخاب و در آن ۵ میلی‌لیتر معرف درابکین ریخته شد. پس از آن ۰/۰۲ میلی‌لیتر (۲۰ میکرولیتر) خون کاملاً مخلوط شده در هر لوله به معرف اضافه گردید و پیپت با معرف شستشو داده شد تا همهٔ خون از پیپت وارد آن شود. برای تشکیل سیانومت هموگلوبین محلول خوب تکان داده شده و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه و در تاریکی قرار گرفت. پس از آن مخلوط در اسپکتروفتومتر و در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرار داده شد و غلظت هموگلوبین برحسب گرم در دسی‌لیتر محاسبه گردید (Klontz, 1994).

متوسط حجم گلبول قرمز (Mean corpuscular volume; MCV)، متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (Mean corpuscular hemoglobin; MCH) و متوسط غلظت هموگلوبین سلولی (Mean corpuscular hemoglobin concentration; MCHC) از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Klontz, 1994):

$$MCV\ (fl) = [\text{تعداد گلبول‌های قرمز / هماتوکریت}] \times ۱۰۰$$

$$MCH\ (pg/cell) = [\text{(تعداد گلبول‌های قرمز / هموگلوبین)}] \times ۱۰$$

$$MCHC\ (\%) = [\text{هماتوکریت (٪) / هموگلوبین}] \times ۱۰۰$$

برای تعیین درصد افتراقی گلبول‌های سفید، گسترش خونی با ریختن یک قطره خون به‌وسیلهٔ لوله میکروهماتوکریت یک سانتی‌متری سمت راست لام و سپس انتشار آن به سمت چپ با یک لام دیگر با زاویهٔ ۳۰ تا ۴۵ درجه و با حرکت یکنواخت و ملایم قطرهٔ خون، تشکیل گردید. گسترش پس از خشک شدن در جریان هوا با متانول ۹۶ درصد تثبیت گردید. برای رنگ‌آمیزی، لام‌ها به‌مدت ۳۰ تا ۳۵ دقیقه در داخل محلول گیمسا ۱۰ درصد قرار گرفتند. در مرحلهٔ بعد لام‌ها با آب مقطر شسته شده و برای خشک شدن در معرض جریان هوا قرار داده شدند و در نهایت لام‌ها در زیر میکروسکوپ قرار گرفته و گلبول‌های سفید با عدسی ۱۰۰ شناسایی شدند. شمارش انواع گلبول‌های سفید شامل لنفوسیت‌ها، مونوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها و ائوزینوفیل‌ها به روش زیگزاگ با استفاده از دستگاه شمارندهٔ دستی انجام گردید (Klontz, 1994; Řehulka and Adamee, 2004).

۵.۲. شاخص‌های بیوشیمیایی خون

برای تعیین مقدار پروتئین کل در نمونه‌های پلاسما از روش رفراکتومتری (Campbell, 2015)، آلبومین موجود در پلاسما به روش فتومتریک (Dati *et al*., 1996) و مقدار گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید از روش رنگ‌سنجی (Colorimetric) و کیت تشخیصی (پارس آزمون، کرج، ایران) استفاده شد (Morris and Davey, 2001). مقدار گلوبولین از اختلاف پروتئین کل با آلبومین به‌دست آمد (Kumar *et al*., 2011).

۶.۲. تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری (IBM SPSS

SPSS (statistics V.25) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای کنترل نرمال بودن داده‌ها از آزمون Kolmogorov-Smirnov و برای همگنی واریانس‌ها از آزمون Levene و جهت مشخص نمودن اختلاف میانگین شاخص‌های رشد، هماتولوژیک و بیوشیمیایی خون از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. مقایسهٔ میانگین‌ها به‌وسیلهٔ آزمون Tukey و سطح معنی‌دار در آنالیزها، $P<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

۳. نتایج

۱.۳. شاخص‌های رشد

پس از عادت‌دهی بچه ماهیان به غذای دستی که در طی مدت ۲۱ روز انجام گرفت زیست‌سنجی بچه ماهیان برای تعیین شاخص‌های رشد صورت گرفت که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. وزن نهایی، میزان رشد، ضریب تبدیل غذا و شاخص رشد روزانه در تیمار ۴ که در مرحلهٔ پرورش لاروی فقط از شیرونومید تغذیه کرده بودند به‌طور معنی‌داری بالاتر از بقیه تیمارها بود ($P<۰/۰۵$). نرخ رشد ویژه و شاخص افزایش وزن در تیمار ۴ (فقط شیرونومید) بیشتر از همهٔ تیمارها و با تیمارهای ۱ (آرتمیا و دافنی) و ۲ (فقط آرتمیا) دارای اختلاف معنی‌دار بود. ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۴ (فقط شیرونومید) کمتر از همهٔ تیمارها بود ($P<۰/۰۵$). بین تیمارهای مختلف در ارتباط با شاخص وضعیت و درصد بقا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P>۰/۰۵$).

جدول ۲- شاخص‌های رشد بچه تاسماهیانی ایرانی (*Acipenser persicus*) با تیمارهای اولیهٔ تغذیه شده با غذاهای زنده مختلف پس از مدت ۲۱ روزه عادت‌دهی به غذای خشک تجاری با استفاده از شیرونومید (میانگین±خطای استاندارد؛ n=۳)

شاخص‌های رشد	تیمارهای اولیه			
	آرتمیا و دافنی	فقط آرتمیا	آرتمیا و شیرونومید	فقط شیرونومید
وزن اولیه (گرم)	۰/۲۶±۰/۰۱	۰/۲۶±۰/۰۱	۰/۲۶±۰/۰۱	۰/۲۶±۰/۰۱
وزن نهایی (گرم)	۱/۹۱±۰/۱۰^{c}	۲/۲۱±۰/۰۸^{bc}	۲/۵۳±۰/۰۵^{b}	۳/۰۷±۰/۱۰^{a}
وزن کسب شده (گرم)	۱/۶۴ ±۰/۱۰^{c}	۱/۹۵±۰/۰۹^{b}	۲/۲۷±۰/۰۷^{bc}	۲/۸۲±۰/۱۰^{a}
افزایش وزن (درصد)	۶۲۴/۴۰±۵۷/۸۸^{b}	۷۶۲/۵۵ ± ۶۸/۶۳^{b}	۸۵۲/۸۰±۸۱/۱۳^{ab}	۱۱۴۷/۸۸±۵۱/۵۳^{a}
رشد روزانه (درصد)	۷/۸۲±۰/۵۰^{c}	۱۰/۷۹±۰/۳۳^{b}	۹/۲۹±۰/۴۱^{bc}	۱۳/۴۳±۰/۵۰^{a}
نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	۹/۴۰±۰/۳۸^{b}	۱۰/۲۳±۰/۳۷^{b}	۱۰/۷۰±۰/۴۰^{ab}	۱۲/۰۱±۰/۲۰^{a}
شاخص وضعیت	۰/۴۸±۰/۰۲	۰/۴۶±۰/۰۰	۰/۴۵±۰/۰۱	۰/۵۱±۰/۰۲
غذای مصرفی (گرم/ماهی)	۳/۱۴±۰/۰۴^{b}	۳/۲۵±۰/۰۱^{b}	۳/۳۴±۰/۰۵^{b}	۳/۹۳±۰/۱۳^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۲/۱۴±۰/۱۱^{a}	۱/۹۴±۰/۰۲۹^{ab}	۱/۶۸±۰/۰۵^{b}	۱/۶۶±۰/۰۲^{b}
بقا (درصد)	۷۷/۴۴±۰/۷۸	۷۶/۰±۰/۵۱	۷۸/۴۴±۱/۸۲	۷۷/۲۲±۰/۹۹

حروف لاتین غیر مشابه در بالای اعداد در هر ردیف نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است ($P<۰/۰۵$).

در شکل ۱ مراحل رشد تاسماهیان ایرانی با استفاده از شیرونومید و غذای خشک فرموله شده برای عادت‌دهی نشان داده شده است. در پایان روز سوم که همهٔ تیمارها در ۶ وعدهٔ غذایی با شیرونومید تغذیه شده بودند اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد. این وضعیت تا پایان روز ششم که بچه ماهیان به‌طور روزانه با ۵ وعده شیرونومید و ۱ وعده غذای خشک فرموله شده تغذیه شدند و همچنین تا پایان روز نهم که بچه ماهیان با ۴ وعده شیرونومید و ۲ وعده غذای خشک فرموله شده تغذیه شدند، ادامه یافت و هیچگونه اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد. در پایان روز دوازدهم که بچه ماهیان در طول شبانه روز با ۳ وعده شیرونومید و ۳ وعده غذای خشک فرموله شده تغذیه شدند وضعیت تغییر یافت و وزن بچه تاسماهیان تیمار ۴ (فقط شیرونومید) بیشتر از سایر تیمارها شد ($P<۰/۰۵$). این وضعیت تا پایان روز پانزدهم که بچه ماهیان با

۲ وعده شیرونومید و ۴ وعده غذای خشک فرموله شده تغذیه شده بودند و پایان روز هجدهم که بچه ماهیان با ۱ وعده غذای خشک فرموله شده تغذیه شدند، ادامه یافت و وزن بچه ماهیان تیمار ۴ بالاتر از بقیهٔ تیمارها بود ($P<۰/۰۵$). در پایان روز بیست و یکم که همهٔ تیمارها در طول شبانه روز فقط با ۶ وعده غذای خشک فرموله شده تغذیه شدند، وزن بچه ماهیان تیمار ۴ (فقط شیرونومید) از همهٔ تیمارها بیشتر بود ($P<۰/۰۵$).

شکل ۱- مراحل رشد بچه تاسماهیانی ایرانی (*Acipenser persicus*) با تیمارهای اولیه تغذیه شده با غذاهای زنده مختلف طی ۲۱ روزهٔ عادت‌دهی به غذای خشک تجاری با استفاده از شیرونومید (میانگین±خطای استاندارد؛ n=۳)

حروف لاتین غیر مشابه بر روی هر ستون نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است ($P<۰/۰۵$).

۲.۳. شاخص‌های هماتولوژیک

جدول ۳ شاخص‌های هماتولوژیک در پایان مرحلهٔ عادت‌دهی بچه ماهیان به غذای خشک تجاری را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تعداد گلبول‌های سفید و متوسط غلظت هموگلوبین سلولی (MCHC) در تیمار ۱ (آرتمیا و دافنی) از همه بیشتر و در تیمار ۲ (آرتمیا) از همه کمتر بود ($P<۰/۰۵$). در خصوص سایر شاخص‌ها اختلاف در بین تیمارها معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$).

جدول ۳- شاخص‌های هماتولوژیک بچه تاسماهیانی ایرانی (*Acipenser persicus*) با تیمارهای اولیهٔ تغذیه شده با غذاهای زنده مختلف پس از مدت ۲۱ روزه عادت‌دهی به غذای خشک تجاری با استفاده از شیرونومید (میانگین±خطای استاندارد؛ n= ۳)

شاخص‌ها	تیمارهای اولیه			
	۱ (آرتمیا و دافنی)	۲ (فقط آرتمیا)	۳ (آرتمیا و شیرونومید)	۴ (فقط شیرونومید)
گلبول‌های سفید (mm^3/تعداد)	۵۳۶۷±۴/۲۳^{a}	۴۰۰۰±۲/۵۲^{b}	۴۱۵۶±۲/۲۵^{ab}	۵۱۶۷±۳/۷۹^{ab}
گلبول‌های قرمز (mm^3/تعداد)	۴۹۶۶۰۰±۱/۶۲	۴۸۶۹۰۰±۱/۳۴	۴۸۸۹۰۰±۰/۵۲	۵۰۹۸۰۰±۰/۷۵
هموگلوبین (گرم/دسی لیتر)	۴/۹±۰/۲۴	۴/۶۸±۰/۱۷	۴/۷۴±۰/۰۵	۵/۰۱±۰/۰۹
هماتوکریت (درصد)	۲۴/۶۷±۱/۰۸	۲۴/۴۴±۰/۶۳	۲۴/۴۴±۰/۲۹	۲۵/۳۴±۰/۳۷
MCV (فمتولیتر)	۴۹۵±۵/۳۶	۴۹۷±۷/۱۵	۴۹۹/۷۷±۲/۴۰	۵۳۰/۲۲±۳/۴۴
MCH (پیکوگرم/سلول)	۹۸±۱/۴۶	۹۶/۲۲±۰/۹۷	۹۶/۶۷±۰/۲۴	۹۷/۳۴±۱/۱۹
MCHC (درصد)	۱۹/۸۳±۰/۱۵^{a}	۱۹/۱۸±۰/۱۷^{b}	۱۹/۳۶±۰/۰۹^{ab}	۱۹/۷۷±۰/۱۵^{a}
لنفوسیت (درصد)	۸۱/۸۸±۱/۱۷	۸۴/۳۳±۰/۸۲	۸۳/۸۹±۲/۷۱	۸۰/۸۹±۱/۳۷
نوتروفیل (درصد)	۱۳/۴۵±۰/۸۰	۱۱/۷۸±۰/۵۲	۱۱/۷۸±۰/۷۳	۱۴/۱۲±۱/۰۵
مونوسیت (درصد)	۳/۸۹±۰/۳۵	۳/۲۳±۰/۲۸	۳/۴۵±۰/۲۹	۴/۳۴±۰/۳۷
ائوزینوفیل (درصد)	۰/۷۸±۰/۲۸	۰/۶۷±۰/۱۷	۰/۸۹±۰/۲۶	۰/۶۷±۰/۲۳

حروف لاتین غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است ($P<۰/۰۵$).

۳.۳. شاخص‌های بیوشیمیایی خون

جدول ۴ شاخص‌های بیوشیمیایی خون پس از عادت‌دهی بچه ماهیان تاسماهی ایرانی به غذای خشک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، گلوکز در تیمار ۲ (آرتمیا) از همه بالاتر و در تیمار ۱ از همه پایین‌تر بود ($P<۰/۰۵$). پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین در تیمار ۳ (آرتمیا و شیرونومید) از همه بیشتر و در تیمار ۱ (آرتمیا و دافنی) از همه کمتر بود ($P<۰/۰۵$). در مورد سایر شاخص‌های بیوشیمیایی اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها وجود نداشت ($P>۰/۰۵$).

جدول ۴- شاخص‌های بیوشیمیایی خون بچه تاسماهیانی ایرانی (*Acipenser persicus*) با تیمارهای اولیه تغذیه شده با غذاهای زنده مختلف پس از مدت ۲۱ روزهٔ عادت‌دهی به غذای خشک تجاری با استفاده از شیرونومید (میانگین±خطای استاندارد؛ ۳ =n)

شاخص‌ها	تیمارهای اولیه			
	۱ (آرتمیا و دافنی)	۲ (فقط آرتمیا)	۳ (آرتمیا و شیرونومید)	۴ (فقط شیرونومید)
گلوکز (mg/dl)	۶۷/۱۷±۲/۶۵^{b}	۷۸/۱۷±۲/۱۰^{a}	۷۵/۳۴±۲/۹۴^{ab}	۷۵/۱۷±۲/۴۶^{ab}
تری گلیسرید (mg/dl)	۱۵۷/۶۷±۱۴/۸۸	۱۷۰/۸۴±۱۱/۸۱	۱۶۸/۵۰±۱۱/۸۱	۲۰۳/۳۴±۸/۵۴
کلسترول (mg/dl)	۸۶/۵۰±۵/۶۸	۹۱/۵۰±۵/۳۲	۹۰/۱۷±۴/۶۶	۱۰۲/۰۰±۲/۹۸
پروتئین کل (g/dl)	۲/۳۱±۰/۰۷^{c}	۲/۸۴±۰/۱۱^{bc}	۳/۷۱±۰/۲۰^{a}	۳/۴۰±۰/۱۵^{ab}
آلبومین (g/dl)	۱/۱۶±۰/۰۴^{c}	۱/۳۴±۰/۰۷^{bc}	۱/۶۹±۰/۱۲^{a}	۱/۵۶±۰/۰۶^{ab}
گلوبولین (g/dl)	۱/۱۵±۰/۰۳^{c}	۱/۵۰±۰/۰۴^{bc}	۲/۰۲±۰/۰۷^{a}	۱/۸۴±۰/۰۹^{ab}

حروف لاتین غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است ($P<۰/۰۵$).

۴. بحث و نتیجه گیری نهایی

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر تغذیه با غذاهای زنده مختلف در مرحلهٔ لاروی بر روی شاخص‌های رشد، هماتولوژیک و بیوشیمیایی خون بچه تاسماهی ایرانی پس از عادت‌دهی به غذای خشک تجاری بود. در عادت‌دهی تاسماهی ایرانی به غذای خشک همهٔ شرایط برای هر ۴ تیمار از هر نظر یکسان بود. بچه تاسماهیان ایرانی در همهٔ تیمارها در طی ۲۱ روز با استفاده از شیرونومید و غذای بیومار با یک روش یکسان به غذای دستی عادت داده شدند و تنها تفاوت بین تیمارها، تغذیه با غذاهای زنده مختلف در مرحلهٔ لاروی بود. در این تحقیق، بچه تاسماهیانی که در مرحلهٔ لاروی و شروع تغذیهٔ فعال با لارو شیرونومید تغذیه شده بودند، در مرحلهٔ عادت‌دهی به غذای دستی از وزن و رشد بیشتری نسبت به بچه تاسماهیان تیمارهای دیگر برخوردار شدند و پس از آن‌ها نیز بچه تاسماهیانی قرار داشتند که از آرتمیا و شیرونومید برای تغذیه آن‌ها استفاده شده بود که نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت تغذیه از شیرونومید بر شاخص‌های رشد است. در تحقیق Mohseni و همکاران (۲۰۱۲) که با استفاده از دافنی، شیرونومید و گاماروس به‌صورت تک و مخلوط با غذای فرموله شده روی لارو فیل ماهی صورت گرفت، لاروهای تیماری که ابتدا با ۱۰۰ درصد شیرونومید و به‌تدریج با غذای مخلوط شیرونومید و غذای فرموله و در انتها با ۱۰۰ درصد غذای فرموله تغذیه شده بودند، شاخص‌های رشد بالاتری نسبت به سایر تیمارها داشتند. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات پژوهشگران دیگر در خصوص استفاده از غذای زنده برای تغذیه، استفاده از غذای مخلوط برای عادت‌دهی و استفاده از غذای زنده منجمد برای تغذیه بچه ماهیان مطابقت داشت (Williot *et al*., 2005; Hamidoghli *et al*., 2014; Taati *et al*., 2017).

در این تحقیق، روند رشد و افزایش وزن بچه تاسماهیان تیمارهای مختلف در طی مدت عادت‌دهی نشان داد که با افزایش سن بچه ماهی‌ها، اختلاف وزن در تیمارهای مختلف پدیدار می‌شود و بچه ماهی‌هایی که قبل از شروع عادت‌دهی با شیرونومید تغذیه شده بودند به‌طور معنی‌داری از وزن بالاتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار شدند. Chebanov و Galich (۲۰۱۳) و Ruban (۲۰۲۰) عنوان نمودند که لارو شیرونومید اولین غذای ترجیحی بچه ماهیان نورس خاویاری در استخرها است. Hamidoghli و همکاران (۲۰۱۴) و Sulistiyarto و Restu (۲۰۱۸) بیان داشتند که لارو

شیرونومید دارای ارزش غذایی بالایی از نظر میزان پروتئین و حضور اسیدهای آمینه ضروری است و این خصوصیت آن‌ها را به غذای مناسب برای اغلب ماهیان و به خصوص ماهیان خاویاری مبدل ساخته است. علاوه بر این، با توجه به این‌که ماهی‌ها به‌تدریج به غذای جدید عادت می‌کنند به‌نظر می‌رسد بچه ماهی‌هایی که با سایر غذاهای زنده تغذیه شده بودند نیاز به مدت زمان بیشتری برای عادت‌پذیری به غذای جدید داشته‌اند و امکان جذب مواد مغذی حاصل از شیرونومید به‌تدریج در آن‌ها ایجاد شده است، اما بچه ماهی‌هایی که قبل از عادت‌دهی با شیرونومید تغذیه شده بودند نیاز به زمان برای جذب تدریجی آن نداشته و بیشتر مواد مغذی حاصل از شیرونومید در این مرحله از عادت‌پذیری صرف رشد آن‌ها شده است. همچنین معمولاً استفاده از غذاهای زنده باعث بهبود عملکرد دستگاه گوارش ماهی می‌شود (Samat *et al*., 2020). تغذیهٔ طولانی‌تر از شیرونومید در تیمارهایی که از ابتدا با آن تغذیه شده بودند باعث افزایش کارایی هضم و جذب غذای خشک فرموله در طی مدت عادت‌دهی شده است. این تحقیق نشان داد که تغذیهٔ اولیه از شیرونومید در ارتقای شاخص‌های رشد در مرحلهٔ عادت‌دهی به غذای خشک تأثیر داشته است. همچنین عادت‌دهی بچه تاسماهیان ایرانی با استفاده از شیرونومید با شاخص‌های رشد و بقای مناسب در مدت ۲۱ روز با موفقیت قابل انجام است.

بررسی شاخص‌های خونی یک راهکار مناسب برای ارزیابی تأثیر ترکیب غذا و وضعیت تغذیه‌ای بر سلامتی ماهی است (Javad *et al*., 2004; Esmaeili, 2021). عوامل متعددی نظیر گونه، سن، اندازه، جیرهٔ غذایی، کیفیت و کمیت غذا، شرایط محیطی و محرک‌های رشد روی شاخص‌های خونی تأثیر می‌گذارند (Lim *et al*., 2000; Irianto and Austin, 2002; Witeska *et al*., 2022; Brunt and Austin, 2005). در این تحقیق به غیر از تغذیهٔ اولیهٔ بچه ماهیان در مرحلهٔ لاروی، سایر عوامل تأثیرگذار بر شاخص‌های خونی یکسان بودند. خون‌گیری از بچه ماهیان پس از عادت‌دهی به غذای خشک انجام شد. این بچه ماهیان از ۳ روز قبل از خون‌گیری فقط با غذای خشک تجاری و ۶ روز قبل از خون‌گیری فقط یک وعده در روز با شیرونومید تغذیه شده بودند. پس از بررسی شاخص‌های خونی فقط تعداد گلبول‌های سفید و MCHC در تیمار ۱ (آرتمیا و دافنی) از همه بیشتر و در تیمار ۲ (فقط آرتمیا) از همه کمتر بود. در خصوص سایر شاخص‌ها اختلاف در بین تیمارها معنی‌دار نبود. به‌نظر می‌رسد که عدم اختلاف معنی‌دار در اغلب شاخص‌های خونی در این مطالعه به‌دلیل یکسان بودن همهٔ شرایط در هنگام خون‌گیری باشد و شرایط اولیهٔ تغذیهٔ تیمارها از غذاهای زنده مختلف تأثیر معنی‌داری بر شاخص های هماتولوژیک خون نداشته است. تحقیقات مختلف نشان‌دهندهٔ عدم اختلاف معنی‌دار شاخص‌های هماتولوژیک پس از تغذیهٔ ماهیان خاویاری با جیره‌های مختلف بود (Baniismaili *et al*., 2010; Hasanpour Fatahi *et al*., 2014; Alizadeh *et al*. 2018; Efatpanah and Falahatkar, 2023).

در این تحقیق تعداد گلبول‌های سفید در تیمار ۱ (آرتمیا و دافنی) از همه بالاتر و با تیمار ۲ (فقط آرتمیا) معنی‌دار بود. شاخص‌هایی مانند تعداد گلبول‌های سفید، گلبول‌های قرمز، هماتوکریت، هموگلوبین، MCHC، MCV و MCH نشان‌دهندهٔ وضعیت سلامت ماهی هستند (Michael *et al*., 2019). گلبول‌های سفید خون ماهی از مهم‌ترین مکانیزم‌های دفاع سلولی بدن هستند (Sattari, 2012) و تعداد آن‌ها نقش مهمی در فعالیت‌های فاگوسیتی و پاسخ‌های ایمنی به مبارزات باکتریایی، ویروسی و انگلی دارد (Harikrishnan *et al*., 2012; Aatthi *et al*., 2013; Wu *et al*., 2022). در تیمار ۱ بچه تاسماهیان ایرانی در مرحلهٔ لاروی علاوه بر آرتمیا با دافنی نیز تغذیه شدند. دافنی مورد استفاده برای تغذیهٔ لاروها از استخرهای خاکی تأمین شد. ممکن است در هنگام ریختن دافنی در حوضچه‌های پرورش لارو، ارگانیسم‌های دیگر موجود در استخرهای خاکی نظیر انواع باکتری‌ها و موجودات ریز میکروسکوپی دیگر همراه با دافنی وارد حوضچه‌ها شده باشند. باکتری‌ها و یا موجودات ریز میکروسکوپی وارد بدن ماهی شده و بچه ماهیان نسبت به آن عکس‌العمل نشان داده باشند. شاخص‌های خونی ابزار مناسبی برای نشان دادن سلامتی و یا وجود بیماری عفونی در ماهیان محسوب می‌شوند (Witeska *et al*., 2022) و کمبود مواد مغذی ضروری یکی از عواملی است که می‌تواند موجب تغییر در شاخص های هماتولوژیک شود (Garrido *et al*., 1990; Witeska *et al*., 2022). در این تحقیق هیچ گونه بیماری در بچه ماهیان مشاهده نشد و درصد بقا تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها نداشت و این نتایج نشان‌دهندهٔ آن است که تفاوت در نوع غذای زنده در مرحلهٔ لاروی احتمالاً اختلال مهمی در فعالیت‌های فیزیولوژیک بچه تاسماهی ایرانی پس از عادت‌دهی ایجاد نمی‌کند.

تغییرات در میزان هموگلوبین و هماتوکریت رابطهٔ مستقیم با تغییرات گلبول‌های قرمز دارد (Klontz, 1994). عواملی چون تورم گلبول‌های قرمز و آزاد شدن گلبول‌های قرمز از بافت‌های خون‌ساز باعث تغییراتی در میزان هماتوکریت می‌شود (McCue, 2010). عدم اختلاف معنی‌دار میزان هموگلوبین، هماتوکریت و گلبول‌های قرمز بچه تاسماهیان ایرانی در بین تیمارهای مختلف در این تحقیق، نشان‌دهندهٔ آن است که تغذیهٔ اولیه از غذاهای زنده مختلف در مرحلهٔ لاروی تغییری در عملکرد متابولیک و نیاز اکسیژنی بچه تاسماهیان ایرانی پس از عادت‌دهی ایجاد نمی‌کنند.

شاخص‌های بیوشیمیایی خون، کلیدهایی مناسب برای پایش سلامت شرایط فیزیولوژیک مهره‌داران آبزی‌اند (Blaxhall, 1972; Esmaeili, 2021) و اطلاعات ارزشمندی را دربارهٔ وضعیت سلامتی آن‌ها و از جمله ماهی فراهم می‌کنند (Bani *et al*., 2010). اختلاف در شاخص‌ها در شرایط یکسان از نظر سن و شرایط محیطی می‌تواند در ارتباط با جنس و غذای دریافتی باشد.

در مطالعهٔ حاضر در هنگام خون‌گیری از بچه ماهیان، در همه تیمارها شرایط از هر نظر یکسان بود و تنها تفاوت بین تیمارها تغذیهٔ لاروها با غذاهای زنده مختلف در مرحلهٔ لاروی بود. در این مطالعه، تغذیهٔ اولیه از غذاهای زنده مختلف روی شاخص‌های بیوشیمیایی خون پس از عادت‌دهی به غذا خشک تأثیرگذار بود و میزان گلوکز، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین در تیمارهای مختلف متفاوت از یکدیگر بودند. نتایج این پژوهش با نتایج Mohamadnejad و همکاران (۲۰۱۶) هم‌راستا بود، اما با نتایج مطالعهٔ Khosravanizadeh و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت ندارد. تحقیقات Mocanu و همکاران (۲۰۲۲) در استفاده از چند جیرهٔ متفاوت از پروبیوتیک‌ها برای تغذیهٔ تاسماهی سیبری نشان داد که جیره باعث تغییر در میزان کلسترول و گلوکز می‌شود. تحقیقات Zheng و همکاران (۲۰۲۳) روی تاسماهی چینی (*Acipenser sinensis*) نشان داد که جیرهٔ غذایی باعث تغییرات در میزان کلسترول و تری‌گلیسرید می‌شود. با توجه به یکسان بودن شرایط در مرحلهٔ خون‌گیری، به‌نظر می‌رسد برخی اختلافات بیوشیمیایی خون در بین بچه ماهیان تیمارهای مختلف در این تحقیق مربوط به تغذیهٔ اولیهٔ لاروها باشد. در این مطالعه، گلوکز در تیمار ۲ که بچه ماهیان در دورهٔ لاروی فقط با آرتمیا تغذیه شده بودند از همهٔ تیمارها بیشتر و در تیمار ۱ که بچه ماهیان در دوران لاروی با آرتمیا و دافنی تغذیه شده بودند از همه کمتر بود. گلوکز یک منبع تولید انرژی به‌شمار می‌آید و مونوساکاریدی است که در سنتز گلیکوژن نقش دارد (Dutra *et al*., 2008; Harianto *et al*., 2018). همچنین میزان گلوکز به‌عنوان یک شاخص تغذیه‌ای و استرس مدنظر قرار می‌گیرد (Apun-Molina *et al*., 2015; Biswal *et al*., 2021). بالا بودن گلوکز در بچه ماهیان تیمار ۲ را می‌توان به استرس تغذیه‌ای ناشی از جیره در دوران لاروی نسبت داد. در دورهٔ لاروی در تیمار ۲ از ناپلیوس آرتمیا برای تغذیه استفاده شد. تفریخ آرتمیا در آب شور انجام شد و انتقال ناپلیوس آرتمیا همراه با آب شور به داخل حوض‌های پرورش در تیمار ۲، ممکن است سبب استرس در بچه ماهیان شده باشد. بنابراین دلیل افزایش مقدار گلوکز پلاسما شاید برای تأمین انرژی لازم برای مقابله با استرس بوده است (Makvandi *et al*., 2012). در مطالعهٔ حاضر، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین در تیمار ۳ (آرتمیا و شیرونومید) از همه بیشتر و در تیمار ۱ (آرتمیا و دافنی) از همه کمتر بود. پروتئین کل سرم خون شاخصی مهم برای سنجش سلامتی و تغذیه‌ای ماهی‌ها محسوب می‌شود (Mutcahy, 2006). به‌نظر می‌رسد که آلبومین، گلوبولین و پروتئین سرم در پاسخ ایمنی نقش دارند و افزایش میزان آن‌ها بیشتر در ارتباط با تحریک سیستم ایمنی غیراختصاصی میزبان است (Wiegertjes *et al*., 1996; Harikrishnan *et al*., 2012; Wang *et al*., 2022). آلبومین و گلوبولین نقش مهمی در پاسخ به ایمنی به عهده دارند و جزء پروتئین‌های اصلی محسوب می‌شوند. افزایش آلبومین، گلوبولین و سطح پروتئین سرم خون با افزایش پاسخ ایمنی ماهی در ارتباط است (Wiegertjes *et al*., 1996; Fazio *et al*., 2018). در تیمار ۱ که بچه ماهیان آن در مرحلهٔ لاروی با آرتمیا و دافنی تغذیه شده بودند پروتئین کل، آلبومین و گلوکز از همه کمتر بود. کلسترول و تری‌گلیسرید نیز در این تیمار کمتر از سایر تیمارها، ولی فاقد اختلاف معنی‌دار بود. سطح بالای پروتئین کل سرم خون نشان‌دهندهٔ عملکرد خوب کبد و اندام‌هایی است که پروتئین پلاسما را سنتز می‌کنند (Metwally, 2009; Naryzhnya and Leginab, 2021). به‌نظر می‌رسد بالاتر بودن سطح پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین در بچه ماهیان تیمارهای ۳ و ۴ که در مرحله لاروی با شیرونومید تغذیه شده بودند، نشان‌دهندهٔ وضعیت بالاتر ایمنی در این

بچه ماهیان باشد و در این شرایط کبد و سایر اندام‌های تاسماهی ایرانی بهتر می‌توانند پروتئین پلاسمای حاصل از تغذیه بچه ماهیان با شیرونومید را سنتز نمایند و به‌همین علت بچه ماهیان تیمارهایی که از ابتدا با شیرونومید تغذیه شده بودند از شاخص‌های رشد بالاتری نسبت به تیمارهای دیگر برخوردار شدند.

نتایج این تحقیق نشان داد که تغذیهٔ اولیه از غذاهای زندهٔ مختلف روی شاخص های رشد و بیوشیمیایی خون بچه تاسماهیان ایرانی در پایان مرحلهٔ عادت‌دهی تأثیرگذار است، به‌طوری که تغذیه با شیرونومید در مرحلهٔ لاروی سبب افزایش شاخص‌های رشد، گلوکز، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین و افزایش ایمنی در بچه تاسماهیان ایرانی پس از عادت‌دهی می‌شود ولی روی شاخص‌های هماتولوژیک تأثیر چندانی ندارد. بنابراین، استفاده از لارو شیرونومید برای تغذیهٔ اولیهٔ لاروهای تاسماهی ایرانی و مرحلهٔ گذار از غذای زنده به غذای خشک تجاری بدون اثر منفی بر شاخص‌های فیزیولوژیک توصیه می‌شود.

۵. تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران کشور به شمارهٔ ۹۸۰۱۲۶۰۹ و پژوهشکدهٔ حوضهٔ آبی خزر انجام شد. علاوه بر آن، از زحمات پرسنل مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل به‌خصوص مهندس شاپور غلامی، دکتر مهدی رحمتی، مهندس حامد قاسمی‌خواه، آرمین شهبازی، سید کریم محمدی، حمید قره‌داغی و عبدالرضا وکیل پاتاوانی که در انجام این تحقیق مشارکت نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. منابع

References

Aatthi, K., Ramasubramanian, V., Uthayakumar, V., Munirasu, S., 2013. Effect of chitosan supplemented diet on survival growth, hematological, biochemical and immunological responses in Indian major carp *Labeo rohita*. *International Research Journal of Pharmacy* 4(5), 141-147. DOI: 10.7897/2230-8407.04529

Alizadeh, H., Ouraji, H., Falahatkar, B., Efatpanah, I., 2019. Effect of dietary malic acid on hematological, biochemical and immunological indices of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869). *Journal of Fisheries* 72(4), 419-436. (In Persian) DOI: 10.22059/JFISHERIES.2020.297616.1138

Apun-Molina, J.P., Santamaría, A., Ibarra-Gamez , J.C., Medina-Alcantar, V., Racotta, I.S., 2015. Growth and metabolic response of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* and Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in polyculture fed with potential probiotic microorganisms on different schedules. *American Journal of Aquatic Research* 43(3), 435-445. DOI: 10.3856/vol43-issue3-fulltext-5

Azari Takami, Gh., 2009. Reproduction and Breeding of Sturgeon. University of Tehran Publishing Organization, 401 p. (In Persian)

Bani, A., Haghi-Vayghan, A., 2010. Temporal variations in haematological and biochemical indices of the Caspian kutum, *Rutilus frisii kutum*. *Ichthyological Research* 58(2), 126-133. DOI: 10.1007/s10228-010-0199-6

Baniismaili, S.Y., Zamani, A., Vahabzadeh Rudsari, H., Toloei, M.H., 2010. The effect of polyvitamin on the growth indices and blood factors of Persian sturgeon (*Acipenser persicus* Borodin, 1897). *Journal of Biological Sciences* 4(2), 15-25. (In Persian).

Biswal, A., Srivastava, P.S., Krishna, G., Paul, T., Pal, P., Gupta, S., Varghese, T., Jayant, M., 2021. An integrated biomarker approach for explaining the potency of exogenous glucose on transportation induced stress in *Labeo rohita* fingerlings. *Scientific Reports* 11(5713), 1-11. DOI: 10.1038/s41598-021-85311-5

Blaxhall, P.C., 1972. The haematological assessment of the health of freshwater fish. A review of selected literature. *Journal of Fish Biology* 4(4), 593-604. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1972.tb05704.x

Bogut, I., Has-Schon, E., Adamek, Z., Rajković V., Rajković, V., 2007. *Chironumus plumosus* Larvae - A suitable nutrient for freshwater farmed fish. *Poljoprivreda* 13(1), 159-162.

Brunt, J., Austin, B., 2005. Use of a probiotic to control lactococcosis and streptococcosis in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases* 28(12), 693-701. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2005.00672.x

Campbell, T.W., 2015. Exotic Animal Hematology and Cytology. Wiley Blackwell, USA, 424 p.

Chandra, G., Fopp-Bayat, D., 2021. Trends in aquaculture and conservation of sturgeons: a review of molecular and cytogenetic tools. *Review in Aquaculture* 13(1), 119-137. DOI: 10.1111/raq.12466

Chebanov, M., Galich, A., 2013. Sturgeon Hatchery Manual. FAO Fisheries and Aquacuture Technical Paper 558, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Ankara, 325 p.

Dabrowski, K., Kaushik, S.J., Fauconneau, B., 1985. Rearing of sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt) larvae: I. Feeding trial. *Aquaculture* 47(2-3), 185-192. DOI: 10.1016/0044-8486(85)90064-X.

Dati, F., Schumann, G., Thomas, L., Aguzzi, F., Baudner, S., Bienvenu, J., 1996. Consensus of a group of professional societies and diagnostic companies on guidelines for interim reference ranges for 14 proteins in serum based on the standardization against the IFCC/BCR/CAP reference material (CRM 470). *Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry* 34(6), 517-20.

Delbare, D., Dhert, P.H., 1996. Biology and Life Cycle of *Daphnia*, Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper. No. 361. Rome, FAO, 295 p.

Dutra, K.M., Dasilva, K.M., Zank, C., Conter, M.R., Oliveira, G.T., 2008. Seasonal variation of the effect of high-carbohydrate and high-protein diets on the intermediate metabolism of *Parastacus brasiensis* (Crustacea, Decapoda, Parastacidae). *Iheringia Serie Zoologia* 98(4), 433-440. DOI: 10.1590/S0073-47212008000400003

Efatpanah, A., Falahatkar, B., 2023. Comparison of some growth indices and blood factors in juveniles of Siberian (*Acipenser baerii*), Asterlet (*Acipenser ruthenus*) and resulting hybrid (*Acipenser baerii* ♀× *Acipenser ruthenus* ♂). *Journal of Applied Ichthyological Research* 10(2), 31-39. (In Persian).

Esmaeili, M., 2021. Blood performance: A new formula for fish growth and health. *Biology* 10(12), 12-36. DOI: 10.3390/biology10121236.

Falahatkar, B., 2014. Feeding and Feed Formulation in Aquatic Organisms. Institute of Technical and Vocational Higher Education, Tehran, 334 p. (In Persian)

Falahatkar, B., Efatpanah, A., 2015. Biology and Physiology of Caspian Sea Sturgeon. University of Guilan Press, Rasht, 245 p.

Fazio, F., Saoca, C., Perillo, L., Piccione, G., 2018. Relationship between non-specific immune response and body size in cultured rainbow trout. *Turkish Journal Fisheries and Aquatic Sciences* 19(2), 161-166. DOI: 10.4194/1303-2712-v19_2_08

Fazli, H., Tavakoli, M., Behrouz Khoshghalb, M., Moghim, M., 2021. Population dynamics of stellate sturgeon *Acipenser stellatus* Pallas, 1771 in the southern Caspian Sea. *Iranian Journal of Fiheries Sciences* 20(1), 45-61. DOI: 10.22092/ijfs.2021.123469

Garrido, L.G., Chapuli, R.M., Andres, A.V., 1990. Serum cholesterol and triglyceride levels in (*Scyliorhinus canicula*) during sexual maturation. *Journal of Fish Biology* 36(4), 499-509. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1990.tb03552.x

Gisbert, E., Solovyev, M., Bonpunt, E., Mauduit, C., 2018. Weaning in Siberian sturgeon larvae. In: The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) Volume 2-Farming Springer, Cham, 2, 59-72. DOI: 10.1007/978-3-319-61676-6_4

Hamidoghli, A., Falahatkar, B., Khoshkholgh, M.R., Sahragard, A., 2014. Production and enrichment of Chironomide larvae with different levels of vitamin C and its effect on the nutrition of Persian sturgeon larvae (*Acipenser persicus*). *North American Journal of Aquaculture* 76, 289-295. DOI: 10.1080/15222055.2014.911224

Harianto, E., Eddy Supriyono, E., Budiardi, T., Affandi, R., 2021. Gill and skin oxygen uptake, biochemical, hematological, and histological responses of eel (*Anguilla bicolor bicolor*) exposed to air. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science* 22(3), TRJFAS1998. DOI: 10.4194/TRJFAS19989

Harikrishnan, R., Kim, J.S., Balasundaram, C., Heo, M.S., 2012. Immunomodulatory effects of chitin and chitosan enriched diets in *Epinephelus bruneus* against *Vibrio alginolyticus* infection. *Aquaculture* 326(329), 46-52. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.11.034

Hasanpour Fatahi, A., Jafarian, H., Khosravi, A., 2015. The combined effects of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus niger* on the haematological and biochemical parameters of cultured juvenile beluga (*Huso huso*). *Journal of Veterinary Research* 70(4), 463-473. (In Persian). DOI:0.22059/JVR.2016.56468

Houston, A., 1990. Blood and Circulation. In: Schreck, C.B., Moyle, P.B. (Eds). Methods in Fish biology. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland, USA, 335 p.

Irianto, A., Austin, B., 2002. Probiotics in aquaculture. *Journal of Fish Diseases* 25(11), 633-642. DOI: 10.1046/j.1365-2761.2002.00422.x

Javad, L., A-Mukkhtar, M., Ahmad, H., 2004. The relationship between haematocrit and some biological parameters of the Indian shad, *Tenualosa ilisha* (Family Clupeidae). *Animal Biodiversity and Conservation* 27(2), 47-52.

Keyvan, A., 2002. Iranian Sturgeon Fish. Naghsh Mehr. Rasht, Iran, 424 p. (In Persian)

Khosravanizadeh, A., Sudagar, M., Salehi, H., Alishahi, A., Jafari, S.M., 2018. Utilizing encapsulated protease supplement in the diet and its effects on growth, body composition, some blood biochemical factors and activity of intestinal trypsin of beluga (*Huso huso*). *Aquatic Physiology and Biotechnology* 7(1), 102-77. (In Persian). DOI:10.22124/JAPB.2019.8933.1204

Klontz, G.W., 1994. Fish Hematology. In: Techniques to Fish Immunology, Stolen, J.S., Flecher, A.F., Foweely. T.C., Zelikiff, S.L., Smith, S.A (Eds). Vol 2. SOS Publications, Nevada, USA, 121-132.

Kohnehshahri, M., Azari Takami, Gh., 1974. Artificial Reproduction and Breeding of Sturgeon Fish. Tehran University Press, Tehran, 298 p. (In Persian)

Kumar, V.H., Makker, P.S., Devappa, R.K., 2011. Isolation of phytate from *Jatropha curecas* kernel meal and effects of isolated phytate on growth, digestive physiology and metabolic changes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Food and Chemical Toxicology* 49(9), 2144-2156. DOI: 10.1016/j.fct.2011.05.029

Lee, S., Zhai, S., Deng, D.F., Li, Y., Blaufuss, P.C., Eggold, B.T., Binkowski, F., 2022. Feeding strategies for adapting lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) larvae to formulated diets at early life stages. *Animals* 12(22), 1-15. DOI: 10.3390/ani12223128

Lim, C., Klesius, P.H., Li, M.H., Robinson, E.H., 2000. Interaction between dietary levels of iron and vitamin C on growth, hematology, immune response and resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. *Aquaculture* 185(2000), 313-327. DOI: 10.1016/S0044-8486(99)00352-X

Makvandi, H., Khodadadi, M., Keyvanshokoh, S., 2010. Effect of salinity on growth and survival of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fingerlings. *Journal of Wetland Ecobiology* 1(4), 51-57. (In Persian)

Maleknejad, R., Sudagar, M., Azimi, A., 2014. Comparative study on the effect of different feeding regimes on chironomid larvae biomass and biochemical composition. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2(4), 1274-1278.

McCue, M.D., 2010. Starvation physiology: reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comparative Biochemistry and Physiology* 156A(1), 1-18. DOI: 10.1016/j.cbpa.2010.01.002.

Metwally, M.A.A., 2009. Effects of garlic (*Allium sativum*) on some antioxidant activities in *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*). *World Journal of Fish and Marine Sciences* 1(1), 56-64.

Michael, S.E., Abarike, E.D., Cai, J., 2019. A review on the probiotic effects on haematological parameters in fish. *Journal of Fisheries Sciences* 13(3), 25-31. DOI: 10.36648/1307-234X.13.3.166

Mocanu, E.E., Savin, V., Popa, M.D., Dima, F.M., 2022. The effect of probiotics on growth performance, haematological and biochemical profiles in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869). *Fishes* 7(239), 1-12. DOI: 10.3390/fishes7050239

Mohammadnejad, M., 2016. Comparison of blood parameters and some biochemical factors and blood serum enzyme in rainbow trout fed with manual and commercial (Pellet) food diet. *Animal Physiology and Development Quarterly Journal*, 39(4), 69-79. (In Persian)

Mohler, J.W., Sweka, J.A., Kahnle, A., Hattala, K., Higgs, A., DuFour, M., Breece, M.W., Fox, D.A., 2012. Growth and survival of hatchery- produced Atlantic sturgeon released as young of- year into the Hudson River, New York. *Journal of Fish and Wildlife Management* 3(1), 23-32. DOI: 10.3996/012011-JFWM-005

Mohseni, M., Pourkazemi, M., Hassani, S. H., Okorie, O.E., Min, T. S., Bai S. C., 2012. Effects of different three live foods on growth performance and survival rates in Beluga (*Huso huso*) larvae. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 11(1), 118-131.

Morris, M., Davey, F., 2001. Basic examination of blood. *Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods* 20(2001), 479-519.

Mutcahy, M.F., 2006. Serum protein changes associated with ulcerative dermal necrosis (UDN) in the trout *Salmo trutta* L. *Journal of Fish Biology* 3(2), 199-201. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1971.tb03663.x

Naryzhny, S.N., Legina, O.K., 2021. Haptoglobin as a biomarker. *Biochemistry (Moscow), Supplement Series B: Biomedical Chemistry* 15(3), 184-198. DOI: 10.1134/S1990750821030069

Nazari, S., Pourkazemi, M., Khoshkholgh, M.R., 2020. Analysis of the genetic structure of the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) populations: Comparison of control region sequencing and PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 19(6), 3201-3220. DOI: 10.22092/ijfs.2020.122963

Radhakrishnan, D.K., AkbarAli, I., Schmidt, B., John, E.M., Sivanpillai, S., Vasunambesan, S., 2020. Improvement of nutritional quality of live feed for aquaculture: An overview, *Aquaculture Research* 51(1), 1-17. DOI:10.1111/are.14357

Řehulka, J., 2002. Aeromonas causes severe skin lesions in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Clinical pathology haematology and biochemistry. *Acta Veterinaria Brno* 71(3), 351-360. DOI: 10.2754/avb200271030351

Řehulka, J., Adamee, V., 2004. Red blood cell indices for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in cage and raceway culture. *Acta Veterinaria Brno* 73(1), 114-105. DOI: 10.2754/avb200473010105

Ruban, G.I., 2020. Exogenous feeding in the early life stages of sturgeon (Acipenseridae). *Inland Water Biology* 13(4), 613-619. DOI: 10.1134/S1995082920040094

Roche, H., Bogé, G., 1996. Fish blood parameters as a potential tool for identification of stress caused by environmental factors and chemical intoxication. *Marine Environmental Research* 41(1), 27-43. DOI: 10.1016/0141-1136(95)00015-1

Ronyai, A., Feledi, T., 2012. Co-feeding as a weaning procedure in sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) larvae. *Aquaculture Research* 44(9), 1489-1491. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2012.03167.x

Samat, N.A., Yusoff, F.M., Rasdi, N.W., Karim, M., 2020. Enhancement of live food nutritional status with essential nutrients for improving aquatic animal health. *Animals* 10(12), 1-27. DOI: 10.3390/ani10122457

Sattari, M., 2012. Ichthyology (1): Anatomy and Physiology. Naqsh Mehr Publications, Rasht, Iran, 659 p. (In Persian)

Seyrafi, S., 2022. The legal regime of fisheries management in the Caspian Sea. *Public Law Studies Quarterly* 52(1), 323-349.

Sorgeloos, P., Dhert, P., Candreva, P., 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture* 200(1-2), 147-159. DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00698-6

Sulistiyarto, B., Restu, P., 2018 Culture of bloodworm (Chironomid larvae: Diptera) using North African catfish *Clarias gariepinus* waste as feed. *AACL Bioflux* 11(2), 476-480.

Taati, R., Pourali Fashtami, J.R., Sharifi Arde Jani, H.A., 2017. Comparison of the effects of farmed Chironomid extract and methionine as food attractants on growth, survival and carcass composition of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) larvae. *Marine Biology* 10(3), 21-28. (In Persian)

Volkman, E.T., Pangel, K.L., Rajchel, D.A., Sutton, T.M., 2004. Hatchery performance of juvenile lake sturgeon fed two food types. *North American Journal of Aquaculture* 66(2), 105-112. DOI: 10.1577/A03-047.1

Wang, Y., Li, C., Wang, W., Wang, J., Li, J., Qian, Sh., Cai, C., Liu, Y., 2022. Serum albumin to globulin ratio is associated with the presence and severity of inflammatory bowel disease. *Journal of Inflammation Research* 2022(15), 1907-1920. DOI: 10.2147/JIR.S347161

Watanabe, T., Oowa, F., Kitajima, C., Fujita, S., 1978. Nutritional quality of brine shrimp, *Artemia salina*, as a living feed from the viewpoint of essential fatty acids for fish. *Bulletin of the Japan Society Sciences of Fisheries* 44(1), 115-121.

Wiegertjes, G.F., Stet, R.J.M., Parmentier, H.K., Van Muiswinkel, W.B., 1996. Immunogenetics of disease resistance in fish; a comparable approach. *Development and Comparative Immunology* 20(6), 365-381. DOI: 10.1016/s0145-305x(96)00032-8

Witeska, M., Kondera, E., Lugowska, K., Bojarski, B., 2022. Hematological methods in fish-Not only for beginners. *Aquaculture* 547, 737498. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737498

Williot, P., Brun, R., Rouault, T., Pelard, M., Mercier, D., 2005. Attempts at larval rearing of the endangered western European sturgeon, *Acipenser sturio* (Acipenseridae), in France. *Cybium: International Journal of Ichthyology* 29(4), 381-387.

Wu, L., Li, L., Gao, A., Ye, J., Li, J., 2022. Antimicrobial roles of phagocytosis in teleost fish: Phagocytic B cells vs professional phagocytes. *Aquaculture and Fisheries* 9(3). DOI: 10.1016/j.aaf.2021.12.008

Yousefpour, H., 2003. Study to determine the best percentage of feed to live weight in Persian sturgeon. Iranian Scientific Fisheries Journal, Special Issue of the First National Sturgeon Symposium, Rasht, International Sturgeon Institute pp. 169-180. (In Persian)

Zheng, Y., Liu, J., Xu, J., Fan, H., Wang, Y., Zhuang, P., Hu, M., 2023. Comparison of artificial feed and natural food by the growth and blood biochemistry in Chinese sturgeon *Acipenser sinensis*. *Fishes* 8(1), 12-27. DOI: 10.3390/fishes8010045