



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 پزند*^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 پذیرش: بهمن ۱۴۰۲

تاریخ دریافت: دی 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 فیل ماهی (*Huso huso*) است. تعداد ۱۲۰۰ لارو فیل ماهی با میانگین وزن اولیه 0.43 ± 0.01 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 (4.99 ± 0.16 گرم)، وزن کسب شده (4.57 ± 0.17 گرم)، افزایش وزن بدن ($10.81/53 \pm 72/75$ درصد) و نرخ رشد ویژه (11.75 ± 0.29 درصد/روز) در T1 به طور معنی‌داری بالاتر از سایر گروه‌های آزمایشی بود ($p < 0.05$). نرخ زنده‌مانی در گروه (C) (56.1 ± 50.32 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 (1.32 ± 0.08 درصد) و رطوبت (80.0 ± 98.17 درصد) در T1 به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها و محتوای پروتئین خام در T3 (11.0 ± 26.39 درصد) و C (11.0 ± 44.44 درصد) به طور معنی‌داری بالاتر از گروه‌های T1 (9.0 ± 23.39 درصد) و T2 (9.0 ± 67.28 درصد) بود ($p < 0.05$). گروه T3، کاهش معنی‌داری در ارتباط با مجموع اسیدهای چرب n-3 LC-PUFA (9.0 ± 53.04 درصد) نسبت به T1 (11.0 ± 2.71 درصد) نشان داد ($p < 0.05$). نسبت EPA/DHA نیز در گروه T1 به طور معنی‌داری بالاتر (0.45 ± 0.03 درصد) از سایر تیمارها بود ($p < 0.05$). براساس نتایج به دست آمده، استفاده از لارو منجمد شیرونومید به دلیل بهبود شاخص‌های رشد، زنده‌مانی و ترکیبات اسید چرب جهت سازگاری لارو فیل ماهی با غذای خشک طی ۲۱ روز توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: تغذیه مختلط، راهبرد غذایی، زی‌توده آرتمیا، شیرونومید، فیل ماهی

*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 آبی‌پروری 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 به طوری که میزان مرگ‌ومیر طی این دوره به ۸۰ درصد می‌رسد (Asgari et al., 2013). در نتیجه، فراهم آوردن جیره مناسب به نحوی که 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 آبی‌پروری 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 بقا در لارو می‌شود (Samat et al., 2020). ناپلئوس آرتمیا در صنعت آبی‌پروری به عنوان منبع غذایی منحصربه‌فرد در مرحله لاروی آبی‌زبان شناخته می‌شود؛ اما مقادیر اسیدهای چرب ضروری مانند اسید ایکوزاپنتانویک (EPA) و اسید دوکوزاهگزانویک (DHA) با کمبود روبه‌روست (Nieves-Soto et al., 2021). لارو شیرونومید نیز به عنوان یک غذای با ارزش در آبی‌پروری استفاده می‌شود. این غذای زنده به دلیل مقادیر بالای پروتئین و حضور اسیدهای آمینه ضروری، به عنوان غذایی مناسب برای اغلب ماهیان به خصوص 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،

مواد و روش کار

محل انجام آزمایش و نحوه پرورش

ابتدا، لاروهای فیلم ماهی حاصل از تکثیر مصنوعی یک قطعه مولد فیلم ماهی 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 غذایی ۶ صبح) غذایی 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 گوارکوپر 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 فیلم ماهی (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

شده با ناپلئوس آرتمیا، به طور تصادفی در ۱۲ مخزن گرد پلاستیکی (قطر ۶۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر، حجم آبیگری ۸۰ لیتر و ارتفاع آبیگری ۳۰ سانتی‌متر) با تراکم ۱۰۰ لارو در هر مخزن توزیع شدند. تیمارهای غذایی در

زمان شروع مرحله گذار، طول مدت آزمایش و... را در گونه‌های فیلم ماهی (Agh et al., 2012; Mohseni et al., 2012; Ghorbani Vaghei et al., 2023) تاس ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) (Agh et al., 2013;) (*Ompok bimaculatus*) (Efatpanah et al., 2021)، گربه ماهی روغنی (*Pradhan et al., 2014*)، سوف سفید (*Sander lucioperca*) (Kestemont et al., 2007;) (*Acipenser ruthenus*) (Lacynska et al., 2020)، شانک زرد باله (*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 فیلم ماهی انجام نپذیرفته است. لذا، هدف اصلی تحقیق حاضر، ارزیابی عملکرد رشد، نرخ زنده‌مانی، ترکیب شیمیایی لاشه و پروفایل اسیدهای چرب لارو فیلم ماهی پس از تغذیه با انواع غذاهای زنده (شیرونومید و زیتوده آرتمیا) در راستای عادت‌پذیری کوتاه‌مدت به غذای خشک است.

طراحی آزمایش

این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی متعادل و در چهار تیمار آزمایشی با سه تکرار انجام شد. تعداد ۱۲۰۰ لارو فیلم ماهی (با میانگین وزنی ۰/۴۳±۰/۰۱ گرم) عادت‌دهی

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 به ترتیب برابر با $17/80 \pm 0/15$ درجه سانتی‌گراد، $9/0 \pm 0/5$ میلی‌گرم در لیتر و $7/46 \pm 0/05$ بودند.

جدول ۲ ارائه شده‌اند. در تیمارهای T1، T2، T3، ماهیان به ترتیب 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 به ترتیب ۵۰ درصد و

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

دقت میلی‌گرم و خط‌کش مدرج با دقت میلی‌متر صورت گرفت. شاخص‌های رشد براساس معادلات ذیل محاسبه شدند:

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

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

Body Weight Increase (BWI) (%) = $[WG\ (g) / W_1\ (g)] \times 100$

Specific Growth Rate (SGR) (%/day) = $100 \times [LnW_2\ (g) - LnW_1\ (g)] / t\ (days)$

Condition Factor (CF) = $100 \times (W_2 / L_2^3)$

Survival Rate (SR) (%) = $100 \times (Survived\ fish / Initial\ fish)$

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

نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار 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 ($p < 0.05$) و بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0.05$). طول کل نهایی در تیمار T1 و شاهد (C) به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($p < 0.05$). بیشترین و کمترین میزان ضریب چاقی به ترتیب در تیمارهای T2 و C مشاهده شد که این دو تیمار به رغم اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ($p < 0.05$)، با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p > 0.05$). نرخ زنده‌مانی در تیمار T1 بالاتر ($p < 0.05$) از سایر تیمارها بود و بین گروه‌های T2 و T3 از این نظر اختلافی مشاهده نشد ($p > 0.05$). همچنین نرخ زنده‌مانی در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p < 0.05$).

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 تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نتایج به صورت میانگین \pm 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.

جدول ۳: مقایسه شاخص‌های رشد لارو فیل‌ماهی در تیمارهای تغذیه‌ای طی مدت ۲۱ روز (میانگین \pm انحراف معیار؛ $n=3$)

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

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

سایر تیمارها بود ($p < 0.05$). بیشترین پروتئین خام در تیمارهای T3 و C مشاهده شد ($p > 0.05$). محتوای پروتئین خام در تیمارهای T3 و C به طور معنی‌داری بالاتر از

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

گروه‌های T1 و T2 بود ($p < 0.05$). درصد خاکستر در تیمار T1 به طور معنی‌داری نسبت به سایر گروه‌ها افزایش یافت ($p < 0.05$) و کمترین میزان آن در شاهد مشاهده شد.

جدول ۴: مقایسه ترکیب لاشه لارو فیل‌ماهی در تیمارهای تغذیه‌ای طی مدت ۲۱ روز (میانگین \pm انحراف معیار؛ $n=3$).

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

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

پس از تغذیه نسبت به ابتدای دوره افزایش یافت ($p < 0.05$). مجموع اسیدهای چرب n-9 در گروه T2 از سایر تیمارها بالاتر بود ($p < 0.05$). 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 ($p < 0.05$). مجموع مقادیر اسیدهای چرب EPA و DHA تنها در گروه T3 نسبت به T1 پایین‌تر بود ($p < 0.05$). 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 ($p < 0.05$). نسبت EPA/DHA نیز در گروه T1 به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$); اگرچه، پیش از شروع تغذیه نسبت به پس از آن افزایش معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0.05$).

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 ($p < 0.05$). مقادیر C14:0 در T1 به طور معنی‌داری بالاتر از T3 و شاهد بود ($p < 0.05$). میزان C14:1 در T3 به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت ($p < 0.05$). پایین‌ترین درصد C18:0 در تیمار تغذیه شده با آرتمیا مشاهده شد ($p < 0.05$). با این‌حال، مقادیر C18:3n6، C20:4n6، C20:3n3، C20:3n6، C20:3n9، C20:0، C22:5n6 و C22:6n3 اختلاف معنی‌داری را بین گروه‌های تغذیه‌ای نشان نداد ($p > 0.05$); اگرچه، مقادیر اسیدهای چرب مذکور پیش از شروع دوره تغذیه افزایش معنی‌داری داشت ($p < 0.05$). 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 ($p < 0.05$). مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) در شاهد به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای T1 و T3 بود ($p < 0.05$). همچنین این مقادیر پیش از شروع تغذیه به طور معنی‌داری بالاتر از شاهد و گروه T2 بود ($p < 0.05$). مجموع اسیدهای چرب تک باند (MUFA) در T2 به طور معنی‌داری بالاتر از سایر گروه‌های آزمایشی بود و

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

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

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

آنزیم‌ها و به تبع کاهش پتانسیل هضم و جذب مواد غذایی 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 آبی و

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

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. علاوه بر این، مصرف لارو شیرونومید طی روزهای ۲۱-۱۲ پس از تفریح 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 گروه 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 آنجایی که 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 نارس 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+شیرونومید+غذای خشک افزایش معنی‌داری را نسبت

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 تفریح، 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 تفریح، 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) و پیرانا (Ljubobratovic *et al.*, 2015) 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

وجود ترکیبات ضد مغذی و غیر قابل هضمی مانند کیتین در بافت سازنده آرتمیا باشند که با وجود مقادیر بالای پروتئین، جذب آن را به وسیله ماهی مختل می کند (Karlsen *et al.*, 2017). با این حال، 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 می شوند. در این راستا، Jafarian و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کردند که مصرف ترکیبی از دافنی و ناپلی آرتمیا سبب افزایش معنی دار پروتئین در لاشه لارو تاسماهی روسی شد. درصد چربی خام در گروه تغذیه شده با شیرونومید به طور معنی داری 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 به تنهایی یا در ترکیب با دافنی سبب افزایش میزان چربی بدن تاسماهی روسی می شود. از سوی، Schulz و همکاران (۲۰۰۸) و Ghorbani Vaghei و همکاران (۲۰۲۳) اذعان داشتند که محتوای چربی در ماهیان سوف سفید و فیل ماهی تغذیه شده با شیرونومید کاهش یافت. یکی از دلایل تأثیرگذار بر میزان چربی، فعالیت آنزیم های گوارشی به ویژه لیپاز است که جذب و سوخت و ساز چربی را در بافت افزایش می دهد. در مطالعه حاضر، به بررسی آنزیم های 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 گروه های تغذیه شده با آرتمیا و دافنی بود که با مطالعه Mohseni و همکاران (۲۰۱۲) در ارتباط با اثر شیرونومید بر افزایش درصد چربی لاروهای فیل ماهی مطابقت داشت. به رغم بالاتر بودن مقادیر چربی خام در شیرونومید نسبت به آرتمیا، علت کاهش چربی در مطالعه حاضر می تواند 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 زی توده آرتمیا در تبدیل اسیدهای چرب به تری گلسیرید به عنوان اصلی ترین شکل ذخیره چربی در بدن پتانسیل بیشتری نسبت به گروه تغذیه شده با شیرونومید داشته باشند (Kasper and Brown, 2020).

به سایر گروه های تغذیه ای داشت (Ghorbani Vaghei *et al.*, 2023). افزایش شاخص های رشد مطالعه جاری در پی تغذیه جداگانه از شیرونومید نسبت به سایر جیره ها می تواند مبین همین موضوع باشد. کاهش زنده مانگی لارو فیل ماهی در مطالعه حاضر پس از تغذیه کامل با غذای خشک طی ۲۱ روز در موافقت با داده های Agh و همکاران (۲۰۱۲) و Ghorbani Vaghei و همکاران (۲۰۲۳) در فیل ماهی بوده است و می تواند به دلیل عدم تولید آنزیم های گوارشی در روزهای آغازین رشد مانند پروتئاز، لیپاز و آمیلاز باشد که در تجزیه ذرات موثرند (Asgari *et al.*, 2013). علاوه بر این، استفاده مطلق از جیره های پودری در مراحل ابتدایی رشد، سبب کاهش دسترسی ماهیان به مواد مغذی، افزایش آلودگی آب و مسمومیت آمونیاکی می گردد (Yúfera and Darias, 2007). تغذیه ترکیبی غذای زنده و خشک سبب یکدست شدن لاروها می شود زیرا شرایط تغذیه ای آنها را بهبود می بخشد و از رقابت شدید برای گرفتن غذا و به تبع آن از رفتار هم نوع خواری جلوگیری می کند (Krol and Zieliński, 2015).

طی این تحقیق، محتوای پروتئین خام در گروه شاهد و تغذیه شده با ترکیبی از غذاهای زنده به طور معنی داری 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 می تواند 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 هم راستا با آزمایش Ghorbani Vaghei و همکاران (۲۰۲۳) در خصوص تأثیرگذاری ترکیبی ناپلئوس آرتمیا+شیرونومید+زیتوده آرتمیا در لارو فیل ماهی برای طولانی مدت بوده است. میزان متابولیزه شدن و جذب پروتئین در بافت بدن می تواند تحت تأثیر فیزیولوژی بدن، غذای مصرفی، سن و مدت زمان آزمایش قرار گیرد. کاهش میزان پروتئین در بافت گروه های T1 و T2 می تواند شامل

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 عادت‌دهی 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.

(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) به ترتیب 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 به علت نقش مهم این اسیدچرب در تولید پروستاگلاندین‌ها در طول تکامل باشد (Lund et al., 2008). 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

- 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 persicus*). 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 artificial 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
- 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. *International 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.

- 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*, 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:GIJNT>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.**

- 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., Steinfeldt, 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-Lizarraga, 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., Jarmolowicz, S., Mikiewicz, M., Duda, A., Wiszniewski, G., Sikora, M., Biegaj, M., Samselska, A., Rutkowska, M.A., Targonska, K., Otrrocka-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. *AAFL 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; Khodkhal 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 ± 0.01 g 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 ± 0.16 g), weight gain (4.57 ± 0.17 g), body weight increase ($1081.53 \pm 72.75\%$), and specific growth rate ($11.75 \pm 0.29\%$ /day) were significantly higher in T1 than in other groups ($p < 0.05$). The survival rate ($56.50 \pm 1.32\%$) 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 ($1.32 \pm 0.08\%$) and moisture ($80.98 \pm 0.17\%$) levels of T1 were higher than other groups, and the crude protein content was significantly higher in T3 ($11.26 \pm 0.39\%$) and C ($11.44 \pm 0.44\%$) than T1 ($9.23 \pm 0.39\%$) and T2 ($9.67 \pm 0.28\%$) groups ($p < 0.05$). There was a significant decrease in total n-3 LC-PUFA fatty acids ($9.53 \pm 0.04\%$) in T3 than in T1 ($11.02 \pm 0.71\%$) ($p < 0.05$). The EPA/DHA ratio in T1 was significantly higher ($0.45 \pm 0.03\%$) 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