

اثرات استفاده از لارو شیرونومید و زی توده آرتمیا بر عملکرد رشد و ترکیبات بدن بچه ماهیان سوف حاج طرخان (*Perca fluviatilis*) در تطابق با جیره فرموله

بهرام فلاحتکار^{۱*}، فائزه مرتضائی^۱، وحید عابدینی^۱، مهدی رحمتی^۲

^۱گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران.
^۲مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور، سیاهکل، گیلان، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

چکیده

هدف این مطالعه، تعیین اثرات تغذیه با انواع مختلف و ترکیبی از ارگانوسم‌های غذایی بر عملکرد بچه ماهیان سوف حاج طرخان (*Perca fluviatilis*) در طول گذار به جیره فرموله بود. این آزمایش در دو مرحله زمانی انجام شد. ابتدا ماهیان (با میانگین وزن اولیه $7/26 \pm 0/00$ گرم و میانگین طول اولیه $8/47 \pm 0/12$ سانتی متر) با سه جیره متشکل از غذاهای زنده شامل لارو منجمد شیرونومید (CH)، زی توده منجمد آرتمیا (A) و ترکیبی از CH+A (M) طی ۱۱ روز غذادهی شدند. سپس، ماهیان طی روزهای ۱۲-۳۰ آزمایش به جیره فرموله سازگار شدند. در پایان هر مرحله زمانی، شاخص‌های رشد و ترکیبات شیمیایی کل بدن ماهیان (شامل درصد پروتئین خام، چربی خام، رطوبت و خاکستر) ارزیابی شدند. اختلاف معنی داری در وزن نهایی و سایر شاخص‌های مربوط به عملکرد رشد مشاهده نشد ($P > 0/05$). درصد بقای ماهیان در تیمارهای CH ($97/27 \pm 0/91$ درصد)، A ($95/46 \pm 0/91$ درصد) و M ($97/28 \pm 2/73$ درصد) اختلاف معنی داری نشان نداد ($P > 0/05$). همچنین، در گروه‌های مختلف، اختلافی از نظر میزان رطوبت، چربی و خاکستر وجود نداشت ($P > 0/05$ ؛ اگرچه، محتوای پروتئین بدن در گروه CH ($18/18 \pm 0/05$ درصد) به طور معنی داری بالاتر از گروه M ($15/75 \pm 0/52$ درصد) بود ($P < 0/05$). براساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، استفاده از لارو منجمد شیرونومید به تنهایی در جهت سازگاری ماهیان سوف حاج طرخان با غذای فرموله، به دلیل اثرات مثبت بر قابلیت بقا، نرخ رشد و افزایش پروتئین بدن توصیه می شود.

کلید واژگان: تغذیه مختلط، راهبردهای غذایی، سوف حاج طرخان، غذای زنده

مقدمه

به طور کلی، بهره‌گیری از گونه‌های بومی در صنعت آبزی پروری براساس دلایل شناخته شده‌ای همچون سازگاری بیشتر آن‌ها با شرایط اکولوژیک منطقه و توانایی همزیستی با سایر گونه‌ها و اهمیت حفظ ذخایر ژنتیکی، مورد توجه پرورش دهندگان و محققان زیادی قرار گرفته است (Wang et al., 2015). ماهی سوف حاج‌طرخان (*Perca fluviatilis*) نیز به عنوان گونه‌ای بومی با پراکنش مناسب در بخش‌های جنوبی دریای خزر، از قدمت و اهمیت زیادی در چرخه زیستی اکوسیستم حوزه خزر و اقتصاد شیلاتی برخوردار است (نظامی بلوچی و همکاران، ۱۳۸۳). این گونه به دلیل داشتن گوشت با کیفیت و ارزش اقتصادی بالا، پتانسیل مناسبی جهت تولید در سیستم‌های متراکم و فوق متراکم دارد (Fontaine et al., 1996; Kestemont and Mélard, 2000; FAO, 2016). اهلی‌سازی و پرورش ماهی سوف حاج‌طرخان در شرایط اسارت از دهه ۱۹۹۰ در اروپا آغاز شد (Palińska-Żarska et al., 2020). در سال ۱۹۹۶، میزان تولید سوف حاج‌طرخان ۲۶۶ تن برآورد شد که در سال ۲۰۲۱ به ۹۰۳/۹۲ تن رسید (FAO, 2023). پرورش این گونه عمدتاً در کشورهای روسیه، فنلاند، سوئد، لهستان، اوکراین انجام می‌شود (Stejskal et al., 2020). در ایران، تقریباً تمامی عرضه سوف حاج‌طرخان وابسته به فعالیت صیادی بوده و پرورش آن در شرایط اسارت مرسوم نیست؛ اگرچه برخی فعالیت‌ها در زمینه تکثیر مصنوعی و تولید به عنوان گونه جانبی در مزارع پرورش کپورماهیان جهت کنترل ماهیان هرز انجام شده است (جاوید و فلاحتکار، ۱۳۹۸).

یکی از چالش‌های اصلی در زمینه پرورش متراکم این گونه، کاهش بقا و رشد ماهیان انگشت‌قد هنگام سازگاری به جیره فرموله است (Policar et al., 2015). مصرف مستقیم غذای فرموله به دلیل وجود ترکیبات نامتعادل، هضم‌پذیری کم اجزای جیره فرموله و تکامل ناکافی دستگاه گوارش ماهیان در مراحل ابتدایی سبب کاهش میزان رشد و بازماندگی در برخی از ماهیان می‌شود (Hamre et al., 2013). راهکار اصلی در زمینه حل این معضل استفاده از غذای زنده بوده که بیشترین مشابهت را با رژیم غذایی این گونه در طبیعت دارد (Policar et al., 2015). با این حال، دسترسی اندک به بعضی از گونه‌های

غذای زنده و فقدان برخی از مواد مغذی سبب بروز نوسانات زیادی در تولیدات به لحاظ کیفی و کمی شده است (Kestemont and Mélard, 2000; Policar et al., 2013, 2015). در این ارتباط، مطالعات نشان داده‌اند که بکارگیری راهبرد مناسب در استفاده از ارگانوسم‌های غذایی زنده می‌تواند در بهبود عملکرد سوف‌ماهیان طی دوره گذار به جیره فرموله مؤثر باشد (Melard and Kestemont, 1994; Policar et al., 2013; Wocher et al., 2012; Kestemont and Henrotte, 2015). اگرچه، مطالعات جامعی در زمینه اثر استفاده از راهکارهای مختلف گذار به جیره فرموله بر سازگاری و عملکرد سوف حاج‌طرخان انجام نشده است و بررسی نیازمندی‌های غذایی جهت انتخاب بهترین جیره غذایی، استراتژی‌های تغذیه‌ای ماهی سوف حاج‌طرخان و فناوری اهلی‌سازی جمعیت‌های طبیعی در سیستم‌های متراکم در مراحل ابتدایی خود قرار دارد.

براساس دلایلی از جمله وابستگی بالا به غذای زنده با کیفیت در مراحل ابتدایی چرخه رشد و عدم وجود دانش کافی در زمینه روش‌های تغذیه‌ای مطلوب به‌ویژه در مرحله گذار که منجر به بروز اختلاف اندازه، هم‌نوع‌خواری و کاهش بقا در سوف‌ماهیان از جمله ماهی سوف حاج‌طرخان می‌شود، بررسی ابعاد مختلف چرخه تولید و ارائه راهکارهای مطلوب در این زمینه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Mélard et al., 1996; Król and Zieliński, 2015). بنابراین، در مطالعه حاضر، اثر کارایی ارگانوسم‌های غذایی زنده در قالب استراتژی‌های مختلف بر شاخص‌های رشد، ترکیبات شیمیایی بدن و میزان سازگاری بچه‌ماهیان سوف حاج‌طرخان با جیره فرموله مورد ارزیابی قرار گرفت.

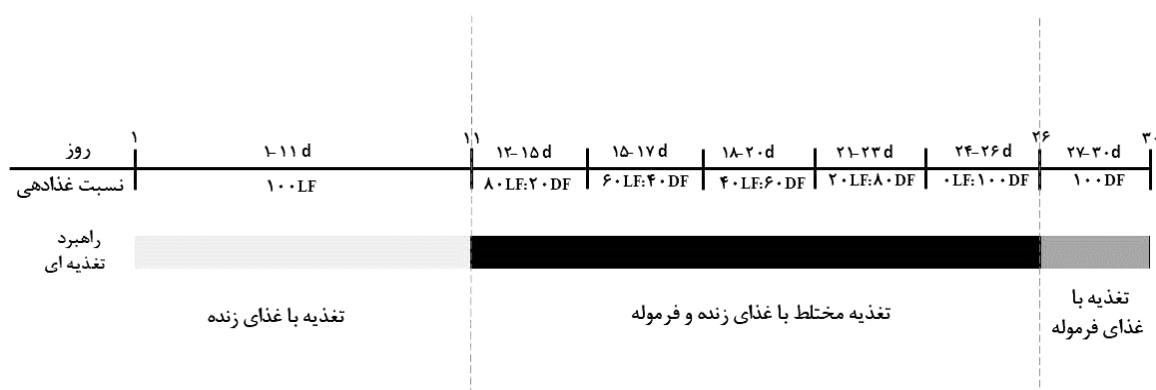
مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورش: جهت انجام آزمایش‌ها، ۳۳۰ عدد بچه‌ماهی سوف حاج‌طرخان حاصل از تکثیر مصنوعی و پرورش‌یافته در استخرهای خاکی، با میانگین وزن اولیه $7/26 \pm 0/00$ گرم و میانگین طول اولیه $8/47 \pm 0/12$ سانتی‌متر به شکل تصادفی در شش حوضچه بتونی گرد به حجم ۹۵۰ لیتر و ارتفاع آبگیری ۳۵ سانتی‌متر واقع در مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل توزیع شدند. آب ورودی

آمد. خمیر حاصل سپس با عبور از سرنگ مخصوصی به قطر ۲ میلی متر، به رشته هایی با اندازه یکسان تبدیل شد. غذاهای در این مرحله به میزان ۳ درصد وزن بدن در شش وعده طی ساعات ۸:۰۰ صبح تا ۱۴:۰۰ عصر انجام شد. نحوه عادت دهی طی مراحل مختلف با ذکر جزئیات در شکل ۱ ارائه است. ماهیان به تدریج طی ۱۵ روز (روزهای ۲۶-۱۲ آزمایش) با غذای فرموله تطابق یافتند؛ بدین ترتیب که هر سه روز یکبار، ۲۰ درصد از میزان غذای زنده مصرفی هر تیمار کم و به میزان غذای خشک مصرفی افزوده شد. پس از تطابق کامل ماهیان با جیره فرموله، به مدت ۴ روز (روزهای ۳۰-۲۶ آزمایش) تنها با غذای خشک تغذیه شدند.

شاخص های کیفی آب به طور روزانه طی مراحل مختلف تغذیه سنجیده شدند. بر این اساس، میانگین دما، اکسیژن و pH در طول دوره آزمایش به ترتیب برابر با $26/53 \pm 0/30$ درجه سانتی گراد، $7/20 \pm 0/18$ میلی گرم بر لیتر و $7/50 \pm 0/25$ اندازه گیری و ثبت شد. دوره نوری در طول تغذیه شامل ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی بود.

مخازن آزمایش در طول مدت پرورش از رودخانه خرابود تأمین شد و دبی آب معادل $8/50 \pm 0/30$ لیتر بر دقیقه بود. **طراحی آزمایش:** در این پژوهش، سه تیمار آزمایشی و دو تکرار (۵۵ عدد ماهی به ازای هر مخزن) شامل تغذیه با لارو منجمد شیرونومید به تنهایی (CH)، زی توده منجمد آرتمیا به تنهایی (A) و ترکیبی از لارو شیرونومید و آرتمیا با نسبت ۵۰:۵۰ (M) در نظر گرفته شد و ماهیان در دو مرحله زمانی مختلف تغذیه شدند. در مرحله اول، ماهیان به مدت ۱۱ روز با سه جیره غذایی شامل CH، A و M تغذیه شدند. لارو شیرونومید و زی توده آرتمیای منجمد (*Artemia franciscana*) در بسته بندی های یک کیلوگرمی (شرکت کشت و صنعت گوارکوپر آریا، تهران، ایران) تهیه شدند. براساس ترکیبات شیمیایی ارائه شده توسط شرکت فوق، مقادیر پروتئین و چربی لارو منجمد شیرونومید به ترتیب شامل ۴۸/۵۰ درصد، ۱۰/۹۰ درصد و در زی توده منجمد آرتمیا به ترتیب شامل ۵۲/۳۰ درصد و ۱۰/۶۰ درصد بودند. تغذیه ماهیان در هر تیمار آزمایشی بر حسب اشتها، روزانه به میزان ۲۰ درصد وزن بدن در ۶ وعده



شکل ۱- دیاگرام تغذیه با غذای زنده و نحوه تطابق بچه ماهیان سوف حاج طرخان (*Perca fluviatilis*) با جیره فرموله به مدت ۳۰ روز. روز: d، روزهای تغذیه، LF: غذای زنده، DF: غذای فرموله

بررسی شاخص های رشد و بازماندگی: در پایان هر مرحله و پس از سپری شدن ۲۴ ساعت گرسنگی، تمامی ماهیان از هر حوضچه پس از اعمال بیهوشی (عصاره پودر گل میخک به میزان ۲۰۰ میلی گرم در لیتر) از نظر وزن و طول به ترتیب با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم و خطکش با دقت ۱ میلی متر بررسی شدند. سپس، شاخص های رشد شامل وزن به دست آمده (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، میانگین رشد روزانه (ADG)، درصد افزایش وزن (BWI)، ضریب چاقی (CF)، کارایی غذا (FE) و درصد

و طی ساعات ۸:۰۰ صبح تا ۱۴:۰۰ عصر انجام شد. در مرحله دوم، تمامی گروه های آزمایشی با مخلوطی از غذای زنده و جیره تجاری اکستروود آغازین (SFS3) به قطر ۲ میلی متر متعلق به شرکت خوراک دام و آبزیان مازندران (ساری، مازندران) تغذیه شدند که حاوی ۵۰ درصد پروتئین، ۱۴ درصد چربی، >۱۰ درصد رطوبت و >۲ درصد فیبر خام بود. به منظور تغذیه، جیره خشک ابتدا با استفاده از دستگاه خردکن به صورت پودری و سپس با افزودن مقادیر مشخصی از آب مقطر به شکل خمیری در

بازماندگی (SR) براساس معادلات زیر مورد بررسی و محاسبه قرار گرفتند (فلاحکار، ۱۳۹۴):

$$\begin{aligned} \text{وزن ابتدایی (گرم)} - \text{وزن نهایی (گرم)} &= \text{WG (گرم)} \\ 100 \times \text{تعداد روزها (زمان)} / (\text{وزن ابتدایی} - \text{وزن نهایی}) &= \text{Ln} \\ \text{Ln} &= (\text{درصد به ازای روز}) \text{SGR} \\ 100 \times [\text{تعداد روزهای پرورش} / \text{وزن کسب شده (گرم)}] &= \text{ADG (درصد)} \\ 100 \times \text{وزن ابتدایی (گرم)} / \text{وزن کسب شده (گرم)} &= (\text{درصد}) \text{BWt} \\ 100 \times [\text{طول کل (سانتی متر)}^3 / \text{وزن (گرم)}] &= \text{CF} \\ 100 \times [\text{مجموع جیره مصرفی (گرم)} / \text{وزن کسب شده (گرم)}] &= \text{FE (درصد)} \\ 100 \times (\text{تعداد اولیه ماهیان} / \text{تعداد ماهیان بازمانده}) &= (\text{درصد}) \text{SR} \end{aligned}$$

بررسی ترکیبات بدن: در پایان مرحله دوم و پس از سپری شدن ۲۴ ساعت گرسنگی، ۵ ماهی از هر تکرار به شکل تصادفی صید و پس از قرارگیری در دوز بالای عصاره پودر گل میخک، جهت بررسی ترکیبات لاشه، به صورت کامل به فریزر ۲۱- درجه سانتی گراد منتقل شد. جهت بررسی درصد رطوبت، نمونه های همگن شده از ماهیان در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار گرفته تا به وزن ثابتی رسیدند. پس از بررسی اختلاف وزن نهایی و اولیه، درصد رطوبت محاسبه شد. درصد پروتئین و چربی خام لاشه به ترتیب با روش کلدال توسط دستگاه هضم و تقطیر (بخشی، تهران، ایران) و سوکسله (بخشی، تهران، ایران) محاسبه شدند و میزان خاکستر در لاشه خشک شده از طریق قرارگیری نمونه ها به مدت تقریبی ۸ ساعت تحت دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد در کوره برقی (آترا، تهران،

ایران) بررسی شد (AOAC, 2012).

آنالیز آماری داده ها: پس از اطمینان از نرمال بودن داده ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، جهت بررسی اثر راهبردهای مختلف غذایی بر شاخص های رشد، تغذیه و ترکیبات لاشه از آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. معنی دار بودن داده ها در سطح $P < 0.05$ بررسی شد و آزمون Duncan جهت مقایسه تفاوت های معنی دار میانگین داده ها در نظر گرفته شد. جهت تجزیه و تحلیل کلیه داده ها، نرم افزار SPSS 16 (SPSS, Chicago, IL) مورد استفاده قرار گرفت.

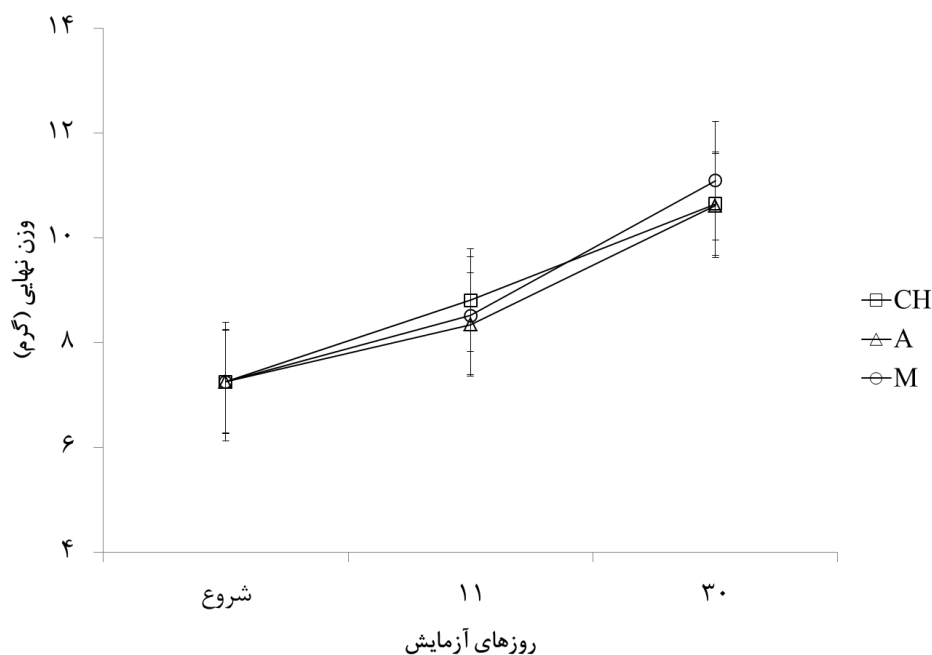
نتایج

شاخص های رشد و بازماندگی: جدول ۱ بیانگر نتایج تغذیه ماهیان طی ۳۰ روز سازگاری با غذای فرموله بوده و روند رشد ماهیان طی دو بازه زمانی نیز در شکل ۲ نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده از بررسی شاخص های رشد بچه ماهیان سوف حاج طرخان در مرحله اول (روزهای ۱۱-۱)، اختلاف معنی داری بین گروه های آزمایشی مشاهده نشد ($P > 0.05$). پس از اتمام ۳۰ روز غذادهی و گذار از تغذیه با غذای زنده به طور جداگانه و ترکیب با یکدیگر به غذای فرموله نیز شاخص های رشد و تغذیه از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشتند ($P > 0.05$). نرخ بازماندگی در مرحله اول بین تیمارها اختلافی نشان نداد. بازماندگی در مرحله اول به طور میانگین 96.67 ± 0.24 درصد بوده و در مرحله دوم نیز مرگ و میری در تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($P > 0.05$).

جدول ۱- شاخص های رشد و بازماندگی سوف حاج طرخان (*Perca fluviatilis*) پس از ۳۰ روز تغذیه با رژیم های غذایی مختلف (میانگین $\pm$ خطای استاندارد)

شاخص های مورد بررسی	تیمارهای آزمایشی		
	M	A	CH
وزن اولیه (گرم)	۷/۲۶ $\pm$ ۰/۰۰	۷/۲۶ $\pm$ ۰/۰۰	۷/۲۶ $\pm$ ۰/۰۰
وزن نهایی (گرم)	۱۱/۰۹ $\pm$ ۰/۶۰	۱۰/۶۱ $\pm$ ۰/۴۷	۱۰/۶۵ $\pm$ ۰/۱۱
طول اولیه (سانتی متر)	۸/۴۳ $\pm$ ۰/۰۱	۸/۳۱ $\pm$ ۰/۱۵	۸/۶۸ $\pm$ ۰/۳۸
طول نهایی (سانتی متر)	۹/۴۸ $\pm$ ۰/۱۵	۹/۳۴ $\pm$ ۰/۰۶	۹/۳۶ $\pm$ ۰/۰۷
وزن به دست آمده (گرم)	۳/۸۴ $\pm$ ۰/۶۰	۳/۳۶ $\pm$ ۰/۴۸	۳/۴۰ $\pm$ ۰/۱۲
SGR (درصد به ازای روز)	۲/۲۳ $\pm$ ۰/۲۹	۲/۰۰ $\pm$ ۰/۲۴	۲/۰۳ $\pm$ ۰/۰۶
ADG (درصد)	۲۰/۲۰ $\pm$ ۳/۱۶	۱۷/۶۸ $\pm$ ۲/۵۰	۱۷/۸۸ $\pm$ ۰/۵۹
BWI (درصد)	۵۲/۹۰ $\pm$ ۸/۲۶	۴۶/۳۰ $\pm$ ۶/۵۴	۴۶/۸۲ $\pm$ ۱/۵۴
CF	۱/۳۰ $\pm$ ۰/۰۱	۱/۳۱ $\pm$ ۰/۰۴	۱/۳۰ $\pm$ ۰/۰۴
FE (درصد)	۸/۰۰ $\pm$ ۱/۰۴	۷/۱۳ $\pm$ ۰/۸۳	۷/۰۵ $\pm$ ۰/۳۷
بقا (درصد)	۹۷/۲۸ $\pm$ ۲/۷۳	۹۵/۴۶ $\pm$ ۰/۹۱	۹۷/۲۷ $\pm$ ۰/۹۱

CH: تغذیه با لارو منجمد شیرونومید به تنهایی؛ A: تغذیه با بیوماس منجمد آرتمیا به تنهایی و M: ترکیبی از لارو شیرونومید و آرتمیا با نسبت ۵۰:۵۰



شکل ۲- روند رشد بچه ماهیان سوف حاج طرخان (*Perca fluviatilis*) در مراحل تغذیه با غذای زنده و گذار به غذای فرموله طی ۳۰ روز (میانگین $\pm$ خطای استاندارد). CH: تغذیه با لارو منجمد شیرونومید، A: زی توده منجمد آرتمیا و M: ترکیبی از CH+A

بحث

گذار از غذای زنده به غذای دستی مرحله بسیار حساسی از چرخه زندگی و تغذیه بسیاری از ماهیان است. یافته های پژوهش حاضر نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین مصرف شیرونومید و آرتمیا به صورت جداگانه و یا ترکیبی توسط سوف حاج طرخان جوان بود. از طرفی ماهیان به شکل مشابهی از جیره دستی تغذیه کردند. مطالعات نشان داده اند که میزان تغذیه از جیره های دستی طی مرحله

ترکیبات تقریبی بدن: نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری بین درصد چربی، خاکستر و رطوبت بین تیمارهای مختلف پس از گذار از غذای زنده به جیره فرموله طی ۳۰ روز وجود نداشت ($P > 0.05$ ، جدول ۲)؛ اگرچه، درصد پروتئین لاشه در تیمار CH به طور معنی داری بالاتر از M بود ($P < 0.05$) و بین گروه A و دو تیمار دیگر اختلاف معنی داری از این نظر وجود نداشت ($P > 0.05$).

جدول ۲- درصد ترکیبات بدن سوف حاج طرخان (*Perca fluviatilis*) پس از ۳۰ روز تغذیه با رژیم های غذایی مختلف (میانگین $\pm$ خطای استاندارد)

تیمارهای آزمایشی			شاخص های مورد بررسی (درصد)
M	A	CH	
۶۹/۳۲ $\pm$ ۰/۳۲	۶۹/۷۶ $\pm$ ۰/۰۳	۶۹/۰۱ $\pm$ ۰/۳۹	رطوبت
۱۵/۷۵ $\pm$ ۰/۵۲ ^b	۱۷/۳۰ $\pm$ ۰/۵۴ ^{ab}	۱۸/۱۸ $\pm$ ۰/۰۵ ^a	پروتئین
۶/۰۷ $\pm$ ۰/۶۸	۴/۹۶ $\pm$ ۰/۷۵	۶/۹۵ $\pm$ ۰/۱۵	چربی
۴/۳۳ $\pm$ ۰/۰۱	۴/۴۶ $\pm$ ۰/۳۱	۴/۳۶ $\pm$ ۰/۳۲	خاکستر

CH: تغذیه با لارو منجمد شیرونومید به تنهایی؛ A: تغذیه با بیوماس منجمد آرتمیا به تنهایی و M: ترکیبی از لارو شیرونومید و آرتمیا با نسبت ۵۰:۵۰

مطالعات نشان داده اند که انواع مختلف غذای زنده اثرات متفاوتی بر رشد و بازماندگی سوف ماهیان می گذارند؛ که البته با نتایج مطالعه حاضر در تناقض است. برای مثال، محققان با تغذیه ماهی سوف معمولی از دافنی طی ۹ روز دریافتند که مرگ و میر کمتر از ۵ درصد بود (Ljunggren et al., 2003). با این حال، با تغذیه سوف معمولی از ناپلی آرتمیا و سپس گذار به غذای دستی طی ۱۸ روز، مرگ و میر به ۸۴ درصد رسید (Kestemont et al., 2007). این مطالعه نشان داد که سوف ماهیان در مراحل ابتدایی تغذیه به بسیاری از عوامل همچون اندازه غذای زنده و قابلیت هضم جیره حساس هستند. در بسیاری از مطالعات، از ناپلی آرتمیا در تغذیه مرحله گذار ماهی سوف حاج طرخان استفاده می شود؛ اگرچه، نتایج بیانگر نرخ رشد پایین و بقای اندک بوده که در پی کمبود برخی از عناصر مغذی، وجود لایه کیتینی و در پی آن کاهش هضم پذیری ناپلی آرتمیا رخ می دهد (Mélard et al., 1996; Vlavanou et al., 1999). همسو با این مطالعات، Lahnsteiner و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه دیگری یافتند که ناپلی آرتمیا و نوعی از کوپه پودا به دلیل اندازه نامناسب و کمبود برخی از عناصر مغذی جهت تغذیه آغازین ماهی سوف معمولی مناسب نیستند زیرا نرخ بقا و رشد را کاهش می دهند. در مطالعه Lahnsteiner و Kletzl (۲۰۱۸) ماهی سوف حاج طرخان با سه نوع مختلف از غذای زنده شامل *Paramecium caudatum*، انواعی از کوپه پودا و جیره فرموله تغذیه شدند. براساس نتایج، مصرف کوپه پودا اثرات مثبتی بر رشد ماهیان نداشت و تغذیه مستقیم از ابتدا با غذای دستی منجر به بروز ناهنجاری در کیسه شنا و مرگ

تغذیه مختلط در ماهی سوف حاج طرخان و گونه های دیگر از قبیل باس دریایی (*Dicentrarchus labrax*)، سیم سر طلایی (*Sparus aurata*) و روغن ماهی (*Lota lota*) می تواند متفاوت باشد (Cahu and Zambonino Infante, 1994; Pantazis et al., 2014; Lahnsteiner and Kletzl, 2017). سن ماهی و شرایط پرورشی می توانند از دلایل اصلی اختلاف مشاهده شده بین مطالعات مختلف باشند (Shearer, 1994; Lahnsteiner and Kletzl, 2017).

زمان و استراتژی گذار به تغذیه دستی در سوف ماهیان متفاوت و از ۹ تا ۴۲ روز پس از هچ متغیر است (Bódis et al., 2007; Policar et al., 2013; Hubenova et al., 2015). برای مثال، در مطالعه Zieliński و Król (۲۰۱۵) ماهیان سوف حاج طرخان پس از ۱۴ روز و در مطالعه Jentoft و همکاران (۲۰۰۶) پس از ۲۸ روز تغذیه ترکیبی، به جیره فرموله سازگار شدند. Hubenova و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند که بهترین روش برای تغذیه مختلط ماهیان سوف معمولی (*Sander lucioperca*) مصرف لارو منجمد شیرونومید و جیره خشک طی ۱۰ روز است. طول مدت گذار با غذای زنده در این مطالعه ۱۵ روز بود و براساس نتایج، بازماندگی تحت تأثیر جیره های مختلف قرار نگرفت. در پژوهش حاضر، اختلاف رشدی در ارتباط با مصرف انواع غذای زنده پس از تغذیه با جیره خشک در تیمارها مشاهده نشد. تغذیه با ترکیبی از شیرونومید و جیره آزاد ماهیان و افزایش تدریجی جیره دستی تأثیری بر فعالیت تغذیه ماهیان نداشت. ماهیان به خوبی جیره را دریافت کرده و بیشتر جیره در سطح آب مصرف شد که با مطالعه Hubenova و همکاران (۲۰۱۵) مشابهت دارد.

و میر بالای ۸۰ درصد شد. در مقایسه با سایر ارگانسیم‌های غذایی زنده، مصرف لارو شیرونومید در مرحله گذار اثرات مثبتی بر بقای برخی از گونه‌های سوف ماهیان داشته است (Hubenova et al., 2015; Policar et al., 2013). اگرچه در ماهی سوف حاج طرخان مطالعه‌ای در این زمینه انجام نشده است. براساس یافته‌های پژوهش حاضر، اختلافی میان درصد بازماندگی در بین گروه‌های مختلف مشاهده نشد. با توجه به اینکه میزان مصرف غذا و شاخص‌های رشد نیز تحت تأثیر جیره‌های مختلف پیش از گذار قرار نگرفت، می‌توان گفت که عملکرد شیرونومید و زی توده آرتمیا در ماهیان سوف حاج طرخان از نظر کارایی رشد و بقا یکسان است.

براساس نتایج مطالعه حاضر، مقدار پروتئین لاشه در ماهیانی که تنها از شیرونومید و یا آرتمیا تغذیه کردند، اختلاف معنی‌داری نداشت اما در گروه تغذیه شده با ترکیب این دو ارگانسیم غذایی کاهش یافت. میزان پروتئین موجود در جیره، منابع تأمین پروتئین، قابلیت هضم و پارامترهای کیفی آب مانند دما می‌توانند بر محتوای پروتئین لاشه ماهیان اثرگذار باشند (Hua et al., 2019; Révész et al., 2020). یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که میزان پروتئین لاشه در تیمار CH به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بسیاری از مطالعات بیانگر اثر مثبت استفاده از شیرونومید بر عملکرد ماهیان گذار به غذای فرموله هستند. دلیل این امر می‌تواند قابلیت افزایش اشتها در ماهیان و وجود مقادیر بالای پروتئین قابل هضم باشد که در نهایت منتج به افزایش میزان کارایی پروتئین و ابقای آن در بدن می‌شود (Baranek et al., 2007; Policar et al., 2013). باید توجه داشت که مقادیر پروتئین موجود در زی توده آرتمیا (۵۲/۳۰ درصد) بالاتر از لارو شیرونومید (۴۸/۵۰ درصد) بوده ولی وجود برخی عناصر ضد مغذی در ترکیب آرتمیا مانند کیتین می‌تواند از هضم‌پذیری و جذب پروتئین در لاشه جلوگیری کند (Karlsen et al., 2017) که از جمله دلایل اصلی کاهش میزان پروتئین در لاشه گروه M حتی پس از مصرف غذای فرموله است. علاوه بر این، ماهیان در تیمار M، به‌طور کامل از شیرونومید مصرف نکرده و تنها نیمی از جیره مصرفی روزانه را این ارگانسیم تشکیل داده بود. از این‌رو، مقادیر پروتئین مصرفی و قابل هضم در جیره و به دنبال آن در لاشه پایین‌تر بود. نتایج

این مطالعه با یافته‌های حاصل از پژوهش عفت‌پناه و همکاران (۱۴۰۰) مبتنی بر اثر تغذیه با ترکیبی از آرتمیا و دافنی و یا آرتمیا و شیرونومید بر کاهش میزان پروتئین لاشه نسبت به مصرف آرتمیا و یا شیرونومید به‌تنهایی در جیره تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) مطابقت داشت.

ترکیبات بدن ماهیان تحت تأثیر عوامل درونی مانند اندازه و چرخه زندگی و عوامل خارجی مانند شرایط کیفی آب و جیره قرار می‌گیرند (Stejskal et al., 2020). استراتژی‌های غذایی در این مطالعه، تأثیری بر ترکیب رطوبت، چربی و خاکستر لاشه ماهیان پس از سازگاری به غذای فرموله نداشتند. در این رابطه، Mairesse و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که جیره‌هایی با میزان چربی متفاوت می‌توانند منجر به تغییرات مواد مغذی لاشه ماهیان سوف حاج طرخان شوند. در مطالعه حاضر، مقادیر چربی در ماهیان تغذیه شده با ترکیب شیرونومید و آرتمیا تا حدودی مشابه یکدیگر بوده که در نهایت به‌طور یکسانی بر میزان چربی جذب شده در بافت ماهی سوف حاج طرخان و فعالیت سیستم گوارشی اثر گذاشتند. این یافته همسو با نتایج به‌دست آمده از مطالعه عفت‌پناه و همکاران (۱۴۰۰) بود. در مقابل، Schulz و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تغذیه آغازین ماهی سوف معمولی دریافتند که ماده خشک و چربی در ماهیان پرورشی تغذیه شده با شیرونومید پایین‌تر است. از جمله دلایل در مورد نتایج متناقض می‌تواند تفاوت در سیستم پرورشی و کیفیت جیره مصرفی باشد. شایان ذکر است که مطالعات اندکی در زمینه نیازمندی‌های غذایی سوف حاج طرخان انجام شده است و تاکنون جیره‌ای که به‌طور اختصاصی برطرف‌کننده نیازهای غذایی این گونه باشد معرفی نشده است (جاوید و فلاحتکار، ۱۳۹۸). Geay و Kestemont (۲۰۱۵) نشان دادند که بسته به چرخه زندگی، جیره‌هایی که حاوی ۴۳-۵۰ درصد پروتئین، ۱۳-۱۸ درصد چربی و ۱۰-۱۵ درصد کربوهیدرات باشند، نیازهای غذایی ماهیان سوف حاج طرخان را پوشش می‌دهند. این مقادیر با سطوح مواد مغذی مورد استفاده در جیره مورد استفاده در مرحله گذار مطالعه حاضر هم‌پوشانی داشت.

براساس یافته‌های به‌دست آمده، استفاده از دو ارگانسیم غذایی زنده شامل شیرونومید و آرتمیا به شکل جداگانه و

و لاشه ماهیان جهت دستیابی به عملکرد بهینه رشد و تغذیه در آینده حائز اهمیت است.

تشکر و قدردانی

از تمامی کارکنان مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور سیاهکل به پاس همکاری در طول انجام پروژه تشکر و سپاسگزاری می شود.

ترکیبی جهت تغذیه مرحله گذار، تفاوتی در رشد و بقای ماهیان سوف حاج طرخان ایجاد نمی کند و به نظر می رسد که هر دو ارگانسیم غذایی می توانند در تأمین نیازمندی های این گونه و افزایش نرخ رشد مؤثر باشند، اما با توجه به اثرگذاری مصرف لارو منجمد شیرونومید بر میزان پروتئین لاشه، مصرف این ارگانسیم غذایی به تنهایی در تغذیه مرحله گذار و سازگاری به غذای دستی ماهیان سوف حاج طرخان توصیه می شود. با این وجود، بررسی های بیشتر در زمینه ترکیبات اسیدهای چرب و آمینه جیره های غذایی

منابع

- جاوید ک.، فلاحتکار ب. ۱۳۹۸. مروری بر تکثیر و پرورش ماهی سوف حاج طرخان (*Perca fluviatilis*). علوم آبزی پروری پیشرفته. ۹۵: ۵۳-۳۹.
- عفت پناه ا.، فلاحتکار ب.، سجادی م.، منصف شکری م. ۱۴۰۰. تغذیه آغازین تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) با غذاهای زنده مختلف و تأثیر آن بر شاخص های رشد، بقا، ترکیب بیوشیمیایی و اسیدهای چرب لاشه در مرحله عادت دهی به غذای مصنوعی با استفاده از شیرونومید. شیلات. ۷۴: ۱۳۷-۱۱۹.
- فلاحتکار ب. ۱۳۹۴. تغذیه و جیره نویسی آبزیان. موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، تهران، ۳۳۴ صفحه.
- نظامی بلوچی ش.، خارا ح.، پاوند پ. ۱۳۸۳. بررسی رژیم غذایی سوف حاج طرخان (*Perca fluviatilis* L. 1758) در تالاب امیرکلاویه لاهیجان. مجله علمی شیلات/ایران. ۱۳: ۲۲۰-۲۰۱.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 2012. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (19th edn). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA. 1263 p.
- Baranek V., Dvorak J., Kalenda V., Mares J., Zrustova J., Spurny P. 2007. Comparison of two weaning methods of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* from natural diet to commercial feed. *Ustva Zoology* 1, 6-13.
- Bódis M., Kucska B., Bercsenyi M. 2007. The effect of different diets on the growth and mortality of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) in the transition from live food to formulated feed. *Aquaculture International* 15(1), 83-90.
- Cahu C.L., Zambonino Infante J.L. 1994. Early weaning of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae with a compound diet: Effect on digestive enzymes. *Comparative Biochemistry Physiology* 109A, 213-222.
- Falahatkar B., Efatpanah I., Kestemont P. 2018. Pikeperch *Sander lucioperca* production in the south part of the Caspian Sea: technical notes. *Aquaculture International* 26, 391-401.
- FAO 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture. Contributing to Food Security and Nutrition for All; Rome, Italy. 200 p.
- FAO 2023. Fisheries and aquaculture information and statistics service, <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2298/en>
- Fontaine P., Tamazouzt L., Capdeville B. 1996. Growth of the Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L) reared in floating cages and in water recirculated system: first results. *Journal of Applied Ichthyology* 12(3-4), 181-184.
- Geay F., Kestemont P. 2015. Feeding and nutrition of percid fishes during on-growing stages. In: P. Kestemont, K. Dabrowski, R.C. Summerfelt (eds). *Biology and culture of percid fishes-principles and practices*. Springer, New York, USA. pp. 587-622.
- Hamre K., Yufera M., Rønnestad I., Boglione C., Conceição L.E., Izquierdo, M. 2013. Fish larval nutrition and feed formulation: knowledge gaps and bottlenecks for advances in larval rearing. *Reviews in Aquaculture* 5, 26-58.
- Hua K., Cobcroft J.M., Cole A., Condon K., Jerry D.R., Mangott A., Praeger C., Vucko M.J.,

- Zeng C., Zenger K., Strugnell J.M. 2019.** The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. *One Earth* 1(3), 316-329.
- Hubenova T., Zaikov A., Katsarov E., Terziyski D. 2015.** Weaning of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca* L.) from life food to artificial diet. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 21, 17-20.
- Jentoft S., Øxnevad S., Aastveit A.H., Andersen Ø. 2006.** Effects of tank wall color and up-welling water flow on growth and survival of Eurasian perch larvae (*Perca fluviatilis*). *Journal of the World Aquaculture Society* 37(3), 313-317.
- Karlsen Ø., Amlund H., Berg A., Olsen R.E. 2017.** The effect of dietary chitin on growth and nutrient digestibility in farmed Atlantic cod, Atlantic salmon and Atlantic halibut. *Aquaculture Research* 48(1), 123-133.
- Kestemont P., Henrotte E. 2015.** Nutritional requirements and feeding of broodstock and early life stages of Eurasian perch and pikeperch. In: P. Kestemont, K. Dabrowski, R.C. Summerfelt (eds). *Biology and culture of percoid fishes-principles and practices*. Springer, New York, USA. pp. 539-564.
- Kestemont P., Mélard C. 2000.** Aquaculture. In: Craig J.F. (ed.). *Percid fishes. Systematics, ecology and exploitation*. Blackwell Science, Oxford, UK. pp. 191-224.
- Kestemont P., Mélard C., Held J.A., Dabrowski K. 2015.** Culture methods of Eurasian perch and yellow perch early life stages. In: Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C. (eds). *Biology and culture of percoid fishes-principles and practices*. Springer, New York, USA. pp. 265-293.
- Kestemont P., Xueliang X., Hamza N., Maboudou J., Toko II. 2007.** Effects of weaning age and diet on pikeperch larviculture. *Aquaculture* 264(1-4), 197-204.
- Król J., Zieliński E. 2015.** Effects of stocking density and weaning age on cannibalism, survival and growth in European perch *Perca fluviatilis* larvae. *Polish Journal of Natural Sciences* 30(4), 403-415.
- Lahnsteiner F., Kletzl M. 2017.** Weaning of burbot, *Lota lota* (L.) from live to dry feed using NaCl as dietary attractant. *Journal of Agricultural Science* 9(3), 7-18.
- Lahnsteiner F., Kletzl M. 2018.** A method for rearing perch, *Perca fluviatilis*, larvae using *Paramecium caudatum*, followed by wild zooplankton and formulated dry feed in combination with adequate tank systems. *Journal of Agricultural Science* 10(8), 26-42.
- Lahnsteiner F., Lahnsteiner E., Duenser A. 2023.** Suitability of Different Live Feed for First Feeding of Freshwater Fish Larvae. *Aquaculture Journal* 3(2), 107-120.
- Ljunggren L., Staffan F., Falk S., Linden B., Mendes J. 2003.** Weaning of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L., and perch, *Perca fluviatilis* L., to formulated feed. *Aquaculture Research* 34(4), 281-287.
- Mairesse G., Thomas M., Gardeur J.N., Brun-Bellut J. 2007.** Effects of dietary factors, stocking biomass and domestication on the nutritional and technological quality of the Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 262(1), 86-94.
- Mélard C., Kestemont P., Grignard J.C. 1996.** Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*Perca fluviatilis*): effect of major biotic and abiotic factors on growth. *Journal of Applied Ichthyology* 12(3-4), 175-180.
- Palińska-Żarska K., Woźny M., Kamaszewski M., Szudrowicz H., Brzuzan P., Żarski D. 2020.** Domestication process modifies digestion ability in larvae of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*), a freshwater Teleostei. *Scientific Reports* 10(1), 2211.
- Pantazis P.A., Benekos G., Papadomichelakis G. 2014.** Early-weaning diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) and their potential use in Hellenic marine fish hatcheries. *Aquaculture International* 22, 1621-1636.
- Polcar T., Samarin A.M., Mélard C. 2015.** Culture methods of Eurasian perch during on-growing. In: Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C. (eds). *Biology and culture of percoid fishes-principles and practices*. Springer, New York, USA. pp. 417-435.
- Polcar T., Stejskal V., Kristan J., Podhorec P., Svinger V., Blaha M. 2013.** The effect of fish size and density on the weaning success in pond-cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles. *Aquaculture International* 21, 869-882.
- Révész N., Kumar S., Borgevik A.S., Fazekas G., Jeney Z., Hegyi Á., Sándor Z.J. 2020.** Effect of temperature on digestibility, growth performance and nutrient utilization of corn distiller's dried

- grains with soluble (DDGS) in Common carp juveniles. *Aquaculture Research* 51(2), 828-835.
- Schulz C., Böhm M., Wirth M. Rennert B. 2007.** Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Nutrition* 13, 373-380.
- Shearer K.D. 1994.** Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture* 119, 63-88.
- Stejskal V., Tran H.Q., Prokesova M., Gebauer T., Giang P.T., Gai F., Gasco L. 2020.** Partially defatted *Hermetia illucens* larva meal in diet of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) juveniles. *Animals* 10(10), 1876.
- Tacon A.G. 2020.** Trends in global aquaculture and aquafeed production: 2000–2017. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture* 28(1), 43-56.
- Vlavanou R.S., Masson G., Moreteau, J.C. 1999.** Growth of *Perca fluviatilis* larvae fed with *Artemia* spp. nauplii and the effects of initial starvation. *Journal of Applied Ichthyology* 15(1), 29-33.
- Wang Q., Cheng L., Liu J., Li Z., Xie S., De Silva S.S. 2015.** Freshwater aquaculture in PR China: trends and prospects. *Reviews in Aquaculture* 7(4), 283-302.
- Woher H., Harsanyi A., Schwarz J.F. 2012.** Larviculture of burbot (*Lota lota* L.): larval rearing using *Artemia* and weaning onto dry feed. *Aquaculture Research* 44(1), 106-113.

Effects of using Chironomid larvae and Artemia biomass on growth performance and body composition of juvenile Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) during adaptation to formulated diet

Bahram Falahatkar^{1*}, Faezeh Mortezaei¹, Vahid Abedini¹, Mehdi Rahmati²

¹Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.

²Dr. Yousefpour Marine Fishes Restocking and Genetic Conservation Center, Siahkal, Guilan, Iran.

*Corresponding author: falahatkar@guilan.ac.ir

Received: 23. June.2023

Accepted: 25. Aug.2023

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of feeding with different types and combinations of live feeds on the performance of juvenile Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) during the transition to a formulated diet. The experiment was performed in two phases. Fish (average body weight of 7.26 ± 0.00 g and average body length of 8.47 ± 0.12 cm) first fed three live feeds including frozen Chironomid larvae (CH), frozen Artemia biomass (A) and the combination of CH+A (M) in 11 days. Fish were then transited to formulated diet during days 12-30. At the end of each two-phase, growth indices and whole body chemical composition (percentage of crude protein, crude lipid, moisture, and ash) were analyzed. No significant differences were detected in final weight or other growth indices ($P > 0.05$). The survival rate showed no significant difference in CH ($97.27 \pm 0.91\%$), A ($95.46 \pm 0.91\%$), and M ($97.28 \pm 2.73\%$) groups ($P > 0.05$). There was also no significant difference among the groups in term of moisture, crude lipid, and ash contents ($P > 0.05$); however, the protein content was significantly higher in CH ($18.18 \pm 0.05\%$) than M ($15.75 \pm 0.52\%$) ($P < 0.05$). According to the obtained results, administration of frozen Chironomid larvae alone is recommended to the adaptation of Eurasian perch to the formulated diet, due to positive effects on survivability, growth rate and enhancing whole-body protein content.

Keywords: Co-Feeding, Feeding Strategies, Eurasian Perch, Live feed