CC BY

مقاله علمی – پژوهشی:

اثرات عادت‌دهی کوتاه‌مدت مرحله گذار از غذای زنده به غذای خشک بر عملکرد رشد، زنده‌مانی، ترکیب لاشه و پروفایل اسیدهای چرب لارو فیل ماهی (*Huso huso*)

ذبیح اله پژند*[۱]، رضا طاعتی[۲]، محمود محسنی[۱]، حسینعلی عبدالحی[۳]، رضا قربانی واقعی[۱]، ژیلا خودخواه[۲]

*zpajand@gmail.com

۱- انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۲- گروه شیلات، واحد تالش، دانشگاه آزاد اسلامی ایران، تالش. ایران

۳- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۴۰۲

چکیده

هدف این مطالعه، بررسی اثرات عادت‌دهی کوتاه‌مدت با استفاده از غذاهای زنده مختلف و خشک بر عملکرد رشد، ترکیب لاشه و پروفایل اسیدهای چرب لارو فیل‌ماهی (*Huso huso*) است. تعداد ۱۲۰۰ لارو فیل‌ماهی با میانگین وزن اولیه ۰/۰۱±۰/۴۳ گرم به صورت تصادفی در ۱۲ مخزن گرد پلاستیکی ۸۰ لیتری (۱۰۰ لارو به ازای هر مخزن) در سه تکرار توزیع شدند. سپس لارو ماهیان به مدت ۲۱ روز با لارو منجمد شیرونومید (T1)، زی‌توده منجمد آرتمیا (T2) و ترکیبی از آنها (T3) تغذیه شدند. گروه شاهد (C) در طول دوره تنها جیره خشک تجاری (۰/۵ میلی‌متر، پروتئین ۵۵/۵۹ درصد، چربی ۲۱/۱۲ درصد، خاکستر ۱۱/۷۶ درصد و رطوبت ۷/۹۶ درصد) را دریافت کرد. جهت عادت‌دهی، هر دو روز یکبار، ۱۵ درصد از میزان غذای زنده کاسته و بر میزان غذای خشک افزوده شد. طبق نتایج، وزن نهایی (۰/۱۶±۴/۹۹ گرم)، وزن کسب شده (۰/۱۷±۴/۵۷ گرم)، افزایش وزن بدن (۷۲/۷۵±۱۰۸۱/۵۳ درصد) و نرخ رشد ویژه (۰/۲۹±۱۱/۷۵ درصد/روز) در T1 به طور معنی‌داری بالاتر از سایر گروه‌های آزمایشی بود ($p<0/05$). نرخ زنده‌مانی در گروه (C) (۵۰/۳۲±۵۶/۱ درصد) نسبت به سایر تیمارها به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<0/05$) و در گروه تغذیه شده با لارو منجمد شیرونومید (T1) مرگ‌ومیری مشاهده نشد ($p<0/05$). میزان چربی خام (۰/۰۸±۱/۳۲ درصد) و رطوبت (۹۸/۱۷±۸۰/۰ درصد) در T1 به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها و محتوای پروتئین خام در T3 (۲۶/۳۹±۱۱/۰ درصد) و C (۴۴/۴۴±۱۱/۰ درصد) به طور معنی‌داری بالاتر از گروه‌های T1 (۲۳/۳۹±۹/۰ درصد) و T2 (۶۷/۲۸±۹/۰ درصد) بود ($p<0/05$). گروه T3، کاهش معنی‌داری در ارتباط با مجموع اسیدهای چرب n-3 LC-PUFA (۵۳/۰۴±۹/۰ درصد) نسبت به T1 (۰۲/۷۱±۱۱/۰ درصد) نشان داد ($p<0/05$). نسبت EPA/DHA نیز در گروه T1 به طور معنی‌داری بالاتر (۰/۰۳±۰/۴۵ درصد) از سایر تیمارها بود ($p<0/05$). براساس نتایج به‌دست آمده، استفاده از لارو منجمد شیرونومید به دلیل بهبود شاخص‌های رشد، زنده‌مانی و ترکیبات اسید چرب جهت سازگاری لارو فیل‌ماهی با غذای خشک طی ۲۱ روز توصیه می‌شود.

لغات کلیدی: تغذیه مختلط، راهبرد غذایی، زی‌توده آرتمیا، شیرونومید، فیل‌ماهی

*نویسنده مسئول

مقدمه

یکی از مشکلات اساسی در زمینه پرورش لارو اغلب ماهیان موضوع تغذیه و پرورش آنها در مراحل لاروی است. در پرورش لارو برخی ماهیان، تغییر نوع رژیم غذایی می‌تواند چالش برانگیز باشد. زمان تغییر در مرحله گذار از غذای زنده به غذای خشک، اغلب به دوره تغذیه همزمان از غذاهای زنده و مصنوعی یا به تغییر نوع رژیم غذایی (بین دو نوع خوراک زنده یا از خوراک زنده به رژیم غذایی فرموله شده) اشاره شده است (Phelps, 2010). یکی از بزرگترین معضلات، بازماندگی کم لارو ماهیان خاویاری است. در این راستا، از خوراک زنده و مصنوعی زیادی استفاده شده است. اگرچه غذاهای زنده به طور موفقیت‌آمیزی برای تغذیه لارو تعدادی از ماهیان استفاده شده، اما هیچ راهکار جهانی برای پرورش لارو ماهی وجود نداشته است و این موضوع به ویژگی انفرادی گونه‌ای و به توسعه دستگاه گوارش بستگی دارد (Pradhan *et al*., 2014). به رغم تمامی موانع و مشکلات، با در نظر گرفتن ظرایف فنی و مراقبت‌های لازم در زمینه پرورش ماهیان خاویاری، این صنعت ظرفیت بالایی برای تبدیل شدن به صنعتی پررونق و سودآور در آبزی‌پروری کشور دارد تا ضمن کاهش فشار صید، زمینه تولید و صادرات گوشت و خاویار فراهم شود. وجود تجارب ارزنده در زمینه تکثیر و پرورش این ماهیان، موجب شکل گیری طرح پرورش ماهی در شرایط متراکم و با بهره‌گیری از غذای دستی در کشور شده است (Adeli and Namdar, 2015).

یکی از چالش برانگیزترین مراحل تکثیر و پرورش فیل‌ماهی، دوره لاروی آن است به‌طوری‌که میزان مرگ‌ومیر طی این دوره به ۸۰ درصد می‌رسد (Asgari *et al*., 2013). در نتیجه، فراهم‌آوردن جیره مناسب به‌نحوی‌که پاسخگوی نیازهای تغذیه‌ای، رشد، تکامل و زنده‌مانی آنها باشد، بسیار ضروری است (Gisbert *et al*., 2018). ماهیان در مراحل لاروی ظرفیت پایینی در هضم و جذب ترکیبات غذایی پیچیده داشته و طعمه‌های زنده به دلیل وجود آنزیم‌های داخلی نقش به‌سزایی در تسهیل هضم مواد غذایی خورده شده و عملکرد تغذیه‌ای آنها دارند (Samat *et al*., 2020). با توجه به ناتوانی لارو ماهیان خاویاری در استفاده مستقیم از جیره فرموله در آغاز تغذیه خارجی، معمولاً از غذاهای زنده متنوعی مانند ناپلئوس آرتمیا، دافنی، کرم نرئیس و لارو شیرونومید جهت تغذیه آغازین و مرحله گذار استفاده می‌شود. این طعمه‌های زنده، اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب غیراشباع ضروری را برای رشد و نمو لارو ماهیان، فراهم می‌کنند (Radhakrishnan *et al*., 2020). استفاده از ناپلئوس آرتمیا در صنعت آبزی‌پروری به عنوان غذای زنده به دلیل اندازه کوچک در زمان تخم‌گشایی و کیفیت بالای غذایی بسیار رایج بوده است که موجب ارتقاء عملکرد رشد و بقاء در لارو می‌شود (Samat *et al*., 2020). ناپلئوس آرتمیا در صنعت آبزی‌پروری به عنوان منبع غذایی منحصربه‌فرد در مرحله لاروی آبزیان شناخته می‌شود؛ اما مقادیر اسیدهای چرب ضروری مانند اسید ایکوزاپنتانوئیک (EPA) و اسید دوکوزاهگزانوئیک (DHA) با کمبود روبه‌روست (Nieves-Soto *et al*., 2021). لارو شیرونومید نیز به عنوان یک غذای با ارزش در آبزی‌پروری استفاده می‌شود. این غذای زنده به دلیل مقادیر بالای پروتئین و حضور اسیدهای آمینه ضروری، به عنوان غذایی مناسب برای اغلب ماهیان به‌خصوص ماهیان خاویاری شناخته می‌شود (Hamidoghli *et al*., 2014; Sulistiyarto and Restu, 2018). با وجود استفاده گسترده از غذاهای زنده در پرورش لارو ماهیان خاویاری، مطالعات اندکی تأثیر مصرف آنها را در پروفایل اسیدهای چرب لارو و سایر عملکردهای فیزیولوژیک بررسی کرده‌اند و همواره انتخاب گونه مناسب در دوره تغذیه خارجی به ویژه در ماهیان خاویاری یک مسئله مهم به‌شمار می‌رود. از سویی، چون عدم سازگاری و طولانی شدن مرحله گذار از غذای زنده به غذای خشک سبب بروز مشکلات جبران‌ناپذیری از قبیل غیریکنواختی اندازه و کاهش رشد طی مراحل بعدی زندگی این ماهیان می‌شود، لازم است تا با ارزیابی تغییرات به‌وجود آمده طی دوران لاروی، بتوان درک بهتری از تکامل اونتوژنی و زمان مناسب گذار در جهت افزایش زنده‌مانی و رشد فیل‌ماهی داشت (Agh *et al*., 2012; Mohseni *et al*., 2012; Ghorbani Vaghei *et al*., 2023). محققان راهبردهای غذایی گوناگون جهت گذار از غذاهای زنده به غذای خشک (نسبت‌های مختلف غذاها،

زمان شروع مرحله گذار، طول مدت آزمایش و...) را در گونه‌های فیل‌ماهی (Agh *et al*., 2012; Mohseni *et al*., 2012; Ghorbani Vaghei *et al*., 2023)، تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) (Agh *et al*., 2013; Efatpanah *et al*., 2021)، گربه‌ماهی روغنی (*Ompok bimaculatus*) (Pradhan *et al*., 2014)، سوف سفید (*Sander lucioperca*) (Kestemont *et al*., 2007; Ljubobratovic *et al*., 2015)، استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) (Laczynska *et al*., 2020)، شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) (Torfi Mozanzadeh *et al*., 2021) و پیرانا (*Piaractus brachypomus*) (Ferreira *et al*., 2023) گزارش کردند.

با توجه به تأثیر بازه زمانی مرحله گذار از غذای زنده به خشک و اثر مثبت استفاده ترکیبی از موجودات زنده نظیر آرتمیا و شیرونومید به دلیل ارزش غذایی بالا، تاکنون مطالعه متمرکزی در زمینه به‌کارگیری راهبردهای مختلف عادت‌دهی با غذای زنده طی مرحله گذار به غذای خشک در بازه زمانی کوتاه‌مدت و با ترکیب مدنظر در لارو فیل‌ماهی انجام نپذیرفته است. لذا، هدف اصلی تحقیق حاضر، ارزیابی عملکرد رشد، نرخ زنده‌مانی، ترکیب شیمیایی لاشه و پروفایل اسیدهای چرب لارو فیل‌ماهی پس از تغذیه با انواع غذاهای زنده (شیرونومید و زیتوده آرتمیا) در راستای عادت‌پذیری کوتاه‌مدت به غذای خشک است.

مواد و روش کار

محل انجام آزمایش و نحوه پرورش

ابتدا، لاروهای فیل‌ماهی حاصل از تکثیر مصنوعی یک قطعه مولد فیل‌ماهی پرورشی به وزن ۲۸/۸ کیلوگرم حاوی ۳/۳ کیلوگرم تخم آماده در انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری به یک مخزن پلاستیکی ۸۰ لیتری انتقال یافتند. از شروع تغذیه آغازین تا روز شانزده پس از تفریخ، لاروها با ناپلئوس آرتمیا (*Artemia franciscana*) به میزان اشتها و ۱۲ بار در روز با وقفه دو ساعته (شروع غذادهی ۶ صبح) غذادهی شدند. آب ورودی مخازن پرورش (دبی ۱ لیتر در دقیقه) از طریق چاه تأمین و با عبور از فیلترها وارد مخازن پرورش لارو شد. دوره نوری به صورت ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در تمام طول مدت ۲۱ روز پرورش تنظیم گردید. تأمین اکسیژن با استفاده از هواده مرکزی و سنگ هوا انجام گرفت.

تهیه جیره‌های غذایی

لارو منجمد شیرونومید و زیتوده منجمد آرتمیا از شرکت گوارکویر آریا (رفسنجان، ایران) و غذای خشک از شرکت فرادانه (شهرکرد، ایران) با اندازه ۰/۵ میلی‌متر تهیه شدند. به منظور سهولت مصرف غذا توسط لاروها، غذاهای زنده به قطعات کوچک خرد شده و غذای خشک نیز آسیاب و متناسب با اندازه دهان الک شدند. ترکیبات شیمیایی هر یک از جیره‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: ترکیبات شیمیایی جیره‌های غذایی مورد استفاده در تغذیه لارو فیل‌ماهی (برحسب ماده خشک)

Table 1: Chemical composition of diets used in feeding of great sturgeon larvae (% of dry matter)

Chemical Composition (%)	Diets		
	Chironomid	Artemia Biomass	Dry Food
Protein	52.12±0.28	57.54±0.29	55.59±0.28
Fat	13.73±0.21	12.12±0.17	21.12±0.21
Ash	24.87±0.37	17.56±0.25	11.76±0.24
Moisture	81.39±0.25	90.00±0.30	7.96±0.35

طراحی آزمایش

این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی متعادل و در چهار تیمار آزمایشی با سه تکرار انجام شد. تعداد ۱۲۰۰ لارو فیل‌ماهی (با میانگین وزنی ۰/۰۱±۰/۴۳ گرم) عادت‌دهی شده با ناپلئوس آرتمیا، به طور تصادفی در ۱۲ مخزن گرد پلاستیکی (قطر ۶۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر، حجم آبگیری ۸۰ لیتر و ارتفاع آبگیری ۳۰ سانتی‌متر) با تراکم ۱۰۰ لارو در هر مخزن توزیع شدند. تیمارهای غذایی در

جدول ۲ ارائه شده‌اند. در تیمارهای T1، T2، T3، ماهیان به‌ترتیب با شیرونومید، زیتوده آرتمیا و ترکیبی از این دو (۵۰:۵۰) تغذیه و جهت ایجاد تطابق، هر دو روز یکبار ۱۵ درصد از میزان غذای زنده کم و به غذای خشک افزوده شد تا زمانی که تمامی ماهیان در روز ۲۱ آزمایش قادر به مصرف کامل غذای خشک بودند. ماهیان گروه C (شاهد) نیز از ابتدا تا انتهای دوره فقط غذای خشک را مصرف کردند. درصد غذادهی با غذای تر و غذای خشک به‌ترتیب ۵۰ درصد و حدود ۳-۱۰ درصد وزن‌تر بدن در هر وعده از شبانه‌روز بود (Chebanov and Galich, 2013). طی فواصل سه روزه، تعدادی از لاروها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین و میانگین وزن آنها محاسبه شد. میانگین دمای آب، اکسیژن محلول و pH در طول دوره ۲۱ روز به‌ترتیب برابر با ۱۷/۸۰±۰/۱۵ درجه سانتی‌گراد، ۹/۰±۰۵/۰۴ میلی‌گرم در لیتر و ۷/۴۶ ±۰/۰۵ بودند.

جدول ۲: تیمارهای تغذیه‌ای در طول ۲۱ روز آزمایش

Table 2: Dietary treatments during the 21 days of the experiment

Feeding Days	Dietary treatments			
	T1	T2	T3	C
1-3	Chironomid 100%	Artemia Biomass 100%	Chironomid 50% Artemia Biomass 50%	Dry Food 100%
4-6	Chironomid 85% Dry Food 15%	Artemia Biomass 85% Dry Food 15%	Chironomid 42.5% Artemia Biomass 42.5% Dry Food 15%	Dry Food 100%
7-9	Chironomid 70% Dry Food 30%	Artemia Biomass 70% Dry Food 30%	Chironomid 35% Artemia Biomass 35% Dry Food 30%	Dry Food 100%
10-12	Chironomid 55% Dry Food 45%	Artemia Biomass 55% Dry Food 45%	Chironomid 27.5% Artemia Biomass 27.5% Dry Food 45%	Dry Food 100%
13-15	Chironomid 40% Dry Food 60%	Artemia Biomass 40% Dry Food 60%	Chironomid 20% Artemia Biomass 20% Dry Food 60%	Dry Food 100%
16-18	Chironomid 25% Dry Food 75%	Artemia Biomass 25% Dry Food 75%	Chironomid 12.5% Artemia Biomass 12.5% Dry Food 75%	Dry Food 100%
19-21	Dry Food 100%	Dry Food 100%	Dry Food 100%	Dry Food 100%

T1: Chironomid, T2: Artemia Biomass, T3: Chironomid and Artemia Biomass, and C: Dry Food

بررسی شاخص‌های رشد و ماندگاری

در ابتدا و انتهای دوره تغذیه، اندازه‌گیری وزن و طول لاروها (۳۰ عدد به‌ازای هر مخزن) با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت میلی‌گرم و خط‌کش مدرج با دقت میلی‌متر صورت گرفت. شاخص‌های رشد براساس معادلات ذیل محاسبه شدند:

وزن کسب شده Weight gain (WG) (g) = W_2 (g) - W_1 (g)

افزایش وزن بدن Body Weight Increase (BWI) (%) = [WG (g)/ W_1 (g)] × 100

نرخ رشد ویژه Specific Growth Rate (SGR) (%/day) = 100 × [LnW_2 (g) - LnW_1 (g)/ t (days)]

ضریب چاقی Condition Factor (CF) = 100 × (W_2/ L_2^3)

نرخ زنده‌مانی Survival Rate (SR) (%) = 100 × (Survived fish/ Initial fish)

W_1: وزن اولیه، W_2: وزن نهایی، Ln: لگاریتم نپرین، L_2: طول‌کل نهایی، t: مدت زمان پرورش، Survived fish: ماهیان موجود،Initial fish: ماهیان اولیه

آنالیز ترکیبات شیمیایی لاشه و جیره و سنجش پروفایل اسیدهای چرب لاشه

در انتهای دوره ۲۱ روز تغذیه، ۱۰ فیل‌ماهی از هر مخزن به صورت کاملاً تصادفی صید و پس از فرایند آسان‌کشی و بسته‌بندی در بسته‌های زیپ‌کیپ به صورت منجمد به آزمایشگاه منتقل شدند. جهت تعیین درصد رطوبت (خشک کردن در آون)، پروتئین خام (روش کلدال)، چربی خام (روش سوکسله) و خاکستر (کوره الکتریکی) لاشه و جیره از دستورالعمل AOAC (۲۰۱۶) استفاده شد. استخراج اسیدهای چرب با استفاده از روش متیل استریفیکاسیون مستقیم انجام گرفت (Vingering and Ledoux, 2009).

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار نشان داده شدند. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و Levene نرمال و همگن بودند. جهت شناسایی اختلاف معنی‌دار در شاخص‌های رشد و تغذیه و ترکیبات شیمیایی بدن از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها بین تیمارهای تغذیه‌ای با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌کار گرفته شد.

نتایج

پس از پایان ۲۱ روز عادت‌دهی، زیست‌سنجی لاروها به‌منظور تعیین شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای انجام گرفت (جدول ۳). وزن نهایی، وزن کسب شده، افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در تیمار T1 (عادت‌دهی شده با لارو شیرونومید) از سایر گروه‌های آزمایشی به طور معنی‌داری بالاتر بود ($p<۰/۰۵$) و بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). طول کل نهایی در تیمار T1 و شاهد (C) به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). بیشترین و کمترین میزان ضریب چاقی به‌ترتیب در تیمارهای T2 و C مشاهده شد که این دو تیمار به رغم اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ($p<۰/۰۵$)، با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p>۰/۰۵$). نرخ زنده‌مانی در تیمار T1 بالاتر ($p<۰/۰۵$) از سایر تیمارها بود و بین گروه‌های T2 و T3 از این نظر اختلافی مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). همچنین نرخ زنده‌مانی در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳: مقایسه شاخص‌های رشد لارو فیل‌ماهی در تیمارهای تغذیه‌ای طی مدت ۲۱ روز (میانگین ± انحراف معیار؛ n=۳)

Table 3: Comparison of growth indices of great sturgeon larvae in dietary treatments during 21 days (Mean±SD; n=3)

Parameters	Dietary Treatments			
	T1	T2	T3	C
Initial weight (g)	0.42±0.015	0.45±0.025	0.44±0.020	0.42±0.025
Final weight (g)	4.99±0.16^{b}	4.06±0.39^{a}	3.51±0.39^{a}	3.90±0.005^{a}
Initial length (cm)	4.10±0.10^{a}	4.03±0.15^{a}	3.96±0.15^{a}	4.20±0.10^{a}
Final length (cm)	9.95±0.19^{b}	9.00±0.46^{a}	8.76±0.08^{a}	9.67±0.24^{b}
WG (g)	4.57±0.17^{b}	3.60±0.41^{a}	3.07±0.40^{a}	3.48±0.02^{a}
BWI (%)	1081.53±72.75^{b}	794.02±135.51^{a}	701.26±109.62^{a}	817.34±53.65^{a}
SGR (% /day)	11.75±0.29^{b}	10.39±0.72^{a}	9.88±0.67^{a}	10.55±0.27^{a}
CF (%)	0.51±0.02^{ab}	0.56±0.08^{b}	0.52±0.04^{ab}	0.43±0.03^{a}
SR (%)	100±0.00^{c}	86.66±6.50^{b}	92.00±5.00^{b}	56.50±1.32^{a}

Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$)

T1: Chironomid, T2: Artemia Biomass, T3: Chironomid and Artemia Biomass, and C: Dry Food

جدول ۴ بیانگر نتایج آنالیز ترکیبات بدن لارو فیل‌ماهی در پایان مدت ۲۱ روز عادت‌دهی به غذای خشک است. درصد چربی خام و رطوبت در تیمار T1 به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). بیشترین پروتئین خام در تیمارهای T3 و C مشاهده شد ($p>۰/۰۵$). محتوای پروتئین خام در تیمارهای T3 و C به طور معنی‌داری بالاتر از

گروه‌های T1 و T2 بود (p<۰/۰۵). درصد خاکستر در تیمار T1 به طور معنی‌داری نسبت به سایر گروه‌ها افزایش یافت (p<۰/۰۵) و کمترین میزان آن در شاهد مشاهده شد به‌طوری‌که با گروه‌های T2 و T1 اختلاف معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵).

جدول ۴: مقایسه ترکیب لاشه لارو فیل‌ماهی در تیمارهای تغذیه‌ای طی مدت ۲۱ روز (میانگین ± انحراف معیار؛ n=۳).

Table 4: Comparison of carcass composition of great sturgeon larvae in dietary treatments during 21 days (Mean±SD; n=3).

Parameters (%)	Dietary Treatments			
	T1	T2	T3	C
Protein	9.23±0.39[a]	9.67±0.28[a]	11.26±0.39[b]	11.44±0.44[b]
Fat	1.32±0.08[a]	1.78±0.15[b]	1.65±0.21[b]	1.77±0.16[b]
Ash	3.61±0.21[c]	2.53±0.26[b]	2.37±0.28[ab]	1.94±0.24[a]
Moisture	80.98±0.17[a]	85.00±0.28[c]	83.77±0.41[b]	84.52±0.35[c]

Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).
T1: Chironomid, T2: Artemia Biomass, T3: Chironomid and Artemia Biomass, and C: Dry Food

نتایج پروفایل اسیدهای چرب لارو فیل‌ماهی پس از تغذیه با جیره‌های مختلف در جدول ۵ ارائه شده است. تغذیه با شیرونومید و آرتمیا به صورت جداگانه و ترکیبی به طور معنی‌داری ترکیبات اسیدچرب لاشه را تحت تأثیر قرار داد (p<۰/۰۵). مقادیر C14:0 در T1 به طور معنی‌داری بالاتر از T3 و شاهد بود (p<۰/۰۵). میزان C14:1 در T3 به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت (p<۰/۰۵). پایین‌ترین درصد C18:0 در تیمار تغذیه شده با آرتمیا مشاهده شد (p<۰/۰۵). با این‌حال، مقادیر C18:3n6، C20:0، C20:3n9، C20:3n6، C20:3n3، C20:4n6، C22:5n6 و C22:6n3 اختلاف معنی‌داری را بین گروه‌های تغذیه‌ای نشان نداد (p>۰/۰۵)؛ اگرچه، مقادیر اسیدهای چرب مذکور پیش از شروع دوره تغذیه افزایش معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵). مقادیر C20:5n3 در تیمار T1 به طور معنی‌داری بالاتر سایر گروه‌های آزمایشی بود. با این‌حال، مقادیر این اسیدچرب پس از تغذیه نسبت به شروع دوره کاهش یافت (p<۰/۰۵). مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) در شاهد به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای T1 و T3 بود (p<۰/۰۵). همچنین این مقادیر پیش از شروع تغذیه به طور معنی‌داری بالاتر از شاهد و گروه T2 بود (p<۰/۰۵). مجموع اسیدهای چرب تک باند (MUFA) در T2 به طور معنی‌داری بالاتر از سایر گروه‌های آزمایشی بود و پس از تغذیه نسبت به ابتدای دوره افزایش یافت (p<۰/۰۵). مجموع اسیدهای چرب n-9 در گروه T2 از سایر تیمارها بالاتر بود (p<۰/۰۵). در ارتباط با مجموع اسیدهای چرب n-3LC-PUFA، گروه T3 کاهش معنی‌داری تنها نسبت به T1 نشان داد و پس از تغذیه در تمامی گروه‌ها کاهش یافت (p<۰/۰۵). مجموع مقادیر اسیدهای چرب EPA و DHA تنها در گروه T3 نسبت به T1 پایین‌تر بود (p<۰/۰۵). نسبت EPA/ARA در گروه T1 به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود و در ابتدای دوره نسبت به پس از تغذیه با جیره‌های مختلف کاهش معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵). نسبت EPA/DHA نیز در گروه T1 به طور معنی‌داری افزایش یافت (p<۰/۰۵)؛ اگرچه، پیش از شروع تغذیه نسبت به پس از آن افزایش معنی‌داری مشاهده شد (p<۰/۰۵).

جدول ۵: مقایسه پروفایل اسیدهای چرب لارو فیل‌ماهی در تیمارهای تغذیه‌ای طی مدت ۲۱ روز (میانگین ±انحراف معیار؛ n=۳)

Table 5: Comparison of fatty acids profile of great sturgeon larvae in dietary treatments during 21 days (Mean±SD; n=3)

Fatty Acids (%)	Dietary Treatments				
	T1	T2	T3	C	P
C14:0	2.94±0.2^{d}	2.80±0.13^{cd}	2.43±0.19^{b}	2.61±0.13^{bc}	1.15±0.10^{a}
C14:1	0.09±0.02^{a}	0.07±0.02^{a}	0.14±0.02^{b}	0.05±0.01^{a}	0.54±0.03^{c}
C15:0	0.58±0.06^{cd}	0.65±0.04^{d}	0.46±0.05^{b}	0.53±0.05^{bc}	0.25±0.02^{a}
C15:1	0.12±0.02^{c}	0.11±0.03^{c}	0.00±0.00^{a}	0.06±0.01^{b}	0.18±0.02^{d}
C16:0	20.54±0.22^{bc}	21.63±0.32^{d}	20.90±0.18^{c}	20.36±0.22^{b}	16.09±0.26a
C16:1	5.99±0.14^{b}	6.40±0.30^{c}	5.81±0.15^{b}	5.74±0.08^{b}	4.46±0.15^{a}
C17:0	0.71±0.02^{c}	0.69±0.07^{c}	0.75±0.06^{c}	0.57±0.05^{b}	0.39±0.03^{a}
C17:1	0.50±0.04^{a}	0.60±0.03^{b}	0.51±0.03^{a}	0.55±0.04^{ab}	0.85±0.05^{c}
C18:0	3.12±0.16^{b}	1.73±0.10^{a}	3.71±0.22^{c}	3.35±0.12^{bc}	9.21±0.35^{d}
C18:1(n-9)C	41.31±0.90^{b}	47.06±0.79^{d}	43.38±0.81^{c}	41.92±0.25^{d}	21.07±0.79^{c}
C18:1(n-11)C	0.23±0.05^{b}	0.45±0.06^{d}	0.33±0.06^{c}	0.45±0.06^{d}	0.00±0.00^{a}
C18:2(n-6)C	8.04±0.27^{a}	8.16±0.42^{a}	8.35±0.24^{a}	7.77±0.46^{a}	8.35±0.41^{a}
C18:3n6	0.41±0.03^{a}	0.37±0.06^{a}	0.28±0.04^{a}	0.43±0.05^{a}	6.54±0.26^{b}
C18:3n3	1.68±0.09^{c}	1.64±0.11^{c}	1.26±0.08^{a}	1.48±0.11^{b}	6.68±0.00^{d}
C20:0	0.67±0.09^{a}	0.62±0.06^{a}	0.57±0.06^{a}	0.53±0.02^{a}	1.49±0.21^{b}
C20:1	0.12±0.03^{b}	0.18±0.03^{b}	0.00±0.00^{a}	0.13±0.02^{b}	0.12±0.04^{b}
C20:2	0.88±0.06^{a}	1.26±0.09^{b}	0.87±0.05^{a}	1.10±0.17^{ab}	1.08±0.18^{ab}
C20:3n9	0.45±0.16^{a}	0.52±0.04^{a}	0.34±0.07^{a}	0.49±0.06^{a}	0.71±0.08^{b}
C20:3n6	0.17±0.04^{a}	0.23±0.03^{a}	0.12±0.03^{a}	0.17±0.03^{a}	1.53±0.20^{b}
C20:3n3	0.21±0.04^{a}	0.26±0.01^{a}	0.25±0.06^{a}	0.17±0.03^{a}	2.64±0.22^{b}
C20:4n6 (ARA)	0.11±0.04^{a}	0.12±0.03^{a}	0.10±0.03^{a}	0.12±0.03^{a}	0.66±0.09^{b}
C20:4n3	0.61±0.07^{b}	0.62±0.04^{b}	0.46±0.06^{a}	0.83±0.08^{c}	2.40±0.13^{d}
C20:5n3 (EPA)	3.19±0.33^{b}	1.99±0.21^{a}	1.69±0.17^{a}	2.09±0.27^{a}	4.65±0.18^{c}
C22:0	0.22±0.04^{b}	0.43±0.05^{d}	0.00±0.00^{a}	0.17±0.03^{b}	0.36±0.04^{c}
C22:1	0.18±0.03^{b}	0.21±0.04^{b}	0.00±0.00^{a}	0.19±0.04^{b}	0.17±0.04^{b}
C24:0	0.09±0.02^{ab}	0.07±0.03^{ab}	0.00±0.00^{a}	0.13±0.02^{b}	0.46±0.11^{c}
C22:4n6	0.26±0.05^{ab}	0.30±0.06^{b}	0.18±0.04^{a}	0.23±0.04^{ab}	0.24±0.06^{ab}
C22:5n6	0.48±0.05^{a}	0.05±0.01^{a}	0.44±0.80^{a}	0.47±0.10^{a}	2.29±0.51^{b}
C22:6n3 (DHA)	7.02±0.57^{b}	7.44±0.27^{b}	7.14±0.20^{b}	7.08±0.29^{b}	5.00±0.71^{a}
SFA	28.87±0.22^{bc}	28.62±0.41^{ab}	28.82±0.24^{bc}	28.25±0.23^{a}	29.39±0.33^{c}
MUFA	48.53±0.88^{b}	55.09±0.40^{d}	50.17±0.96^{c}	49.10±0.27^{bc}	27.40±0.84^{a}
n-9	41.76±0.88^{b}	47.58±0.83^{d}	43.72±0.87^{c}	42.40±0.30^{bc}	21.77±0.86^{a}
n-6	9.47±0.25^{a}	9.23±0.37^{a}	9.48±0.32^{a}	9.20±0.29^{a}	19.61±0.41^{b}
Σn-6 LC-PUFA	1.02±0.02^{a}	0.70±0.10^{a}	0.84±0.06^{a}	0.99±0.12^{a}	4.72±0.36^{b}
n-3	12.70±0.80^{b}	11.95±0.21^{ab}	10.79±0.10^{a}	11.65±0.17^{ab}	21.38±1.23^{c}
Σn-3LC-PUFA	11.02±0.71^{b}	10.31±0.10^{ab}	9.53±0.04^{a}	10.17±0.12^{ab}	14.70±1.23^{c}
EPA+DHA	10.21±0.82^{b}	9.43±0.07^{ab}	8.82±0.03^{a}	9.17±0.08^{ab}	9.65±0.88^{ab}
EPA/ARA	29.65±7.31^{c}	16.15±1.87^{b}	17.27±5.82^{b}	17.66±2.61^{b}	7.09±0.66^{a}
EPA/DHA	0.45±0.03^{b}	0.27±0.03^{a}	0.23±0.03^{a}	0.29±0.05^{a}	0.94±0.09^{c}

Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05)

T1: Chironomid, T2: Artemia Biomass, T3: Chironomid and Artemia Biomass, C: Dry Food, and P: Pre-trial

SFA: Saturated Fatty Acids, MUFA: Monounsaturated Fatty Acids, LC-PUFA: Long-chain Polyunsaturated Fatty Acids, EPA: Eicosapentaenoic Acid, DHA: Docosahexaenoic Acid and ARA: Arachidonic Acid

بحث

گذار از غذای زنده به غذای خشک مرحله مهمی از چرخه تغذیه بسیاری از گونه‌های ماهیان است. در این مرحله، به دلیل عدم توسعه کامل دستگاه گوارش در ترشح بسیاری از آنزیم‌ها و به‌تبع کاهش پتانسیل هضم و جذب موادغذایی نمی‌توان به طور مستقیم از غذای خشک استفاده کرد (Babaei *et al*., 2011; Gisbert *et al*., 2018). البته این مرحله وابسته به سن (زمان مناسب برای گذار)، گونه آبزی و

راهکارهای تغذیه‌ای است (Raizada *et al*., 2022). مصرف موجودات غذایی زنده به دلیل اندازه کوچک، وجود آنزیم‌های مختلف، مواد مغذی مانند اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب و ویژگی‌هایی نظیر بو و ظاهر که نقش جاذب را ایفاء می‌کنند، در شروع دوره گذار و تغذیه آغازین ماهیان به‌ویژه ماهیان خاویاری و کمک به افزایش مصرف غذا و زنده‌مانی آنها نقش تأثیرگذاری دارند (Kolman and Kapusta, 2018). در این مطالعه، طی روزهای ۱۶-۸ پس از تفریخ، لارو فیل‌ماهی ابتدا با ناپلئوس آرتمیا تغذیه شد. امروزه، استفاده از ناپلئوس آرتمیا به دلیل اندازه متناسب با دهان لارو و سهولت در دسترسی به‌تنهایی یا در ترکیب با سایر موجودات غذایی در تغذیه خارجی و آغازین لارو ماهیان رایج است (Cordeiro *et al*., 2016; Prusinska *et al*., 2020). در تحقیقی، Efatpanah و همکاران (۲۰۲۱) دریافتند که ۱۱ روز پس از تفریخ، عملکرد رشد در لارو تاس‌ماهی ایرانی تغذیه شده با ترکیبی از آرتمیا و دافنی نسبت به سایر گروه‌های تغذیه بالاتر بود و دلیل این امر را تحرک غذای زنده مصرفی و تناسب اندازه آنها با دهان لارو بیان کردند. ارتقاء رشد و زنده‌مانی پس از تغذیه با ناپلئوس آرتمیا در لارو فیل‌ماهی (Agh *et al*., 2012)، تاس‌ماهی ایرانی (Agh *et al*., 2013)، گربه‌ماهی روغنی (Pradhan *et al*., 2014)، سوف سفید (Kestemont *et al*., 2007; Ljubobratovic *et al*., 2015) و پیرانا (Ferreira *et al*., 2023) ثابت گردید. در بررسی مشابهی نیز تغذیه لارو تاسماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*) با دافنی، ناپلئوس آرتمیا به نسبت ۵۰:۵۰ سبب بهبود شاخص‌های رشد شد (Jafarian *et al*., 2013).

در مطالعه حاضر، پس از پایان دوره ۲۱ روزه، شاخص‌های رشد در گروه تغذیه شده با لارو شیرونومید بالاتر از سایر گروه‌های آزمایشی بود. مهم‌ترین شاخص در پرورش لارو نرخ زنده‌مانی است. بررسی این شاخص در گروه‌های مختلف پس از اتمام دوره ۲۱ روزه نشان داد که در گروه تغذیه شده با لارو شیرونومید مرگ‌ومیری مشاهده نشد و نرخ زنده‌مانی در این گروه دو برابر گروه تغذیه شده با غذای خشک بود. Taati و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که تغذیه با شیرونومید به دلیل وجود ترکیبات جاذب غنی از اسیدهای آمینه مانند متیونین اشتهای لارو تاس‌ماهی ایرانی را تحریک کرده و فراسنجه‌های رشد را افزایش می‌دهد. نتایج مطالعه Hamidoghli و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان‌دهنده حفظ عملکرد رشد و زنده‌مانی در لارو تاس‌ماهی ایرانی تغذیه شده با لارو شیرونومید بود و غنی‌سازی این موجود با ویتامین C می‌تواند محتوای این ویتامین را در بدن لارو افزایش دهد. علاوه‌براین، مصرف لارو شیرونومید طی روزهای ۲۱-۱۲ پس از تفریخ به دلیل افزایش وزن لارو سبب افزایش وزن نهایی و سایر شاخص‌های رشد تاس‌ماهی ایرانی شد (Efatpanah *et al*., 2021) که با نتایج مطالعه حاضر تطابق دارد. در مطالعه‌ای دیگر، پس از گذشت ۲۵ روز غذادهی، شاخص‌های رشد و زنده‌مانی فیل‌ماهی در گروه تغذیه شده با شیرونومید+غذای خشک به طور معنی‌داری بالاتر از سایر گروه‌های آزمایشی بود. افزایش زنده‌مانی در گرو کمترین میزان هم‌نوع‌خواری در این گروه نسبت به لاروهای تغذیه شده با گاماروس، گاماروس+غذای خشک و غذای خشک به‌تنهایی تحقق یافت (Mohseni *et al*., 2012). آزمایش‌های Shakourian و همکاران (۲۰۱۱) پس از تغذیه آغازین لارو تاس‌ماهی ایرانی طی ۳۵ روز با غذاهای زنده و خشک نشان داد که مصرف مخلوطی از جیره خمیری و لارو شیرونومید سبب افزایش وزن نهایی شده است. Anderson و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که یکی از موجودات زنده عمده مورد مصرف تاس‌ماهی دریاچه‌ای، لارو شیرونومید است. از آن‌جایی‌که جیره‌های مورد استفاده در ماهیان در شرایط اسارت باید تا حد زیادی مشابه رژیم غذایی موجود در محیط طبیعی آنها باشد، استفاده از شیرونومید به عنوان یک موجود غذایی زنده مفید می‌تواند نیاز تغذیه‌ای ماهیان خاویاری را در مراحل آغازین رشد به طور موثری برطرف سازد. طبق مطالعات Farabi و Ghanei Tehrani (۲۰۱۹) در استخرهای خاکی با وجود دافنی فراوان، لاروهای نورس ابتدا فقط از شیرونومید تغذیه می‌کنند و بعد از اتمام شیرونومید به سراغ دافنی و سایر غذاهای زنده می‌روند. راهکار تغذیه‌ای مرحله گذار با استفاده از انواع غذاهای زنده (آرتمیا، دافنی و شیرونومید) برای مدت طولانی در فیل‌ماهی نشان داد که نرخ زنده‌مانی در ترکیب آرتمیا+شیرونمید+غذای خشک افزایش معنی‌داری را نسبت

به سایر گروه‌های تغذیه‌ای داشت (Ghorbani Vaghei *et al*., 2023). افزایش شاخص‌های رشد مطالعه جاری در پی تغذیه جداگانه از شیرونومید نسبت به سایر جیره‌ها می‌تواند مبین همین موضوع باشد. کاهش زنده‌مانی لارو فیل‌ماهی در مطالعه حاضر پس از تغذیه کامل با غذای خشک طی ۲۱ روز در موافقت با داده‌های Agh و همکاران (۲۰۱۲) و Ghorbani Vaghei و همکاران (۲۰۲۳) در فیل‌ماهی بوده است و می‌تواند به دلیل عدم تولید آنزیم‌های گوارشی در روزهای آغازین رشد مانند پروتئاز، لیپاز و آمیلاز باشد که در تجزیه ذرات موثرند (Asgari *et al*., 2013). علاوه‌براین، استفاده مطلق از جیره‌های پودری در مراحل ابتدایی رشد، سبب کاهش دسترسی ماهیان به مواد مغذی، افزایش آلودگی آب و مسمومیت آمونیاکی می‌گردد (Yúfera and Darias, 2007). تغذیه ترکیبی غذای زنده و خشک سبب یکدست شدن لاروها می‌شود زیرا شرایط تغذیه‌ای آنها را بهبود می‌بخشد و از رقابت شدید برای گرفتن غذا و به تبع آن از رفتار هم‌نوع خواری جلوگیری می‌کند (Krol and Zieliński, 2015).

طی این تحقیق، محتوای پروتئین خام در گروه شاهد و تغذیه شده با ترکیبی از غذاهای زنده به طور معنی‌داری بالاتر از مصرف جداگانه هر یک از آنها بود. طبق مطالعات، ترکیبات شیمیایی جیره مصرفی ارتباط مستقیمی بر ترکیبات بدن دارد؛ عوامل دیگری نظیر میزان غذای روزانه، طول دوره تغذیه، سن یا چرخه رشد ماهی، عوامل فیزیکی و شیمیایی محیط آبی و نوع گونه می‌تواند مقادیر پروتئین و چربی بدن را دستخوش تغییر کنند (Révész *et al*., 2020). در این مطالعه، میزان پروتئین در بافت خشک آرتمیا بیشتر از شیرونومید بود. با وجود این، میزان پروتئین بافت در گروه تغذیه شده با ترکیب این دو بالاتر بوده که هم‌راستا با آزمایش Ghorbani Vaghei و همکاران (۲۰۲۳) درخصوص تأثیرگذاری ترکیبی ناپلئوس آرتمیا+شیرونومید+زیتوده آرتمیا در لارو فیل ماهی برای طولانی‌مدت بوده است. میزان متابولیزه شدن و جذب پروتئین در بافت بدن می‌تواند تحت تأثیر فیزیولوژی بدن، غذای مصرفی، سن و مدت زمان آزمایش قرار گیرد. کاهش میزان پروتئین در بافت گروه‌های T1 و T2 می‌تواند شامل وجود ترکیبات ضدمغذی و غیرقابل هضمی مانند کیتین در بافت سازنده آرتمیا باشند که با وجود مقادیر بالای پروتئین، جذب آن را به‌وسیله ماهی مختل می‌کند (Karlsen *et al*., 2017). با این‌حال، پس از مصرف ترکیبی بخشی از این مشکلات برطرف خواهد شد و براساس مشاهدات، دو غذای زنده در کنار یکدیگر سبب بهبود جذب و ذخیره پروتئین در بافت می‌شوند. در این راستا، Jafarian و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کردند که مصرف ترکیبی از دافنی و ناپلی آرتمیا سبب افزایش معنی‌دار پروتئین در لاشه لارو تاسماهی روسی شد. درصد چربی خام در گروه تغذیه شده با شیرونومید به طور معنی‌داری کمتر و بالاترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با آرتمیا، جیره خشک و ترکیب غذاهای زنده بود. آنها همچنین دریافتند که تغذیه با آرتمیا به‌تنهایی یا در ترکیب با دافنی سبب افزایش میزان چربی بدن تاسماهی روسی می‌شود. از سویی، Schulz و همکاران (۲۰۰۸) و Ghorbani Vaghei و همکاران (۲۰۲۳) اذعان داشتند که محتوای چربی در ماهیان سوف سفید و فیل‌ماهی تغذیه شده با شیرونومید کاهش یافت. یکی از دلایل تأثیرگذار بر میزان چربی، فعالیت آنزیم‌های گوارشی به‌ویژه لیپاز است که جذب و سوخت و ساز چربی را در بافت افزایش می‌دهد. در مطالعه حاضر، به بررسی آنزیم‌های گوارشی پرداخته نشد. برخلاف نتایج مطالعه حاضر مرتبط با کاهش میزان چربی در تیمار T1، در مطالعه Efatpanah و همکاران (۲۰۲۱) گروه تغذیه شده با شیرونومید دارای چربی بالاتری نسبت به گروه‌های تغذیه شده با آرتمیا و دافنی بود که با مطالعه Mohseni و همکاران (۲۰۱۲) در ارتباط با اثر شیرونومید بر افزایش درصد چربی لاروهای فیل‌ماهی مطابقت داشت. به رغم بالاتر بودن مقادیر چربی خام در شیرونومید نسبت به آرتمیا، علت کاهش چربی در مطالعه حاضر می‌تواند کاهش فعالیت آنزیمی در این گونه یا تفاوت در مراحل تغذیه و شرایط آزمایش باشد. همچنین پیشینه مصرف ناپلئوس آرتمیا پیش از شروع تغذیه با چهار جیره آزمایشی سبب شده است تا گروه تغذیه شده با زی‌توده آرتمیا در تبدیل اسیدهای چرب به تری‌گلسیرید به عنوان اصلی‌ترین شکل ذخیره چربی در بدن پتانسیل بیشتری نسبت به گروه تغذیه شده با شیرونومید داشته باشند (Kasper and Brown,

2003). علاوه‌براین، محتوای بالای چربی در جیره خشک نیز نقش بالایی در افزایش چربی بدن پس از تغذیه با آن می‌تواند داشته باشد. همچنین افزایش مقادیر خاکستر در گروه تغذیه شده با شیرونومید نسبت به سایر گروه‌ها هم‌سو با نتایج حاصل از مطالعه Efatpanah و همکاران (۲۰۲۱) در تاس‌ماهی ایرانی تغذیه شده با شیرونومید است. در مطالعه پیش‌رو، افزایش میزان خاکستر احتمالاً با بالاتر بودن آن در شیرونومید نسبت به آرتمیا و غذای خشک در ارتباط است.

در مطالعه کنونی، مقایسه گروه‌های مختلف تغذیه‌ای بیانگر اثرگذاری اسیدهای چرب جیره‌ها بر ترکیب اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع لاشه فیل‌ماهی طی ۲۱ روز تغذیه مختلط بود. مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) و اسیدهای چرب تک زنجیره (MUFA) به‌ترتیب در گروه‌های تغذیه شده با شیرونومید و آرتمیا به طور معنی‌داری بالاتر از سایر گروه‌های آزمایشی بود که با نتایج مطالعه Efatpanah و همکاران (۲۰۲۱) (آرتمیا+دافنی و شیرونومید) و Ghorbani Vaghaei و همکاران (۲۰۲۳) (ناپلئوس آرتمیا+شیرونومید+زیتوده آرتمیا) مطابقت نداشت. بروز اختلاف در نتایج می‌تواند با نوع گونه و شرایط آزمایشی در ارتباط باشد. علاوه‌براین، سن ماهیان و ترکیبات جیره می‌توانند بر ذخیره اسیدهای چرب در بدن تأثیر بگذارند (Ebm *et al*., 2021). کاهش محتوای اسیدچرب از زمان تغذیه خارجی (۸ روز پس از تفریخ) تا انتهای عادت‌دهی به جیره خشک (۲۱ روز پس از تفریخ) می‌تواند به دلیل مصرف اسیدهای چرب جهت کسب انرژی برای رشد و نمو باشد. از سویی، برخی از اسیدهای چرب نقش موثری در ساختار غشاء زیستی دارند (Reis *et al*., 2021). کاهش محسوس اسیدآراشیدونیک بعد از تغذیه مختلط می‌تواند به‌علت نقش مهم این اسیدچرب در تولید پروستاگلاندین‌ها در طول تکامل باشد (Lund *et al*., 2008). براساس مطالعه Ebrahimi (۲۰۰۴) مقادیر اسیدهای چرب بلند زنجیره از مرحله جنینی تا لاروی ماهیان خاویاری بر اثر خصوصیات فیزیولوژیک و عوامل محیطی مختلف تغییر می‌کند. در مواردی مانند اسیدهای چرب MUFA، امگا-۹ و یا DHA نیز تغذیه با شیرونومید و آرتمیا سبب افزایش محتوای آنها در بافت نسبت به ابتدای دوره شد که ممکن است در طول زمان دچار تغییر شوند. در مطالعه حاضر، نسبت EPA/ARA و نسبت EPA/DHA نیز در گروه T1 به طور معنی‌داری افزایش یافت. مقادیر بالای EPA در لاشه گروه تغذیه شده با شیرونومید می‌تواند با افزایش زنده‌مانی و موفقیت در گذار به غذای خشک در این گروه مرتبط باشد (Makhutova *et al*., 2017). Efatpanah و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند در لاروهایی که با استفاده از شیرونومید تغذیه شده بودند، نسبت EPA/DHA، تبدیل اسیدهای چرب غیراشباع کوتاه زنجیره به بلند زنجیره افزایش یافت که هم‌سو با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد. در اکثر موارد نیز مقادیر اسیدچرب در لاشه ماهیان نسبت مقادیر جیره‌ها بالاتر بود که با نتایج مطالعات در مورد گونه‌های مختلف ماهیان مانند فیل‌ماهی (Hosseini *et al*., 2010)، تاس‌ماهی سفید (*Acipenser transmontanus*) (Deng *et al*., 1998) و تاس‌ماهی روسی (Şener *et al*., 2005) هم‌سو بود. افزایش میزان DHA در تمامی گروه‌های غذایی نسبت به ابتدای دوره می‌تواند بیانگر انتخاب این اسیدچرب غیراشباع برای جایگزینی در بدن از طریق طویل‌سازی و توانایی ذخیره اسیدچرب ضروری در لارو فیل‌ماهی باشد. به طور کلی، استفاده از شیرونومید در تغذیه لارو فیل‌ماهی جهت عادت‌هی به غذای خشک می‌تواند سبب افزایش نسبت EPA/ARA و نسبت EPA/DHA و تبدیل اسیدهای چرب غیراشباع به انواع زنجیره بلند شود که در حفظ بقاء و رشد این گونه مؤثر خواهد بود.

در مجموع، مصرف شیرونومید به تنهایی در جهت عادت‌دهی لارو فیل‌ماهی طی ۲۱ روز به غذای خشک، به دلیل نقش اثرگذار بر رشد، تضمین زنده‌مانی، بهبود ترکیبات بدن و اسیدهای چرب ضروری توصیه می‌شود. با توجه به این‌که هزینه غذای زنده از غذای خشک بیشتر است، عادت‌پذیری لاروها در مدت زمان کوتاه می‌تواند در کاهش هزینه غذا مؤثر باشد.

منابع

Adeli, A. and Namdar, M., 2015. The Iranian caviar and its substitutes in the world market. *Ecopersia*, 3:933-944.

Agh, N., Noori, F. and Makhdom, N.M., 2012. First feeding strategy for hatchery produced Beluga sturgeon, *Huso huso* larvae. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 11(4):713-723.

Agh, N., Asgari, R. and Noori, F., 2013. Optimizing the co-feeding strategy of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) larvae using *Artemia* nauplii and formulated diet. *Internatational Journal of Aquatic Biology*, 1:158-166. DOI:10.22034/ijab.v1i4.67

Anderson, T.J., Stelzer, R.S., Drecktrah, H.G. and Eggert, S.L., 2012. Secondary production of Chironomidae in a large eutrophic lake: implications for lake sturgeon production. *Freshwater Science*, 31:365-378.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists)., 2016. Official Methods of Analysis. 20th Edition, the Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.3172P.

Asgari, R., Rafiee, Gh., Eagdei, S., Noori, F., Agh, N., Pourbagher, H. and Gisbert, E., 2013. Ontogeny of the digestive enzyme activities in hatchery produced beluga (*Huso huso*). *Aquaculture*, 416:33-40. DOI:10.1016/j.aquaculture.2013.08.014

Babaei, S.S., Kenari, A.A., Nazari, R. and Gisbert, E., 2011. Developmental changes of digestive enzymes in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) during larval ontogeny. *Aquaculture*, 318:138-144. DOI:10.1016/j.aquaculture.2011.04.032

Chebanov, M. and Galich, A., 2013. Sturgeon Hatchery Manual. FAO Fisheries and Aquaculture Technical No.558. Ankara. 303P.

Cordeiro, N.I.S., Costa, D.C., Silva, W.S., Takata, R., Miranda-Filho, K.C. and Luz, R.K., 2016. High stocking density during larviculture and effect of size and diet on production of juvenile *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes: Pseudopimelodidae). *Journal of Applied Ichthyology*, 32(1):61-66. DOI:10.1111/jai.12963

Deng, D.F., Hung, S.S. and Conklin, D.E., 1998. Lipids and fatty acids: White sturgeon (*Acipenser transmontanus*) require both n-3 and n-6 fatty acids. *Aquaculture*, 161:333-335. DOI:10.1016/S0044-8486(97)00280-9

Ebm, N., Guo, F., Brett, M.T., Bunn, S.E. and Kainz, M.J., 2021. Polyunsaturated fatty acids in fish tissues more closely resemble algal than terrestrial diet sources. *Hydrobiologia*, 848:371-383. DOI:10.1007/s10750-020-04445-1

Ebrahimi, A., 2004. The effect of different amounts of protein and fat on growth indices and chemical composition of juvenile beluga carcasses (*Huso huso*) and Persian sturgeon (*Acipenser percicus*). Dissertation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Faculty of Fisheries and Environment, 113P. (In Persian)

Efatpanah, I., Falahatkar, B., Sajjadi, M.M. and Monsef Shokri, M., 2021. Initial feeding of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) with various live foods on growth parameters, survival, carcass analysis and fatty acids profile in adaptation to artificia feed using chironomide. *Journal of Fisheries*, 74(1):119-137. DOI:10.22059/jfisheries.2021.315468.1215. (In Persian)

Farabi, S.M.V and Ghanei Tehrani, M., 2019. Sturgeon fish culture from the larval stage to a weight of more than 20 g by feeding live

juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41:471-489. DOI:10.1111/anu.13086

Jafarian, H.O., Jafarian, S. and Makhtomi, N., 2013. The use of *Daphnia magna* and *Artemia* nauplii in the early feeding of *Acipenser guldenstaedtii* Brandt and Ratzeburg, 1833 larvae. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 1(2):69-82.

Karlsen, Ø., Amlund, H., Berg, A. and 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*, 48:123-133. DOI:10.1111/are.12867

Kasper, C.S. and Brown, P.B., 2003. Growth improved in juvenile Nile tilapia fed phosphatidylcholine. *North American Journal of Aquaculture*, 65:39-43. DOI:10.1577/1548-8454(2003)065<0039: GIIJNT>2.0.CO;2

Kestemont, P., Xueliang, X., Hamza, N., Maboudou, J. and ImorouToko, I., 2007. Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. *Aquaculture*, 264:194-204. DOI:10.1016/j.aquaculture.2006.12.034

Kolman, R. and Kapusta, A., 2018. Food characteristics and feeding management on sturgeon with a special focus on the Siberian sturgeon. In: Williot P, Nonnotte G. and Chebanov M., (Eds) The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869), Vol. 2. Farming. Springer press. Cham, Switzerland, pp. 75-84.

Krol, J. and 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.

Laczynska, B., Siddique, M.A.M., Ziomek, E., Shelton, W.L. and Fopp-Bayat, D., 2020. food in the earth ponds. *Sturgeon Fish Scientific & Extensional Journal*, 1(2):17-28. (In Persian)

Ferreira, A.L., Dos Santos, F.A.C., Bonifácio, C.T. and Luz, R.K., 2023. Effects of live prey concentration, salinity, and weaning age on larviculture of *Piaractus brachypomus* reared in a recirculating aquaculture system. *Tropical Animal Health and Production*, 55:99-111. DOI:10.1007/s11250-023-03514-6

Ghorbani Vaghei, R., Yousefi Jourdehi, A., Pajand, Z.O., Monsef Shokri, M. and Mohseni, M., 2023. Effects of different feeding regimes on growth performance, survival rate, carcass composition, fatty acids profile, and digestive enzyme activities of great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) larvae. *Aquaculture Research*, 2023:1-14. DOI:10.1155/2023/9936622

Gisbert, E., Solovyev, M., Bonpunt, E. and Mauduit, C., 2018. Weaning in Siberian sturgeon larvae. In: Williot, P., Nonnotte, G. and Chebanov M., (Eds) The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869), Vol. 2. Farming. Springer press. Cham, Switzerland. pp 59-72.

Hamidoghli, A., Falahatkar, B., Khoshkholgh, M. and Sahragard, A., 2014. Production and enrichment of chironomid larva with different levels of vitamin C and effects on performance of Persian sturgeon larvae. *North American Journal of Aquaculture*, 76: 289-295. DOI:10.1080/15222055.2014.911224

Hosseini, S.M., Abedian Kenari, A., Regenstein, J., Rezaei, M., Nazari, R.M., Moghaddasi, M., Kaboli, S.A. and Grrant, A., 2010. Effects of alternative dietary lipid sources on growth performance and fatty acid composition of beluga sturgeon, *Huso huso*,

Early weaning effects on survival, growth, and histopathology of larval sterlet *Acipenser ruthenus*. *North American Journal of Aquaculture*, 82:181–189. DOI:10.1002/naaq.10141

Ljubobratovic, U., Kucska, B., Feledi, T., Poleksić, V., Marković, Z., Lenhardt, M., Peteri, A., Shivendra Kumar, S.H. and Rónyai, A., 2015. Effects of weaning strategies on growth and survival of pikeperch, *Sander lucioperca*, larvae. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15:325–331. DOI:10.4194/1303-2712-v15_2_15

Lund, I., Steenfeldt, S.J., Banta, G. and Hansen, B.W., 2008. The influence of dietary concentrations of arachidonic acid and eicosapentaenoic acid at various stages of larval ontogeny on eye migration, pigmentation and prostaglandin content of common sole larvae (*Solea solea* L.). *Aquaculture*, 276:143-153. DOI:10.1016/j.aquaculture.2008.01.004

Makhutova, O.N., Borisova, E.V., Shulepina, S.P. and Kolmakova, A.A., 2017. Fatty acid composition and content in chironomid species at various life stages dominating in a saline Siberian Lake. *Contemporary Problems of Ecology*, 10: 230-239. DOI:10.1134/S1995425517030064

Mohseni, M., Pourkazemi, M., Hassani, S., Okorie, O.E., Min, T.S. and 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*, 11:118-131.

Nieves-Soto, M., Lozano-Huerta, R., Lopez-Peraza, D., Medina-Jasso, M., Hurtado-Oliva, M. and Bermudes-Lizarrga, J., 2021. Effect of the enrichment time with the tuna orbital oil emulsion on the fatty acids profile of juveniles of *Artemia franciscana*. *Aquaculture and Fisheries*, 6:69-74. DOI:10.1016/j.aaf.2020.03.008

Phelps, R.P., 2010. Recent advances in fish hatchery management. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39:95-101. DOI:10.1590/S1516-35982010001300011

Pradhan, P.K., Jena, J., Mitra, G., Sood, N. and Gisbert, E., 2014. Effects of different weaning strategies on survival, growth and digestive system development in butter catfish *Ompok bimaculatus* (Bloch) larvae. *Aquaculture*, 424–425:120-130. DOI:10.1016/j.aquaculture.2013.12.041

Prusinska, M., Nowosad, J., Jarmołowicz, S., Mikiewicz, M., Duda, A., Wiszniewski, G., Sikora, M., Biegaj, M., Samselska, A., Rutkowska, M.A., Targonska, K., Otrocka-Domagala, I. and Kucharczyk, D., 2020. Effect of feeding barbel larvae (*Barbus barbus* (L.1758) *Artemia* sp. nauplii enriched with PUFAs on their growth and survival rate, blood composition, alimentary tract histological structure and body chemical composition. *Aquaculture Reports*, 18:e100492. DOI:10.1016/j. aqrep. 2020.100492

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

Raizada, S., Rawat, A., Srivastava, P.P. and Lal, K.K., 2022. Cannibalism mitigation in striped murrel, *Channa striata*, with hatchery seed weaned on pellet diet: A review. *Reviews in Aquaculture*, 14(3):1213-1233. http://doi.org/ 10.1111/raq.12646

Reis, D.B., Pérez, J.A., Hamre, K., Acosta, N. G., Norberg, B., Harboe, T., and

Rodríguez, C., 2021. The lipid metabolism of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*, L.) larvae determined by 14C *in vivo* incubations. *Aquaculture*, 540: 736733. DOI:10.1016/j.aquaculture.2021.736733

Révész, N., Kumar, S., Bogevik, A.S., Fazekas, G., Jeney, Z., Hegyi, Á. and 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*, 51:828-835. DOI:10.1111/are.14432

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

Schulz, C., Huber, M., Ogunji, J. and Rennert, B., 2008. Effects of varying dietary protein to lipid ratios on growth performance and body composition of juvenile pike perch (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Nutrition*, 14: 166-173. DOI:10.1111/j.1365-2095.2007.00516.x

Şener, E., Yildiz, M. and Savaş, E., 2005. Effects of dietary lipids on growth and fatty acid composition in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) juveniles. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29:1101-1107.

Shakourian, M., Pourkazemi, M., Sadati, M.A.Y., Hassani, M.H.S., Pourali, H.R. and Arshad, U., 2011. Effects of replacing live food with formulated diets on growth and survival rates in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) larvae. *Journal of Applied Ichthyology*, 27:771-774. DOI:10.1111/j.1439-0426.2010.01632.x

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

Taati, R., Pourali Fashtami, H.R. and Sharifi Ardehjani, H., 2018. Comparison of the effects of nutrient sorbents of farmed chironomidea extract and the amino acid methionine on growth, survival and carcass composition of Persian sturgeon. *Marine Biology*, 10(3):21-28. (In Persian).

Torfi Mozanzadeh, M., Nafisi Bahabadi, M., Morshedi, V. Azodi, M., Naser Agh, N. and Gisbert, E. 2021. Weaning strategies affect larval performance in yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*). *Aquaculture*, 539:736673. DOI:10.1016/j.aquaculture.2021.736673

Vingering, N. and Ledoux, M., 2009. Use of Bpx-70 60 m GC column for screening the fatty acid composition of industrial cookies. *The European Journal of Lipid Science and Technology*, 111:669-677. DOI:10.1002/ejlt.200800289

Yúfera, M. and Darias, M.J., 2007. The onset of exogenous feeding in marine fish larvae. *Aquaculture*, 268:53-63. DOI:10.1016/j.aquaculture.2007.04.050

Effects of short-term adaptation of weaning strategies on growth performance, survival rate, carcass composition, and fatty acids profile of great sturgeon (*Huso huso*) larvae

Pajand Z.O.[1*]; Taati R.[2]; Mohseni M.[1]; Abdolhay H.A.[3]; Ghorbani Vaghei, R.[1]; Khodkhah Z.[2]

*zpajand@gmail.com

1- International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
2- Department of Fisheries, Talesh Branch, Islamic Azad University, Talesh, Iran
3- Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of feeding with different types of live feeds on growth performance, survival rate, body composition, and fatty acids profile of great sturgeon (*Huso huso*) larvae during short-time weaning to dry feed. A total of 1200 great sturgeon larvae with a mean initial weight of 0.43±0.01g were distributed randomly into twelve 80-L circular fiberglass tanks (100 larvae per tank) with three replicates. Afterward, the fish were fed with frozen chironomid larvae (T1), frozen *Artemia* biomass (T2), and a combination of them (T3). The control group © received only a commercial dry feed (0.5 mm: protein 55.59%, lipid 21.12%, ash 11.76%, and moisture 7.96%) throughout the feeding trial. For weaning, the live feed was reduced by 15% every two days, and the dry feed ratio was also gradually increased. According to the results, the final weight (4.99±0.16g), weight gain (4.57±0.17g), body weight increase (1081.53±72.75%), and specific growth rate (11.75±0.29%/day) were significantly higher in T1 than in other groups ($p<0.05$). The survival rate (56.50±1.32%) significantly decreased in the control group © ($p<0.05$); however, no mortality was observed in the group fed chironomid larvae ($p<0.05$). The crude lipid (1.32±0.08%) and moisture (80.98±0.17%) levels of T1 were higher than other groups, and the crude protein content was significantly higher in T3 (11.26±0.39%) and C (11.44±0.44%) than T1 (9.23±0.39%) and T2 (9.67±0.28%) groups ($p<0.05$). There was a significant decrease in total n-3 LC-PUFA fatty acids (9.53±0.04%) in T3 than in T1 (11.02±071%) ($p<0.05$). The EPA/DHA ratio in T1 was significantly higher (0.45±0.03%) than other treatments ($p<0.05$). Consequently, the administration of frozen chironomid larvae is recommended during a 21-day adaptation period of great sturgeon larvae to the dry feed, due to the optimizing effects on growth indices, survival, and fatty acid contents.

Keywords: Co-feeding, Feeding strategy, Artemia biomass, Chironomid, Beluga

*Corresponding author