**Journal of Aquaculture Development**
**Vol. 20, No. 2, 2026, Pages: 43-64**
**DOI:10.71901/jad-2026-1-896**

**RESEARCH PAPER** **OPEN ACCESS**

# The effect different methods of adaptation to artificial food on growth indices, survival rate and amino acid profile Stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) larvae

**Ali Naghi Sarpanah,[1*] Zabihollah Pajand[1], Omid Hashemi [2], , Hossein Ali Abdolhay[3], Tooraj Sohrabi[1], Mahmoud Mohseni[1] , Mir Hamed Seyed Hassani[1*], Maryam Monsef Shokri[1], Reza Ghorbani Vaghei[1], Sajjad Ghasemian[1], Hooshang Yeganeh[1]**

1- International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
2- Gwar kavir Aria Company, Rafsanjan. Kerman
3- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

**Received: 22 March 2025** **Accepted: 31 June 2025**

**Extended Abstract:**

**Introduction:** Many marine fish and sturgeon larvae lack certain protein and lipid digestive enzymes when switching from live to dry food, resulting in deformities and widespread mortality. Adaptation to dry food in larvae involves more than just substituting dry food for live food in the early stages. This method involves a step-by-step shift, starting with various live foods (typically zooplankton), then gradually decreasing their presence, and ultimately substituting them with dry food, which impacts the larvae's physiology and digestion. Food type and feeding strategy can have a significant influence on larvae growth and amino acid composition, which indirectly effects on fry survival and health, respectively. So, a variety of gradual adaptation strategies from live food to dry food have been proposed. Agh *et al*. (2013) were proposed a gradual feeding strategies Artemia nauplius to dry food that this way gradual adaptation was applied by Artemia reducing and dry food increasing on 5 to 7 days, and a combination of artemia and dry food from first feeding that proposed a strategy of gradual adaptation by mixture of live and planned food for larvae *Huso huso*, respectively. Dediu *et al*. (2011) investigated about effect of three feeding methods: formulated diet (100%), a combination of formulated diet and live food (50+50) and live food (100%: containing 75% tubifex and 25% daphnia) on the survival rate and growth indices of *Acipenser gueldenstaedtii* larvae and stated that growth indices of larvae 32 days after hatching were better than larvae fed only formulated diet (containing 58% crude protein, 12% crude fat, 0.9% fiber, and 9.8% ash). Furthermore, Mohseni *et al*. (2012) experimented with progressively introducing daphnia to dry food, chironomids to dry food, a combination of daphnia and artificial food, a combination of chironomid and dry food, gammarus to dry food, and a prepared diet, and they determined that a gradual shift to dry food for chironomus had a more beneficial impact on reducing mortality and improving growth in *Huso huso* larvae. However, no research has been conducted on the adaptation methods of Stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) to dry food.

**Materials and Methods:** The formulated diet was prepared at the Caspian Sea Fish Research Institute. Its composition included 87.13% dry matter, 51.95% protein, 14.12% lipid, 11.12% fiber, 58.3% nitrogen-free extract, and 7.45% ash.1500 individual 8-day-old Stellate sturgeon larvae, with an average weight and length of 0.385 ± 0.034 g and 4.95 ± 0.09 cm, were fed in 50-liter fiberglass tanks in 5 treatments

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

included gradual adaptation (chironomid + dry food) (CH + DR), gradual adaptation (Artemia + dry food) (AR + DR), gradual adaptation (Artemia + chironomid) + dry food and gradual adaptation (Artemia + chironomid + dry food) + dry food (Mix CH + AR + DR) + DR and dry food (DR) in a period of 42 days, respectively. Fish were fed 25% live food and 5% dry food per body weight at 2-hour interval in day. Biometry were carried out in 7 stages (7, 14, 21, 28, 35, and 42 days). At the end of the experiment, 30% of fish population was harvested and sent to laboratory for amino acid composition analysis.

**Results and Discussion:** The highest growth index (final weight, condition factor, body weight gain percentage, specific growth rate, daily growth and protein efficiency ratio) were observed in fish fed with gradual adaptation (CH+ DR) ($p$<0.05), although there was no significant difference with larvae fed with (Mix CH+AR+DR) +DR and (DR) treatments ($p$>0.05). However, the highest survival percentage was observed in larvae fed with (CH+ DR) +DR (CH+AR) and (MIX CH++AR+DR) +DR groups. studies on *Scaphirhynchus albus* averaging 20.4 g, fed either pellets (1 mm, 45% protein, 19% lipid) or chironomid, showed that natural food led to a higher growth rate (12.2% per day) than dry food (0.06% per day). Also, Sturgeon that consumed chironomids exhibited a better condition factor compared to those fed dry food. According to the researchers, the higher growth index and fish acceptance of chironomids could be attributed to the fact that sturgeon larvae and fry in freshwater environments mainly consume aquatic invertebrates, especially *Chironomidae* and *Ephemeroptera*, whereas Artemia, which is grown in saltwater, is not available to sturgeon larvae naturally. In the other hand, this is agreement with findings Taati *et al*. (2018) who stated feeding *Acipenser persicus* larvae for chironomid lead to stimulating appetite and increasing growth indices due to amino acids attractant such as methionine. Also, according to Shakourian *et al*. (2011), a mixture of paste diet and chironomid larvae increased the final weight of *Acipenser persicus* larvae after 35 days. The combination live food and dry food in a paste form can improve the larvae's ability to get adaptation and accept dry food, leading to an increase in their growth rates (Gisbert *et al*., 2018). In this study, the highest percentage of essential acids was observed in body fish that fed with gradual adaptation of (Mix CH+AR+DR)+DR ($p$<0.05). The highest arginine, lysine and methionine belonged to (Mix CH+AR+DR)+DR group, However, highest threonine amount body were recorded in (CH+DR) that no significant difference with (Mix CH+AR+DR)+DR ($p$>0.05), but had a significant difference with the other experimental treatments ($p$<0.05). Due to rapid growth and high metabolic activity (both catabolism and anabolism), fish larvae require essential amino acids; therefore, deficiencies in these nutrients can impair growth and feed conversion ratio (Saaverda *et al*., 2006).

**Conclusion:** According to the results obtained, it seems that the gradual adaptation strategy (breast milk+larval diet) (and (mixture of Artemia+breast milk+larval diet)+larval diet is a suitable nutritional strategy for transitioning to formulated food in ozone-bred larvae due to its positive effects on growth performance, survival, and better balance in the amino acid profile of the carcass.

**Conflict:** The authors of the article have no conflicts of interest.

**Acknowledgment:** he authors are very grateful to Mr. Ali Hoshyar and Arash Shahbari who reared and fed the fish larvae.

**Key words:** *Accipenser stellatus*, adaptation, chironomid, Artemia biomass, dry food

* *Corresponding Author: Sarpanah5050@gmail.com, mirhamedhassani@yahoo.com*



[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال بیستم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۵، صفحه های ۶۴-۴۳
DOI:10.71901/jad-2026-1-896

"مقاله پژوهشی"

# تاثیر شیوه‌های مختلف سازگاری به غذای مصنوعی بر شاخص‌های رشد، نرخ بقاء و پروفایل اسیدآمینه لارو اوزون برون (*Acipenser stellatus*)

**علی نقی سرپناه[1]*، ذبیح الله پژند،[1] امید هاشمی[2]، حسین عبدالحی[3]، تورج سهرابی[1]، محمود محسنی[1]، میر حامد سید حسنی*[1]، مریم منصف شکری[1]، رضا قربانی واقعی[1]، سجاد قاسمیان[1]، هوشنگ یگانه[1]**

۱- انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۲- شرکت گوار کویر آریا، رفسنجان، کرمان
۳- مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۳/۱۰

**چکیده**

تاثیر پنج شیوه سازگاری لارو تاس‌ماهی اوزون برون (*Acipenser stellatus*) به جیره مصنوعی و تاثیر آن بر شاخص‌های رشد، نرخ بقاء و ترکیبات اسیدهای‌آمینه این گونه مورد مطالعه قرارگرفت. ۵ تیمار (هر تیمار با سه تکرار) در نظر گرفته شد. تعداد ۱۵۰۰ عدد لارو اوزون‌برون ۸ روزه پس از تغذیه فعال با متوسط وزن و طول به‌ترتیب ۰/۰۳۴ ± ۰/۳۸۵ گرم و ۰/۰۹ ± ۴/۹۵ سانتی‌متر در ۱۵ وان فایبرگلاس ۵۰ لیتری در قالب ۵ تیمار تطابق تدریجی (شیرونومیدهه+ جیره لاروی) (CH+ DR) (تیمار ۱)، تطابق تدریجی (آرتمیا+ جیره لاروی) (AR+DR) (تیمار ۲)، تطابق تدریجی (آرتمیا+ شیرونومیدهه)+ جیره لاروی [(CH+AR) +DR] (تیمار ۳)، تطابق تدریجی (مخلوط آرتمیا+ شیرونومیدهه+ جیره لاروی) + جیره لاروی [(MIX CH+AR+DR) +DR] (تیمار۴) و تغذیه با غذای خشک (DR) (تیمار ۵) در طی یک دوره ۴۲ روزه مورد تغذیه قرارگرفتند. غذادهی در فواصل ۲ ساعته و به میزان ۲۵ درصد غذای زنده و ۵ درصد غذای خشک به ازای وزن بدن صورت گرفت. در فواصل ۷ روزه ۲۰ درصد از غذای زنده کاهش و ۲۰ درصد به غذای خشک اضافه شد. زیست‌سنجی ماهیان طی ۵ مرحله (روزهای ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۳۵ و ۴۲ آزمایش) انجام شد. در انتهای دوره آزمایش ۳۰ درصد از جمعیت ماهیان برداشت و جهت بررسی اسیدهای‌آمینه به آزمایشگاه ارسال شد. بالاترین شاخص‌های رشد (وزن نهایی، ضریب چاقی، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، رشد روزانه و نسبت بازده پروتئین در ماهیان تغذیه‌شده با تطابق تدریجی تیمار ۱، مشاهده شد ($p<0.05$). هر چند که دارای اختلاف معنی‌دار آماری با لاروهای تغذیه شده با تیمارهای ۴ و ۵ نبود ($p>0.05$). اما بیشترین درصد بقاء در لاروهای تغذیه‌شده با تیمارهای ۲ ، ۳ و تیمار ۴ مشاهده شد. بیشترین درصد اسیدآمیته‌های ضروری در لاروهای تغذیه‌شده با تطابق تدری جی تیمار ۴ مشاهده شد ($p<0.05$). میزان آرژنین، لایزین و متیونین در تیمار ۴ بالاترین سطح قرار داشت. در صورتی که میزان ترئونین در لاروهای تیمار ۱ در بالاترین سطح و فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمار ۴ ($p<0.05$) و دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارهای آزمایشی بود ($p<0.05$). یافته‌های این مطالعه نشان داد که راهبرد تطابق تدریجی شیرونومیدهه+ جیره لاروی (تیمار ۱) و (مخلوط آرتمیا+ شیرونومیدهه+ جیره لاروی) + جیره لاروی (تیمار۴) به دلیل اثرات مثبت بر عملکرد رشد، بقاء و اسیدآمینه استراتژی غذایی مناسبی جهت گذار به غذای فرموله در لارو اوزون برون به‌شمار می‌آید.

**کلمات کلیدی:** اوزون برون، بقاء، پروفایل اسیدآمینه، سازگاری، شاخص‌های رشد، غذای مصنوعی

* عهده‌دار مکاتبات: مکاتبات: Sarpanah5050@gmail.com, mirhamedhassani@yahoo.com

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

**مقدمه**

بیشترین درصد تلفات در گونه‌های ماهیان خاویاری در مرحله گذر از غذای زنده به غذای مصنوعی است (Ghorbani Vaghei *et al*., 2024). عموما مرحله گذر از غذای زنده به غذای مصنوعی در واقع کلید زدن از یک نوع غذا به یک نوع غذای دیگر است و مرحله‌ای بحرانی در زندگی لارو به شمار می‌آید که نیازمند پروتوکل‌های غذایی خاص و انتقال تدریجی برای موفقیت در این پروسه است (Parma and Bonaldo, 2013). بعبارتی پروسه عادت‌دهی به غذای مصنوعی فقط جایگزین‌کردن غذای خشک به جای غذای زنده در مراحل اولیه زندگی نیست (Haddadi Moghadam *et al*., 2014)، بلکه تطابق تدریجی چند نوع غذای زنده (معمولا زئوپلانکتون‌ها)، کاهش تدریجی آنها و جایگزین نمودن غذای خشک و بی‌جان است که پیامدهای فیزیولوِیک و گوارشی برای لارو ماهیان دارد (Chèvre *et al*., 2011). چون لاروهای اکثر گونه‌های ماهیان دریایی و خاویاری به دلیل دارا بودن سیستم گوارش ابتدایی فاقد برخی از آنزیم‌های هضم‌کننده پروتئین و چربی بوده و در مرحله گذر از غذای زنده به غذای خشک، لاروها به‌دلیل اختلال در مکانیسم بیوسنتز استروئید، کمبود متابولیسم اسیدهای آمینه و کاهش هضم و جذب مواد مغذی دچار تلفات شدید و مرگ و میر دسته جمعی می‌شوند (Zhang *et al*., 2022)، و از سوی دیگر نوع غذا و نحوه استراتژی تغذیه می‌تواند علاوه بر شاخص‌های رشد و بازماندگی تاثیر شگرفی بر ترکیب اسیدهای آمینه لاروها داشته باشد که بطور غیرمستقیم در بقاء و سلامت بچه‌ماهیان تولیدشده اثرگذار است (Conceição *et al*., 1998). جهت حل مشکل انواع مختلفی از راهبردهای تطابق تدریجی از غذای زنده به غذای خشک پیشنهاد شده است. Mohseni و همکاران (۲۰۱۲) برای تعیین بهترین استراتژی تغذیه در عادت‌دهی لارو فیل‌ماهی (*Huso huso*) به غذای مصنوعی از تطابق تدریجی دافنی به غذای مصنوعی، شیرونومیدهه به غذای مصنوعی، مخلوط دافنی و غذای مصنوعی، مخلوط شیرونومیدهه و غذای مصنوعی، گاماروس و غذای مصنوعی و غذای فرموله شده استفاده و نتیجه گرفتند که راهبرد تدریجی انتقال شیرونومیدهه به غذای مصنوعی تاثیر بهتری بر کاهش درصد تلفات و افزایش شاخص‌های رشد لاروها دارد. Agh و همکاران (۲۰۱۳) در تغذیه لارو فیل‌ماهی از راهبردهای تغذیه تدریجی ناپلیوس آرتمیا به غذای مصنوعی، تطابق تدریجی از طریق کاهش آرتمیا و افزایش غذای مصنوعی در طی ۵ تا ۷ روز و ترکیبی از آرتمیا و غذای مصنوعی از شروع تغذیه فعال و تغذیه آغازین با غذای مصنوعی استفاده نموده و راهبرد تطابق تدریجی مخلوطی از غذای زنده و فرموله شده را پیشنهاد، Dediu و همکاران (۲۰۱۱) تاثیر سه راهبرد تغذیه: جیره فرموله شده (۱۰۰ درصد)، ترکیبی از جیره فرموله‌شده و غذای زنده (۵۰+۵۰) و غذای زنده (۱۰۰ درصد: حاوی ۷۵ درصد توبی فکس و۲۵ درصد دافنی) را بر درصد بقاء و شاخص‌های رشد لارو تاس‌ماهی روسی را مورد بررسی قرار داده و اظهار داشتند که شاخص‌های رشد لاروها ۳۲ روز پس از تفریخ تخم در تیمار تغذیه‌شده با فقط غذای فرموله شده (حاوی ۵۸ درصد پروتئین خام، ۱۲ درصد چربی خام، ۰/۹

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]
[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

درصد فیبر و ۹/۸ درصد خاکستر) از وضعیت بهتری برخوردار بود. Jafaryan در سال ۲۰۱۶ در عادت دهی لارو تاس‌ماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*) به غذای مصنوعی از طریق راهبردهای کاهش غذای زنده و افزایش غذای خشک (دافنی ماگنا، آرتمیا اورمیانا و مخلوط آنها (۵۰ درصد وزنی دافنی و ۵۰ درصد وزنی آرتمیا و استفاده از غذای خشک در آغاز دوره)، اظهار داشتند که درصد بقاء و شاخص‌های رشد لارو ماهیان تغذیه شده در تیمار کاهش تدریجی از مخلوط دافنی و آرتمیا وافزایش غذای فرموله‌شده وضعیت بهتری نسبت به تیمار غذای دستی داشتند. این در حالی است که لارو اوزون‌برون در مقایسه با لارو فیل‌ماهی عادت‌پذیری بسیار پایین‌تری به غذای مصنوعی دارد و تاکنون شیوه‌های مختلف سازگاری آن به غذای مصنوعی مورد بررسی قرار نگرفته است (Ghasemi *et al* , 2019). از این رو این مطالعه، تاثیر پنج شیوه سازگاری لارو تاس‌ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*) به جیره مصنوعی و تاثیر شیوه‌های سازگاری بر شاخص‌های رشد، نرخ بقاء و ترکیبات اسیدآمینه لاشه را مورد بررسی قرار دادیم.

## مواد و روش‌ها

### محل انجام آزمایش

مطالعه در ۱۵ وان ۵۰ لیتری فایبرگلاس با حجم آبگیری ۲۰ لیتر از تاریخ ۱۴۰۲/۳/۲۱ لغایت ۱۴۰۲/۵/۱در بخش آبزی‌پروری انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری (روستای شاقاجی، رشت، استان گیلان) با مشخصات جغرافیایی 49°42'40.8"E و 37°06'41.4"N اجرا شد. آب چاه با میانگین دبی ۰/۵ لیتر در دقیقه با گذریک سیستم بیوفیلتر مکانیکی و رسوب مواد معلق وارد حوضچه‌های بخش پرورش لارو می‌گردید و آب مورد نیاز جهت پرورش لاروها را فراهم می‌کرد.

### تهیه و شرایط نگهداری لارو ازون برون

ابتدا، سه مولد نر و ۵ مولد ماده پرورشی ازون‌برون به روش القای هورمونی (هورمون LHRH-a2 با دوز ۵ میلی‌گرم/کیلوگرم طی دو مرحله و با وقفه ۱۲ ساعته بین هر تزریق) تکثیر شدند (Ghorbani Vaghei *et al*., 2023). تخم‌ها پس از لقاح به انکوباتورهای مک‌دونالد واقع در کارگاه تکثیر انستیتو منتقل شدند. پس از سپری شدن ۸۲ ساعت، لاروهای ازون‌برون از تخم خارج شدند. پنج روز پس از تخم‌گشایی، ۵۰۰۰ عدد لارو جهت گذراندن مراحل ابتدایی رشد به تراف‌های مستطیلی شکل ۲۵۰ لیتری انتقال داده شدند. به مدت ۸ روز، لاروها به کف حوضچه شنا کرده و به‌علت ویژگی نورگرایی منفی در یک نقطه از کف حوضچه در خلاف منطقه تابش نور تجمع یافتند. لاروها پس از جذب یک‌سوم کیسه زرده (روز هشتم پس از تخم‌گشایی)، به‌مدت ۸ روز بعد (تا روز شانزدهم پس از تخم‌گشایی) با ناپلی تازه تخم‌گشایی شده آرتمیا (*Artemia franciscana*) تغذیه شدند. پس از این دوره تعداد ۱۵۰۰ عدد لارو ازون‌برون با متوسط وزن و طول ۰/۳۸۵±۰/۰۳۴گرم و ۴/۹۵±۰/۰۹ سانتی‌متر در ۱۵ وان فایبرگلاس ۵۰ لیتری در قالب ۵ تیمار تطابق تدریجی (شیرونومیدهه+ جیره لاروی) (CH+ DR) (تیمار ۱)، تطابق تدریجی (آرتمیا+ جیره لاروی) (AR+DR)

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]
[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

(تیمار ۲)، تطابق تدریجی (آرتمیا+ شیرونومیدهه)+جیره لاروی [(CH+AR)+DR] (تیمار ۳)، تطابق تدریجی (مخلوط آرتمیا + شیرونومیدهه + جیره‌لاروی) + جیره‌لاروی [(MIX CH+AR+DR)+DR] (تیمار ۴) و تغذیه با غذای خشک (DR) (تیمار ۵) در طی یک دوره ۴۲ روزه مورد تغذیه قرارگرفتند (Lee *et al*., 2002).

در طول دوره پژوهش، فراسنجه‌های کیفی آب نظیر درجه حرارت، اکسیژن محلول و pH با استفاده از دستگاه دیجیتال (YK-2001DO, Lutron, Taipei, Taiwan) اندازه‌گیری شدند. مقادیر آنها به‌ترتیب برابر با $^{o}$C ۰/۴۳ ± ۱۷/۵۲، ۰/۱۴ ± ۸/۲۵ میلی‌گرم/ لیتر و ۰/۵۴ ± ۷/۵۱ بود. همچنین، دوره نوری در طول مراحل پرورش ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود.

## جیره‌های غذایی

غذاهای زنده شامل لارو منجمد شیرونومیدهه و زی‌توده منجمد آرتمیا از شرکت گوار کویر آریا (رفسنجان، ایران) خریداری شدند. جیره فرموله در مرحله گذار با استفاده از تجهیزات کارگاه ساخت جیره انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری ساخته شد. اقلام غذایی به همراه آنالیز تقریبی جیره فرموله و غذاهای زنده به‌ترتیب در جدول ۱ و ۲ آورده شده است. جهت تهیه جیره فرموله، ابتدا اقلام غذایی موردنیاز جهت ساخت جیره توسط شیوه‌نامه (AOAC, 2012) از نظر ترکیبات شیمیایی بررسی شدند تا اطلاعات صحیحی برای فرمولاسیون به‌دست آید. انرژی خام جیره (۲۲ کیلوژول/ گرم) بر اساس انرژی خام آزاد شده از هر گرم پروتئین (۲۳/۶ کیلوژول)، چربی (۳۹/۵۰ کیلو ژول) و کربوهیدرات (۱۷/۲۰ کیلوژول) و مطابق با روش اندازه‌گیری استاندارد (NRC, 2011) محاسبه شد. از پودر ماهی کیلکای عمل‌آوری‌شده در دمای پایین (به‌عنوان منبع پروتئینی جانوری) و از کنجاله سویا به‌عنوان منبع پروتئین گیاهی استفاده شد. به‌منظور ساخت جیره، ابتدا مواد خشک پایه با استفاده از آسیاب خرد شده و سپس با چشمه ۵۰۰ میکرون الک شدند. برای مخلوط کردن اقلام غذایی، ابتدا اقلام خشک به‌مدت ۲۰ دقیقه با استفاده از دستگاه همزن دوزبانه کاملا با یکدیگر مخلوط شدند. سپس، مواد ریزمغذی به مخلوط اقلام خشک افزوده شد. در مرحله بعد، ترکیب مساوی از روغن گیاهی و جانوری به مخلوط حاصل اضافه و با دستگاه همزن به‌مدت ۳۰ دقیقه مخلوط شدند. در پایان کار، میزان کافی آب (۲۰درصد) تا رسیدن به رطوبت یکنواخت به مخلوط جیره اضافه و به‌مدت ۱۰ دقیقه دیگر با یکدیگر مخلوط شدند. مخلوط حاصل با استفاده از چرخ‌گوشت صنعتی به رشته‌هایی با قطر ۲ میلی‌متر تبدیل و با استفاده از خشک‌کن در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شد. رشته‌ها بر اساس اندازه دهان ماهی خرد و توسط الک با چشمه های ۱۵۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میکرون دانه‌بندی شد. جیره تولیدشده به بسته‌های پلاستیکی عاری از هوا منتقل و در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Mohseni *et al*., 2012).

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

جدول ۱: فرمولاسیون و ترکیب بیوشیمیایی جیره لاروی ساخته شده (درصد ماده خشک)

Table 1: Formulation and biochemical composition of prepared larval diet (percentage of dry matter)

| Ingridient | Amount (%) |
|---|---|
| Fish meal [1] | 53 |
| Wheat gluten [2] | 8 |
| Casein [3] | 4 |
| Wheat flour [2] | 7 |
| Soybean meal [2] | 6 |
| Fish oil [1] | 7 |
| Soybean oil [2] | 3 |
| Vitamin E [4] | 0/6 |
| Vitamin premix [4] | 2/1 |
| Mineral premix [4] | 6/1 |
| Lysine [5] | 2 |
| Methionine [5] | 1 |
| Yeast [6] | 2 |
| Betaine [5] | 0/5 |
| Choline Chloride [7] | 0/2 |
| Binder [8] | 2 |
| **Total** | 100 |
| Biochemical composition (%) | |
| Dry matter | 87/13 |
| Protein | 51/95 |
| Lipid | 14/12 |
| Fiber | 12/3 |
| Nitrogen-free extract | 11.58 |
| Ash | 7.45 |

۱.پودر ماهی کیلکا، کارخانه گیل‌پودر (انزلی، ایران)، ۲. کارخانه شهدینه آران (اصفهان، ایران)، ۳. شرکت Sigma Chemical (سنت‌لوییس، آمریکا)، ۴. شرکت سیانس (قزوین، ایران)؛ پرمیکس ویتامین: ۱۶۰۰۰۰ IU ویتامین A، ۴۰۰۰۰۰ IU ویتامین $D_3$، ۴۰ mg ویتامین E، ۲ g ویتامین $K_3$، ۶ g ویتامین $B_1$، ۸ g ویتامین $B_2$، ۱۲ g کلسیم پنتوتنات، ۴۰ g ویتامین $B_3$، ۴ g ویتامین $B_6$، ۸ g ویتامین $B_{12}$، ۰/۲۴ g $H_2$، ۶۰ g ویتامین C، ۲۰ mg اینوزیتول و پرمیکس معدنی: ۲۶۰۰ mg منگنز، ۶۰۰ mg مس، ۶۰۰۰ mg آهن، ۴۶۰۰ mg روی، ۱۰۰ mg سلنیوم، ۱۰۰ mg ید، ۵۰ mg کبالت، ۵. شرکت Evonik industries (اسن، آلمان)، ۶. مخمر نانوایی (*Saccharomyces cerevisiae*) شرکت کیمیازیم (تهران، ایران)، ۷. شرکت Liaoning Biochem (تیلینگ، چین)، ۸. شرکت مهرتابان (یزد، ایران)

1. Kilka fish meal, Gilpowder Factory (Anzali, Iran), 2. Shahdineh Aran Factory (Isfahan, Iran), 3. Sigma Chemical Company (St. Louis, USA), 4. Science Company (Qazvin, Iran); Vitamin premix: 160,000 IU vitamin A, 400,000 IU vitamin D3, 40 mg vitamin E, 2 g vitamin K3, 6 g vitamin $B_1$, 8 g vitamin B2, 12 g calcium pantothenate, 40 g vitamin $B_3$, 4 g vitamin $B_6$, 8 g vitamin $B_{12}$, 0.24 g $H_2$, 60 g vitamin C, 20 mg inositol and mineral premix: 2600 mg manganese, 600 mg copper, 6000 mg iron, 4600 mg zinc, 100 mg selenium, 100 mg iodine, 50 mg cobalt, 5. Evonik industries (Essen, Germany), 6. Baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Kimiazym company (Tehran, Iran), 7. Liaoning Biochem company (Tiling, China), 8. Mehrtaban company (Yazd, Iran)

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

جدول ۲: آنالیز تقریبی غذاهای زنده در تغذیه لارو فیل‌ماهی (بر حسب ماده خشک؛ میانگین ± خطای استاندارد؛ n=۳)

Table 2: Approximate analysis of live foods in the diet of elephantfish larvae *Acipenser stellatus* in terms of dry matter; mean ± standard error; n=3)

| Diets | | Indexes (%) |
|---|---|---|
| Artemia biomass Frozen | Chernomid Larvae frozen | |
| 90/06±3/64 | 81/34±3/29 | moisture |
| 57/55±2/33 | 52/04±2/10 | Crude OProtien |
| 12/07±0/49 | 13/72±0/55 | Crude lipid |
| 17/51±0/71 | 24/92±1/01 | Ash |

## طراحی آزمایش

این پژوهش در ۵ تیمار آزمایشی و سه تکرار، به‌مدت ۴۲ روز انجام شد. نمایی شماتیک از تیمارهای آزمایشی طی دوره ۴۲ روزه تغذیه لارو ازون برون در جدول ۳ آمده است. در تیمار اول تطابق تدریجی (شیرونومیدهه+جیره لاروی) (CH+DR) در نظر گرفته شد. در این راستا به لاروها جهت عادت‌پذیری به جیره فرموله از روز هفدهم پس از تخم‌گشایی به‌مدت ۴۲ روز با لارو منجمد شیرونومیدهه تغذیه شدند، به‌نحوی که هر شش روز،۲۰ درصد از میزان شیرونومیدهه مصرفی کاسته و به جیره فرموله اضافه می‌شد. همانند تیمار اول در تیمار دوم تطابق تدریجی (آرتمیا+جیره لاروی) (AR+DR) در نظر گرفته شد و مطابق با همان روش هر شش روز ۲۰ درصد از میزان بیوماس آرتمیای مصرفی کاسته و به جیره فرموله شده اضافه می‌گردید. اما در تیمار سوم تطابق تدریجی (آرتمیا+شیرونومیدهه)+جیره لاروی [DR+(CH+AR)] در نظر گرفته شد که در این تیمار غذای زنده شامل ۵۰ درصد بیوماس آرتمیا و ۵۰ درصد شیرونومیدهه ساطوری شده بود و همانند پروتوکل‌های قبل هر ۶ روز ۲۰ درصد از غذای زنده کاسته و به غذای فرموله‌شده اضافه می‌گردید و در تیمار چهارم تطابق تدریجی (مخلوط آرتمیا + شیرونومیدهه+ جیره لاروی)+ جیره لاروی [MIX CH+AR+DR)+DR] لحاظ گردید که بسته غذای زنده شامل ۳۵ درصد شیرونومیدهه، ۳۵ درصد آرتمیا و ۳۰ درصد غذای خشک مخلوط شده با هم بود و هر ۶ روز ۲۰ درصد از این مخلوط کاسته و ۲۰ درصد به غذای خشک اضافه می‌گردید و در تیمار پنجم لاروها از روز هفدهم تخمه گشایی منحصرا با غذای خشک تغذیه شدند. درصد غذادهی با غذای زنده و جیره فرموله به‌ترتیب به میزان ۳۰-۲۵ درصد و ۵-۷ درصد در شبانه‌روز جیره فرموله در هر وعده تعیین شد (Mohseni *et al*., 2012). دفعات غذادهی روزانه ۱۲ مرتبه طی ۲۴ ساعت (با فاصله هر دو ساعت یکبار) بود و تلفات در هر حوضچه در ابتدای هر روز جمع‌آوری و شمارش شدند. حوضچه‌ها روزانه دو مرتبه در ساعات ۸:۰۰ و ۲۰:۰۰ سیفون می‌شدند.

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

جدول ۳. مقادیر مصرفی غذاهای زنده و جیره فرموله در تیمارهای مختلف طی ۴۲ روز تغذیه لارو ازون برون (*Acipenser stellatus*)

Table 3. Consumption amounts of live foods and formulated diets in different treatments during 42 days of feeding of stellate carp larvae (*Acipenser stellatus*)

| Experimental Diets | | | | | | diets | Treatments |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35-42 | 28-35 | 21-28 | 14-21 | 7-14 | 1-7 | | |
| 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | Chironomidae(٪) | CH+ DR |
| 100 | 80 | 60 | 40 | 20 | 0 | formulated Diet (%) | |
| 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | Artemia (%) | AR+DR |
| 100 | 80 | 60 | 40 | 20 | 0٠ | formulated Diet (%) | |
| 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | Artemia+Chironomidae (%) | (CH+AR)+DR |
| 100 | 80 | 60 | 40 | 20 | 0 | formulated Diet (%) | |
| 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | Mix of Artemia + chironomid + larval diet) + dry formulated Diet (%) | (MIX CH+AR+DR)+ DR |
| 100 | 80 | 60 | 40 | 20 | 0 | | |
| 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | formulated Diet (%) | FD |

۱) CH+ DR : تطابق تدریجی شیرونومیدهه به جیره لاروی، ۲) AR+D: تطابق تدریجی آرتمیا به جیره لاروی،۳) (CH+AR)+DR: تطابق تدریجی مخلوط آرتمیا + شیرونومیدهه به جیره لاروی، ۴)تطابق تدریجیDR +(MIX CH+AR+DR) مخلوط آرتمیا + شیرونومیدهه+ جیره لاروی به جیره لاروی ۵) (FD) تغذیه با غذای مصنوعی

1) CH+ DR: Gradual adaptation of Chironomidae to larval diet, 2) AR+D: Gradual adaptation of Artemia to larval diet, 3) (CH+AR)+DR: Gradual adaptation of Artemia + shrimp mixture to larval diet, 4) Gradual adaptation of (MIX CH+AR+DR)+ DR (mixture Artemia + shrimp mixture + larval diet to larval diet 5) (FD) Feeding with artificial food

## بررسی شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای

زیست‌سنجی ماهیان طی ۷ مرحله (روزهای صفر، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۳۵ و ۴۲ آزمایش) انجام شد. در این راستا تمامی ماهیان از هر حوضچه خارج و جهت بررسی وزن و طول آنها از ترازوی دیجیتال مدل XB-1200C شرکت (Precisa,Diticen, Switzerland) با دقت ۰/۰۱ گرم و تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متراستفاده شد (Falahatkar, 2015)

شاخص‌های اندازه‌گیری شامل موارد ذیل بود:

شاخص وضعیت (CF) = ۱۰۰× (وزن ماهی) / (طول کل یا چنگالی)[۳]

افزایش وزن (WG) (g)= وزن نهایی(g)– وزن اولیه (g).

افزایش وزن بدن (BWI) (درصد)= ((افزایش وزن (g)/ وزن ابتدایی (g)) × ۱۰۰

ضریب رشد ویژه ((SGR))(% در روز) = ۱۰۰×[ (لگاریتم وزن نهایی– لگاریتم وزن اولیه )/ تعداد روز(زمان).

نرخ تبدیل غذایی (FCR) = غذای خشک مصرف شده (g) / افزایش وزن (g).

نرخ کارایی پروتئین (PER) = وزن تر اضافه شده (افزایش بیوماس) (g) به گرم) / مقدارپروتئین مصرفی(g)

۱۰۰ ×[تعداد ماهی در ابتدای دوره/ تعداد ماهی در انتهای دوره]= (٪) SR

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

### آنالیز محتوای اسیدهای آمینه

در آغاز و پایان دوره تحقیق، ۳ قطعه لارو به‌طور تصادفی از هرکدام از مخازن صید و تا انجام سنجش محتوای اسیدهای‌آمینه لاشه در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. هیدرولیز اسیدی نمونه‌ها توسط اسیدکلردریک و تحت اتمسفر نیتروژنی و در ۱۱۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. میزان لاشه همگن شده در این مرحله ۲۰ میلی‌گرم به‌ازای هر میلی‌لیتر اسید بود. ماده به‌دست آمده ۵۰ بار توسط آب مقطر رقیق‌سازی و پس از عبور از فیلتر ۰/۴۵ میکرون در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد جهت بررسی‌های بعدی ذخیره شد. پس از رقیق‌سازی و سوسپانسیون مجدد توسط امواج صوتی به‌مدت ۱۵ دقیقه، نمونه‌ها تحت دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد طی ۱۰ دقیقه در حضور کاتالیزور ACQ تجزیه شدند. جداسازی اسیدهای‌آمینه نیز توسط HPLC (Seri 200, Cambridge, England) انجام و در نهایت، غلظت و درصد هر کدام از اسیدهای‌آمینه تعیین شد (Cara *et al*., 2007). به منظور ارزیابی همترازی محتوای اسیدآمینه لارو و جیره‌های مختلف از معادله‌های زیر استفاده شد (Teodósio *et al*., 2022):

ضریب A/E = [(مجموع اسیدآمینه‌های ضروری) / (مقدار هرکدام از اسیدآمینه‌های ضروری)] × ۱۰۰۰

تفاوت نسبی اسیدهای آمینه ماهی و جیره = $[(A/E_{\text{جیره}} - A/E_{\text{ماهی}}) / (A/E_{\text{ماهی}})] \times 100$

### تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های کسب شده در نرم‌افزار Excel ثبت و مورد پردازش قرارگرفت. سپس نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون Kolmogorov-Smirnov و معنی‌دار بودن داده‌ها از طریق آنالیز واریانس یک‌طرفه مورد سنجش قرارگرفت. در صورت مشاهده اختلاف، تست Tukey جهت مقایسه میانگین‌ها به‌عنوان Post-hoc اعمال شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار (SPSS, IBM Corp. Version 24.0. Chicago, USA) انجام شد. سطح معنی‌دار بودن برای همه موارد ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

### نتایج

نتایج مربوط به تاثیر راهبردهای تغذیه بر شاخص‌های رشد، ضریب تبدیل غذا و درصد بازماندگی لارو ازون‌برون در یک دوره تغذیه ۴۲ روزه در جدول ۴ نشان داده شده است. بیشترین وزن نهایی در لاروهای تغذیه‌شده در تیمار ۱ ثبت گردید، که بطور معنی‌داری بالاتر از ماهیان تغذیه‌شده با تیمارهای ۲ و ۳ ($p<0.05$) و فاقد اختلاف معنی‌دار با لاروهای تغذیه‌شده با تیمارهای ۴ و ۵ بود ($p>0.05$). لاروهای تیمار ۱ بیشترین ضریب چاقی را داشتند که به طور معنی‌داری بیشتر از ضریب چاقی لاروهای تیمار ۲ بود ($p<0.05$)، در صورتی که اختلاف معنی‌داری بین این گروه و سایر تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

($p>0.05$). به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد افزایش وزن بدن متعلق به لاروهای تیمارهای ۱ و ۲ ($p>0.05$) و در مراتب بعد تیمارهای ۳ و ۴ قرار داشتند که فاقد اختلاف معنی‌دار آماری با تیمار ۱ بودند ($p>0.05$). اختلاف معنی‌داری در مقادیر نرخ رشد ویژه در تیمارهای مختلف آزمایشی مشاهده نشد ($p>0.05$)، اما لاروهای تیمار۱ بیشترین نرخ رشد ویژه را داشتند و تیمارهای دیگر درجات کمتری از نرخ رشد ویژه را در لاروها ایجاد کرده بودند. به‌ترتیب بیشترین و کمترین رشد روزانه در لاروهای تغذیه‌شده تیمارهای ۱، ۲ و ۳ مشاهده گردید ($p<0.05$). در صورتی که رشد روزانه در لاروهای تیمارهای ۴ و ۵ دارای اختلاف معنی‌دار آماری با تیمار ۱ نبودند ($p>0.05$). اختلاف معنی‌داری در شاخص ضریب تبدیل غذا در تیمارهای مختلف مشاهده نگردید، اما کمترین ضریب تبدیل غذا به‌ترتیب در تیمارهای ۱ و ۴ ثبت گردید ($p>0.05$). کمترین نسبت بازده پروتئین در لاروهای تیمار ۳ و بالاترین آن متعلق به لاروهای تیمار ۱ بود ($p<0.05$) که فاقد اختلاف معنی‌دار آماری با تیمارهای۲ ۴ و ۵ بود ($p>0.05$). بیشترین درصد بقاء به‌ترتیب در تیمارهای۴ ، ۱ و ۳ ثبت گردید که دارای اختلاف معنی‌دار آماری با تیمارهای ۲ و ۵ بود ($p<0.05$).

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

جدول۴: شاخص‌های رشد لارو تاس‌ماهیان ازون برون (*Acipenser stellatus*) پس از تطابق تدریجی با رژیم‌های مختلف غذایی به جیره فرموله طی ۴۲ روز (میانگین ± خطای استاندارد، n=۳)

Table 4: Growth indices of *Acipenser stellatus* larvae after gradual adaptation to different diets and a formulated diet over 42 days (mean ± standard error, n=3)

| Indicators / Diet | Gradual adaptation (chironomid + larval diet) (CH + DR) | Gradual adaptation (Artemia + larval diet) (AR+ DR) | Gradual adaptation (Artemia + Chironomid) + Larval diet (CH + AR)+ DR | Gradual adaptation (Mix of Artemia + Chironomid + Larval diet) + Larval diet (MIX CH + AR + DR)+ DR | Dry food feeding (DR) |
|---|---|---|---|---|---|
| Initial weight (gr) | 0.34 ±0.01 | 0.39 ±0.024 | 0.39 ±0.05 | 0.39 ±0.02 | 0.40 ±0.036 |
| Final weight (gr) | 2.45 ±0.14 [a] | 1.82 ±0.01 | 1.84 ±0.12 [b] | 2.15 ±0.07 [ab] | 2.23 ±0.02 |
| Initial length (cm) | 4.60 ±0.11 | 4.88 ±0.11 | 4.95 ±0.28 | 4.75 ±0.007 | 4./94 ±0.091 |
| Final length (cm) | 8.16 ±0.21 [b] | 8.36 ±0.33 [ab] | 7.76 ±0.37 [b] | 8.36 ±0.01 [ab] | 8.72 ±0.17 [a] |
| Condition factor | 0.45 ±0.008 [a] | 0.31 ±0.035 [b] | 0.39 ±0.029 [ab] | 0.37 ±0.005 [ab] | 0.33 ±0.24 [ab] |
| Weight gain percentage (% during the period) | 621.24 ±66.56 [a] | 36.23 ±32.19 [b] | 370.20 ±35.33 [b] | 446.99 ±18.39 [ab] | 457.98 ±57.16 [ab] |
| Specific growth rate (percentage per day) | 0.056 ±0.004 [a] | 0.037 ±0.01 [ab] | 0.0381 ±0/001 [ab] | 0.0462 ±0.001 [ab] | 0.0481 ±0.001 [ab] |
| Daily growth (mg/day) | 5.58 ±0.3 [a] | 4.49 ±0.2 [b] | 4.58 ±0.2 [b] | 4.99 ±0.98 [ab] | 5.04 ±0.3 [ab] |
| Food conversion ratio | 3.37 ±0.38 [b] | 3.93 ±0.17 [ab] | 3.63 ±0.007 [b] | 3.52 ±0.04 | 3.83 ±0.57 [b] |
| Protein efficiancy ratio | 0.57 ±0.066 [a] | 0.48 ±0.021 | 0.394 ±0.001 [b] | 0.515 ±0.001 [ab] | 0.53 ±0.062 [ab] |
| Survival rate (%) | 84.50 ±2.12 [a] | 71.00 ±1.61 [b] | 83.50 ±2.12 [a] | 90.00 ±1.41 [a] | 59.00 ±1.41 [c] |

حروف لاتین کوچک غیرمشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارهای مختلف است ($p$<۰/۰۵).

Non-identical Latin letters in each row indicate significant differences between different treatments ($p$<0.05).

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

## پروفایل اسیدهای‌آمینه ضروری و غیر ضروری

کمترین و بیشترین درصد آرژنین در تطابق تدریجی ۴ مشاهده شد که فاقد اختلاف معنی‌دار آماری با مقدار آرژنین لاروهای تیمار ۱ ($p>0.05$) و دارای اختلاف معنی‌دار آماری با سایر تیمارهای آزمایشی و مقدار آرژنین ثبت شده درلاشه لاروها در آغاز دوره پرورش بود ($p<0.05$). اختلاف معنی‌داری در مقدار هیستدین لاشه لاروها مشاهده نشد، اما بیشترین مقدار هیستدین متعلق به ماهیان تغذیه‌شده با تیمار ۵ بود ($p>0.05$). میزان ایزولوسین لاشه در انتهای دوره در مقایسه با آغاز دوره پرورش به طور معنی‌داری کاهش یافته بود و کمترین مقدار ایزولوسین لاشه متعلق به ماهیان تیمار ۵ بود ($p<0.05$). میزان لوسین لاشه در انتهای دوره در مقایسه با آغاز دوره پرورش به طور معنی‌داری افزایش یافته بود. بیشترین میزان لوسین لاشه در تیمار ۴ مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌دار آماری با تیمار ۱ و لاروهای آغاز دوره پرورش بود ($p<0.05$). بیشترین میزان لایزین در لاشه لاروها در انتهای دوره پرورش درتیمارهای ۴ و ۵ ثبت شد که بطور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای ۳ و ۲ ($p<0.05$) و فاقد اختلاف معنی‌دار آماری با تیمار۱ و لاروهای آغاز دوره پرورش بود ($p>0.05$). بیشترین میزان متیونین لاشه از آن لاروهای تیمار۴ بود که دارای اختلاف معنی‌دار آماری با کلیه تیمارهای آزمایشی و لاروهای آغاز دوره پرورش بود ($p<0.05$). اختلاف معنی‌داری در میزان فنیل‌آلانین در لاروها در آغاز و انتهای دوره پرورش مشاهده نشد، اما لاشه لاروهای تیمار ۴ دارای بیشترین مقدار این اسیدآمینه بود ($p>0.05$). درصد ترئونیندر لاشه لاروها در آغاز دوره پرورش و تیمارهای ۱ و ۴ در بالاترین مقدار بود و دارای اختلاف معنی‌دار با میزان ترئونین در لاشه ماهیان تیمار ۳ بود ($p>0.05$). میزان والین در لاروهای ۴۲ روزه در مقایسه با لاروهای آغاز دوره پرورش روند افزایشی را نشان داد و بیشترین مقدار آن در ماهیان تیمار ۵ ثبت گردید ($p<0.05$). بیشترین مجموع اسیدآمینه‌های ضروری در لاشه ماهیان تیمارهای ۴ و ۵ مشاهده شد که دارای برتری معنی‌دار آماری با میزان اسیدآمینه‌های ضروری لاشه لاروهای در آغاز دوره پرورش و دارای روند تصاعدی بود ($p>0.05$). بررسی ترکیب اسیدهای‌آمینه لاشه لارو ازون برون در پایان دوره ۴۲ روزه گذار از غذای زنده به جیره فرموله نشان داد که اسیدآمینه آلانین در لاشه لاروهای ۴۲ روزه در مقایسه با لاروها در آغاز دوره پرورش به‌طور معنی‌داری افزایش یافته و بیشترین مقدار آن در لاشه ماهیان تیمارهای ۴ و ۱ مشاهده شد ($p<0.05$). در روندی معکوس مقدار اسیدآسپاراتیک لاشه در لاروهای ۴۲ در مقایسه با لاروها در آغاز دوره پرورش به طور معنی‌داری کاهش یافت و کمترین مقدار آن در لاروهای تیمار تطابق تدریجی ۴ مشاهده شد ($p<0.05$). اختلاف معنی‌داری در میزان گلوتامین و گلایسین لاشه در تیمارهای مختلف آزمایشی و لاروهای آغاز دوره پرورش مشاهده نشد، اما لاشه ماهیان تیمار ۲ دارای بیشترین مقدار این اسیدآمینه بود ($p>0.05$). کمترین میزان پرولین در لاشه لاروهای تیمارهای ۴ و ۵ مشاهده شد که بطور معنی‌داری کمتر از پرولین ثبت شده در لاشه لاروها در آغاز دوره پرورش بود ($p<0.05$). میزان اسیدآمینه سرین در لاروهای روز ۴۲ در مقایسه با لاروها در اغاز دوره پرورش به طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در لارو تیمار تطابق تدریجی ۱ ثبت گردید ($p<0.05$). اختلاف معنی‌داری در میزان تایروزین در لاروهای یک‌روزه و تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد، اما مقدار آن در ماهیان تیمارهای۴ و ۵ بیشتر از سایر تیمارهای آزمایشی بود ($p>0.05$) (جدول ۵).

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

جدول۵: پرو فایل اسیدهای‌آمینه لاشه لارو تاس‌ماهیان ازون‌برون (*Acipenser stellatus*) در آغاز و پس از تطابق تدریجی با رژیم‌های مختلف غذایی به جیره فرموله طی ۴۲ روز

Table 5: Amino acid profile *Acipenser stellatus* larvae at the beginning and after gradual adaptation different diets to formulated diet over 42 days

| Dry food feeding (DR) | Artemia + Gradual adaptation (Mix of Chironomid + Larval diet) + Larval diet (MIX CH + AR + DR)+ DR | Gradual adaptation (Artemia + Chironomid) + Larval diet ( CH + AR)+ DR | Gradual adaptation (Artemia + larval diet) (AR+ DR) | Gradual adaptation (chironomid + larval diet) ( CH + DR) | Start of expirement | Amino acid |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Essential amino acids |
| 6.93±0.02 bc | 7.83±0.07 | 6.57±0.12 | 6.67±0.02 | 7.45±0.33 | 4.41±0.24 | Arginine |
| 2.48±0.33 | 2.31±0.15 | 1.99±0.56 | 2.07±0.26 | 2.00±0.16 | 1.84±0.06 | Histidine |
| 3.21±0.15 c | 3.93±0.47 b | 3.80±0.02 b | 3.80±0.07 b | 3.59±0.04 bc | 4.73±0.19 a | Isoleucine |
| 7.27±0.17 abc | 7.81±0.23 a | 7.19±0.09 abc | 7.61±0.33 ab | 6.44±0.21 c | 6.56±0.42 bc | Lucien |
| 7.23±0.14 a | 7.78±0.07 a | 6.17±0.07 b | 5.41±0.21 c | 6.215±0.16 ab | 7.32±0.28 a | Lysine |
| 2.23±0.21 b | 2.87±0.44 a | 1.73±0.12 c | 1.86±0.19 bc | 1.95±0.03 bc | 1.89±0.02 bc | Methionine |
| 2.33±0.18 ab | 3.83±0.04 b | 3.02±0.09 ab | 2.75±0.32 b | 2.50±0.34 b | 3.15±0.07 ab | Phenylalanine |
| 4.50±0.46c | 6.33±0.04 ab | 4.55±0.60 c | 4.59±0.53 bc | 6.43±0.57 a | 6.42±0.26 a | Threonine |
| 4.47±0.12 b | 4.20±0.03 a | 4.43±0.24 a | 4.37±0.16 a | 4.20±014 a | 3.5±0.07 b | Valine |
| | | | | | | Non-essential amino acids |
| 7.55±0.6 a | 7.19±0.12 a | 6.38±0.24 a | 7.46±0.17 a | 7.52±0.37 a | 3.57±0.45 b | Alanine |
| 13.69±1.41 abc | 9.7±0.55 c | 15.94±0.58 ab | 14.89±1.56 ab | 12.00±0.98 bc | 17.69±1.88 a | Aspartic acid |
| 17.61±0.52 | 16.44±0.91 | 18.56±0.02 | 19.45±0.79 | 18.61±2.10 | 18.45±0.59 a | Glutamine |
| 7.37±0.36 | 7.43±0.47 | 7.12±0.24 | 18.56±0.02 | 7.36±0.22 | 7.27±0.24 | Glycine |
| 4.00±0.21 b | 4.26±0.20 b | 4.75±0.26 ab | 4.66±0.29 ab | 4.73±0.11 ab | 5.15±0.07 a | Proline |
| 6.41±0.37 a | 6.40±0. 42 a | 6.19±0. 06 a | 6.20±0. 07 a | 4.56±0. 1 a | 6.61±0.09 b | Serine |
| 1.68±0.12 | 1.65±0. 14 | 1.57±0. 12 | 1.56±0. 155 | 1.40±0. 26 | 1.40±0. 12 | Tyrosine |
| 41.67±1.75 ab | 46.905±0.68 a | 39.46±1.371 b | 39.135±1.91 b | 40.803±2.1 abc | 39.85±1.68 c | Total essential amino acids |
| 58.33±3.62 | 53.095±2.85 | 60.54±1.57 | 60.85±3.91 | 59.175±4.069 | 60.15±3.465 | Total non-essential amino acids |
| 0.71 | 0.88 | 0.65 | 0.64 | 0.68 | 0.66 | The ratio of essential to non-essential amino acids |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | Total |

حروف لاتین کوچک غیرمشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارهای مختلف است ($p$<۰/۰۵).

Non-identical Latin letters in each row indicate significant differences between different treatments ($p$<0.05).

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

## بحث

در آزمایش حاضر بالاترین شاخص‌های رشد، ضریب چاقی، درصد افزایش وزن بدن، رشد روزانه، تسبت بازده پروتئین در تیمار تطابق تدریجی شیرونومیده به غذای خشک مشاهده شد و در مراتب بعدی تیمارهای تطابق تدریجی (مخلوط آرتمیا+شیرونومیده+جیره لاروی)+جیره لاروی [(MIX CH+AR+DR)+DR] و تغذیه با غذای خشک (DR) قرارداشتند.

ضریب تبدیل غذا (FCR) یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها و معیار تصمیم‌گیری در مورد یک جیره زنده یا مصنوعی است (Fry *et al*., 2018). نرخ رشد ویژه (SGR) و راندمان تبدیل غذا ارتباط تنگاتنگی با هم داشته و به افزایش یا کاهش وزن ماهی وابسته است (Besson *et al*., 2016) در این میان منبع پروتئین نقش مهمی در رشد و نمو و در عین حال حفظ و ترمیم بافت‌های فرسوده بدن، رشد و عادت‌پذیری لارو به غذای خشک در لارو ماهیان مختلف دارد (Meena, 2021). مطالعات نشان داده که شیرونومیده، منبع خوبی از مواد مغذی، ویتامین‌ها و آهن است (Mclarney *et al*., 1974) و در حال حاضر به صورت منجمد در آبزی‌پروری و به عنوان غذای زنده برای بسیاری از گونه‌های ماهی از جمله ماهیان خاویاری استفاده می‌شود (Sahandi, 2011). از سوی دیگر ارزش غذایی شیرونومیده بالا بوده و تجزیه و تحلیل‌های بیوشیمیایی نشان داده است که وزن خشک شیرونومیده حاوی ۵۶ درصد پروتئین است و این امر آبزی‌پروران را تشویق به استفاده از آن کرده است (De La Noüe *et al*., 1985). James و همکاران (۱۹۹۳) گزارش دادند که استفاده از شیرونومیده منجر به به حداقل‌رساندن دوره کشت و هزینه‌های تغذیه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) می‌شود. مطالعات Nath و همکاران (۲۰۲۱) در گونه‌های *Trichogaster fasciata*, و *Heteropneustes fossili* نشان داده بود که تغذیه این دو گونه با شیرونومیده (*Chironomus striatipennis*) موجب افزایش شاخص‌های رشد و پروتئین لاشه نسبت توبیفکس و جیره تجاری ماهیان آکواریومی در این دو گونه می‌گردد. Bódis و همکاران (۲۰۰۷) در لارو سوف معمولی (*Sander lucioperca*) در یک دوره ۱۲ روزه تطابق تدریجی به غذای خشک را با استفاده از ۴ استراتژی تغذیه شامل انتقال مستقیم به غذای خشک، استفاده ترکیبی از غذای زنده و غذای خشک، تطابق تدریجی از شیرونومیده به غذای خشک و انتقال تدریجی از دافنی به غذای خشک را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که بیشترین درصد بقاء و شاخص‌های رشد و کمترین درصد هم‌نوع‌خواری در طی استراتژی تغذیه انتقال تدریجی شیرونومیده به غذای خشک دیده می‌شود. از سوی دیگر مطالعات انجام شده در تاس‌ماهی رنگ‌پریده (*Scaphirhynchus albus*) با متوسط وزن ۲۰/۴ گرم با پلت‌های غذایی (۱ میلی‌متر، دارای ۴۵ درصد پروتئین، ۱۹ درصد چربی) و یا شیرونومیده نشان دهنده این موضوع بود که ماهیان تغذیه‌شده با غذای طبیعی نرخ رشد ویژه بیشتری (۲/۱۲ درصد در روز) نسبت به ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های خشک (۰/۰۶ درصد در روز) داشتند. همچنین، شاخص ضریب چاقی در ماهیان خاویاری که با شیرونومیده تغذیه کرده بودند بیشتر از ماهیان تغذیه‌شده با پلت بود (Valentine *et al*., 2017). محققین پیشنهاد نمودند که افزایش شاخص رشد و استقبال ماهیان از شیرونومیده بخاطر این

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

بود که لارو و بچه ماهی تاس‌ماهیان در طبیعت در محیط آب شیرین در درجه اول از بی‌مهرگان آبزی، به‌ویژه گونه‌های *Chironomidae* و *Ephemeroptera* استفاده می‌کنند (Wanner *et al*., 2007)، در صورتی که آرتمیا عمدتا در آب‌های شور پرورش داده شده و در محیط‌های طبیعی در دسترس لارو ماهیان خاویاری قرارندارد. در مطالعه حاضر تطابق تدریجی (مخلوط آرتمیا + شیرونومیده + جیره لاروی) + جیره لاروی [(MIX CH+AR+DR)+DR] نیز شاخص‌های رشد قابل قبولی را در لارو ازون‌برون ایجاد نمود که هماهنگ با یافته‌های Taati و همکاران (۲۰۱۸) است. آنها دریافته بودند تکه غذیه لارو تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) با شیرونومیده به‌دلیل وجود ترکیبات جاذب غنی از اسیدهای‌آمینه مانند متیونین موجب تحریک اشتهای و افزایش شاخص‌های رشد می‌شود. اما یافته‌های Shakourian و همکاران (۲۰۱۱) پس از تغذیه آغازین لارو تاس‌ماهی ایرانی طی ۳۵ روز با جیره‌های زنده و خشک مختلف بر این نکته اذعان داشت که مصرف مخلوطی از جیره خمیری و لارو شیرونومیده سبب افزایش وزن نهایی در این گونه می‌شود. شاید به این دلیل که اگرچه اقلام غذایی طبیعی (زنده) می‌توانند آنزیم‌های گوارشی خود را به ماهیان جوان «اهدا» کنند و در نتیجه بعنوان یک جزء برون‌زای آنزیم‌های گوارشی که در غذاهای فرموله‌شده موجود نیست، کمک کنند، اما استفاده از مخلوطی از غذای زنده و غذای خشک به‌شکل خمیری این مزیت را دارد که حس عادت‌پذیری و پذیرش غذای مصنوعی را در لاروها تقویت و موجب افزایش شاخص‌های رشد لارو می‌گردد (Gisbert *et al*., 2018). باید به این نکته توجه داشت با آن که آرتمیا به‌دلیل دارا بودن ۵۲ درصد پروتئین، ۱۸ درصد لیپید و آنزیم‌های گوارشی یک منبع غذایی ارزشمند برای لارو ماهیان شمار می‌آید (Leger *et al*., 1987)، اما بررسی‌های انجام شده در آزمایش حاضر نشان دادکه مخلوط این سه ماده غذایی (شیرونومیده، آرتمیا و غذای خشک خمیری شکل) می‌تواند باعث عادت‌پذیری و تقویت بهتر آنزیم‌های گوارشی در لارو تاس‌ماهی ازون برون گردد. در این آزمایش غذای خشک نیز شاخص‌های رشد قابل قبولی ایجاد کرد. اما درصد تلفات این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر در سطح بالایی قرار داشت که احتمالا می‌توان آن را به تغییر قابلیت هضم و تغییر جامعه میکروبی دستگاه گوارش لارو نسبت داد (Zhang *et al*., 2022).

بیش از ۵۰ درصد از ترکیب لارو (وزن خشک) پروتئین است. رشد بهینه لارو ارتباط نزدیکی با میزان پروتئین موجود در جیره غذای زنده و مصنوعی، کیفیت و کمیت آن دارد (Aragão *et al*., 2004). از سوی دیگر لارو ماهیان به‌دلیل سرعت رشد بالا و نیاز به کاتابولیسم و آنابولیسم شدید نیاز بالایی به اسیدآمینه‌های ضروری دارند. به طوری که عدم توازن اسیدآمیته‌های ضروری در جیره غذایی می‌تواند موجب کاهش رشد و ضریب تبدیل غذا شود (Saavedra *et al*., 2006). این نکته در انتقال لارو از غذای زنده به غذای مصنوعی که ترکیب و پروفایل اسیدهای‌آمینه آن در حال تغییرمی باشد از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این مطالعه بیشترین درصد آرژنین، لایزین و متیونین در لاشه لاروهای تغذیه‌شده با راهبردهای تغذیه (CH+ DR) و [(MIX CH++AR+DR)+DR] مشاهده شد. در میان اسیدهای آمینه ضروری، آرژنین یکی از آمینواسیدهای کاربردی درماهیان است. این اسیدآمینه

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

در اوره‌زایی، عملکرد سیستم ایمنی، دفاع آنتی‌اکسیدانی، محور سوماتوتروپیک، پاسخ‌های استرس و سم‌زدایی آمونیاک در ماهی نقش دارد (Hoseini *et al*., 2020). ماهیان آب شیرین بین ۳ تا ۸/۱ درصد پروتئین جیره به آرژنین نیاز دارند و حد بهینه آنها در ماهیان خاویاری شناخته شده نیست. متیونین و سیستئین از گروه اسیدآمینه‌های گوگرددار هستند. وجود مقادیر کافی متیونین و سیستئین برای ساخت پروتئین و سایر اعمال فیزیولوژیکی بدن لازم است و به‌نظر می‌رسد. سیستئین در ماهیان یک اسیدآمینه غیرضروری است که ماهی قادر است آن را از طریق اسیدآمینه‌های ضروری مانند متیونین جبران نماید. در صورتی‌که متیونین یک اسیدآمینه ضروری و مورد نیاز ماهیان (Lovell, 1998) و در سنتز پروتئین و ترکیبات بیوشیمیایی سولفوره ضروری و از سوی دیگر یک دهنده متیل در واکنش‌های شیمیایی است که می‌تواند متیل مورد نیاز را برای واکنش‌های متیل‌سازی مهیا سازد (Wu and Davis., 2005). مقدار موردنیاز اسیدآمینه‌های گوگرددار برای اکثر ماهیان ۲ تا ۳ درصد پروتئین جیره است. همچنین لایزین یکی از ۱۰ آمینواسید ضروری است که باید در غذای ماهیان موجود باشد. تحقیقات نشان داده است که تنظیم و تعادل اسیدهای آمینه جیره غذایی منجر به افزایش رشد سیم دریایی سرطلایی و لارو *Diplodus sargus* می‌شود (Gómez-Requeni *et al*., 2003). از سوی دیگر وجود اسیدآمینه‌های آزاد در غذا موجب افزایش ترشح آنزیم تریپسین و اسیدآمینه‌هایی نظیر آرژنین و آلانین باعث تحریک اشتها می‌گردند (Infante and Cahu, 2007).

نتایج تحقیقات Babaei و همکاران (۲۰۱۱) در تغذیه لارو تاس‌ماهی ایرانی پس از جذب کیسه زرده (۱۰-۹ روز پس از تفریخ) تا روز چهاردهم با آرتمیا (*Artemia urumina*) و سپس تا روز چهلم طبق شرایط کارگاهی با دافنی نشان‌دهنده این موضوع بود که به دلیل موجب فقر اسیدآمینه در این دو گونه غذای زنده، در روز چهاردهم تغذیه لارو با آرتمیا مقدار اسیدآمینه‌های آرژنین، هیستدین، لوسین و فنیل‌آلانین و در روز چهلم پس از تفریخ و در طی تغذیه از دافنی میزان اسیدآمینه فنیل‌آلانین در لاشه کاهش یافته بود. این در حالی است که با توجه به نتایج ارائه‌شده در خصوص افزایش آرژنین، لایزین و متیونین در لاشه لاروهای تغذیه‌شده با استراتژی‌های تغذیه (CH+ DR) وDR+(MIX CH++AR+DR) به‌نظر می‌رسد که شیرونومیده از نظر اسیدهای‌آمینه ضروری در مقایسه با آرتمیا دارای تعادل و غنای بیشتری است (Nath *et al*., 2021, 2022). Kabir و همکاران (۲۰۱۵) نیز دریافتند که نبود یک یا چند اسیدآمینه می‌تواند موجب محدودیت سنتز پروتئین و رشد در گربه‌ماهی (*Pangasianodon hypophthalmus*) شود.

در این مطالعه میزان ترئونین در لاروهای تغذیه‌شده استراتژی‌های تغذیه (CH+ DR) و MIX (CH++AR+DR)+DR در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی به طور معنی‌داری افزایش یافته بود. ترئونین یک اسیدآمینه ضروری است که در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی از جمله رشد، کارایی خوراک، عملکرد سیستم ایمنی و کارایی غذا نقش دارد. این اسیدآمینه می‌تواند در بهبود عملکرد گوارشی از طریق بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی و کنترل شاخص‌های استرس نقش داشته باشد (Dong *et*

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]
[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

*al*., 2022). به‌نظر می‌رسد که در آزمایش حاضر استراتژی‌های تغذیه ذکرشده موجب بالا رفتن کارایی غذا و رشد و در نتیجه افزایش میزان بقاء لاروهای ازون‌برون شده است.

در این تحقیق بیشترین درصد اسیدآمینه‌های ضروری در لاروهای تغذیه‌شده با تطابق تدریجی [MIX(CH++AR+DR)+DR] مشاهده شد. مطالعات نشان‌داده است که راندمان رشد و تبدیل غذا در لارو را می‌توان با تغییر ترکیب اسیدهای آمینه جیره تطابقی به حداکثر رساند. در غیر این صورت عدم تعادل اسیدهای‌آمینه در رژیم غذایی انتقالی باعث افزایش اکسیداسیون اسیدهای‌آمینه و کاهش راندمان تبدیل غذا می‌شود (Fauconneau *et al*., 1992) که اگر با از دست دادن اسیدهای‌آمینه جیره همراه باشد به‌این معنی است که ذخیره اسید آمینه‌های ضروری و غیرضروری در لاشه به طور معنی داری کاهش می‌یابد (Conceição *et al*., 1998). با توجه به موارد فوق به‌نظر می‌رسد که استراتژی‌های تغذیه (CH+ DR) و مخلوط آرتمیا + شیرونومیده + جیره لاروی) + جیره لاروی[MIX( CH++AR+DR)+DR] نقش موثری در استفاده بهینه از پروتئین و اسیدهای آمینه و ابقای آنها در لاشه لارو تاس‌ماهی ازون برون داشته است.

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد که استراتژی تطابق تدریجی (شیرونومیده+جیره لاروی)(CH+DR) و (مخلوط آرتمیا+شیرونومیده+ جیره لاروی)+جیره لاروی [CH++AR+DR)+DR] به‌دلیل اثرات مثبت بر عملکرد رشد، بقا و تعادل بهتر در پروفایل اسیدهای امینه لاشه راهبرد غذایی مناسبی جهت گذار به غذای فرموله در لارو اوزون‌برون می‌باشد.

## سپاسگزاری

نگارندگان مراتب سپاس خود را از آقایان علی هوشیار و آرش شهباری که پرورش و تغذیه لارو ماهیان را بر عهده داشتند ابراز می‌دارند.

## منابع

1. Agh, N., Noori, F., Irani, A., Van Stappen, G. and Sorgeloos, P., 2013. Fine tuning of feeding practices for hatchery produced Persian sturgeon, *Acipenser persicus* and Beluga sturgeon, *Huso huso*. *Aquaculture Research*, *44*(3), pp.335-344. DOI:10.1111/j.1365-2109.2011. 0303 1.x
2. AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2012. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (19th edn). *Association of Official Analytical Chemists, Arlington*, VA, USA. 1263 p.
3. Aragão, C., Conceição, L.E., Fyhn, H.J. and Dinis, M.T., 2004. Estimated amino acid requirements during early ontogeny in fish with different life styles: gilthead seabream (*Sparus aurata*) and Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture*, *242*(1-4), pp.589-605. DOI: 10.1016/j.aquaculture. 2004.09.015
4. Babaei, S., Abedian Kenari, A.M., Nazari, R.., 2011. Study of the amino acid composition of Persian sturgeon larvae (*Acipenser persicus*) fed with live foods of Artemia and Daphnia. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, *20*(2), pp.1-8. DOI:10.22092/ISFJ.2017.109986
5. Besson, M., Aubin, J., Komen, H., Poelman, M., Quillet, E., Vandeputte, M. and De Boer, I.J.M., 2016. Environmental impacts of genetic

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

improvement of growth rate and feed conversion ratio in fish farming under rearing density and nitrogen output limitations. *Journal of Cleaner Production*, *116*, pp.100-109. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.12.084

6. Bódis, M., Kucska, B. and Bercsényi, M., 2007. The effect of different diets on the growth and mortality of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) in the transition from live food to formulated feed. *Aquaculture international*, *15*(1), pp.83-90. DOI: 10.1007/s10499-006-9063-0.
7. Cara, J.B., Moyano, F.J., Zambonino, J.L. and Alarcón, F.J., 2007. The whole amino acid profile as indicator of the nutritional condition in cultured marine fish larvae. *Aquaculture Nutrition*, *13*(2), pp.94-103. DOI:10.1111/j.1365-2095.2007.00459.x
8. Chèvre, P., Saint-Sevin, J., Mercier, D., Jacobs, L. and Williot, P., 2011. Recent progress in larval rearing of the European sturgeon, *Acipenser sturio*. Biology and Conservation of the European Sturgeon *Acipenser sturio.* chap. 33. *Biology and conservation of the European sturgeon Acipenser sturio L. 1758: the reunion of the European and Atlantic sturgeons*, Springer, pp.449-453. DOI: 10.1007/978-3-642-20611-5_33
9. Conceição, L.E.C., Ozório, R.O.A., Suurd, E. A. and Verreth, J.A.J., 1998. Amino acid profiles and amino acid utilization in larval African catfish (*Clarias gariepinus*): effects of ontogeny and temperature. *Fish Physiology and Biochemistry*. *19*, pp.43-58. DOI: 10.1023/A: 1007738228055
10. Dediu, L., Maeranu, M., Cristea, V. and Maeranu, D., 2011. Effect of formulated diet versus live food on growth and survival of Russian sturgeon (*Acipenser guldenstaedti*) larvae starting exogenous feeding. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, *68*, pp.1-2.
11. De la Noüe, J. and Choubert, G., 1985. Apparent digestibility of invertebrate biomasses by rainbow trout. *Aquaculture*, *50*(1-2), pp.103-112. DOI: 10.1016/0044-8486(85)90156-5
12. Dong, Y.W., Jiang, W.D., Wu, P., Liu, Y., Kuang, S.Y., Tang. and Feng, L., 2022. Nutritional digestion and absorption, metabolism fates alteration was associated with intestinal function improvement by dietary threonine in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon Idella*). *Aquaculture*, *555*, pp.738194. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.738194
13. Fauconneau, B., Basseres, A. and Kaushik, S.J., 1992. Oxidation of phenylalanine and threonine in response to dietary arginine supply in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, *101*(2), pp.395-441 DOI: 10.1016/0300-9629(92)90552-2
14. Falahatkar, B., 2015. Aquatic Animal Nutrition and firmulation. Jahad *Agricultural Higher Applied Scientific Education Institute publication*, Tehran. 334 p.
15. Fry, J.P., Mailloux, N.A., Love, D.C., Milli, M.C. and Cao, L., 2018. Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? *Environmental Research Letters*, *13* (2), pp.024017. DOI 10.1088/1748-9326/aaa273
16. Ghasemi, N., Imani, A., Noori, F. and Shahrooz, R., 2020. Ontogeny of digestive tract of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) from hatching to juvenile stage: Digestive enzymes activity, stomach and proximal intestine. *Aquaculture*, *519*, pp.734-751. DOI: j.aquaculture.2019.7 34751
17. Gisbert, E., Solovyev, M., Bonpunt, E. and Mauduit, C., 2018. Weaning in Siberian sturgeon larvae. The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869). 2, pp.59-72. DOI:10.1007/978-3-319-61676-6_4
18. Gómez-Requeni, P., Mingarro, M., Kirchner, S., Calduch-Giner, J.A.,

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

Médale, F., Corraze, G. and Pérez-Sánchez, J., 2003. Effects of dietary amino acid profile on growth performance, key metabolic enzymes and somatotropic axis responsiveness of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, *220*(1-4), pp.749-767. DOI: 10.1016/S0044-8486(02)00654-3

19. Ghorbani Vaghei, R., Yousefi Jourdehi, A., Pazhand, Z., Mohseni, M. and Monsef Shokri, M., 2024. The effects of feeding frequency and type of feeding regime, on growth performance, carcass composition, some digestive enzymes activity and survival rate of beluga (*Huso huso*) larvae. *Journal of Aquaculture Development, 18*(3), pp.1-17. DOI: 10.71901/jad-2024-1-839 [In Persian]
20. Ghorbani Vaghei, R., Yousefi Jourdehi, A., Pajand, Z., Monsef Shokri, M., & 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*, 4, pp.1-14. 9936622. DOI: 10.1155/2023/9936622
21. Haddadi Moghadam, K., Pazhand, Z., Mohseni, M. and Choubian, F., 2014. The effect of different dietary levels of rotifer *Brachionus plicatilis* and nauplius *Artemia parthenogenetica* on the growth and survival of Persian sturgeon larvae (*Acipenser persicus*). *Journal of Aquaculture Development*, *8* (3), pp.31-41. [In Persian]
22. Hoseini, S.M., Yousefi, M., Mirghaed, A.T., Paray, B.A., Hoseinifar, S.H. and Van Doan, H., 2020. Effects of rearing density and dietary tryptophan supplementation on intestinal immune and antioxidant responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, *528*, 735537. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735537
23. Infante, J.Z. and Cahu, C.L., 2007. Dietary modulation of some digestive enzymes and metabolic processes in developing marine fish: applications to diet formulation. *Aquaculture*, *268*(1-4), pp.98-105. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2007.04.032
24. Jafaryan, H., 2016. The study of feeding parameters of Beluga (*Huso huso*) larvae fed with Artemia nauplii and Daphnia. *Journal of Fish Nutrition*, *2*(1), pp.5-27. [In Persian]
25. James, R., Muthukrishnan, J. and Sampath, K., 1993. Effects of food quality on temporal and energetics cost of feeding in *Cyprinus carpio* (Pisces: Cyprinidae). *Journal of Aquaculture In the Tropics*, *8*, pp.47-53.
26. Kabir, M.A., Ghaedi, A., Talpur, A.D. and Hashim, R., 2015. Effect of dietary protein levels on reproductive development and distribution of amino acids in the body tissues of female *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) broodstock in captivity. *Aquaculture Research*, *46*(7), pp.1736-1747. DOI: 10.1111/are.12326
27. Lee, S., Zhai, S., Deng, D.F., Li, Y., Blaufuss, P.C., Eggold, B.T. and Binkowski, F., 2022. Feeding strategies for adapting lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) larvae to formulated diets at early life stages. *Animals*, *12*(22), pp.3128. DOI:10.3390/ani12223128
28. Leger, R.S., Cooper, R.M. and Charnley, A.K., 1987. Distribution of chymoelastases and trypsin-like enzymes in fi5ve species of *entomopathogenic deuteromycetes*. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *258*(1), pp.123-131. DOI:10.1016/0003-9861(87)90329-8
29. Lovell, T., 1998. Nutrition and fish health. In Nutrition and feeding of fish (pp. 115-122). Boston, MA: Springer US.265pp.
30. McLarney, W.O., Henderson, S. and Sherman, M.M., 1974. A new method for culturing Chironomus tentans Fabricius larvae using burlap substrate in fertilized pools, *Aquaculture*, *4*, pp.267-276. DOI:10.1016/0044-8486(74)90039-8
31. Meena, D.K., Sahu, N.P., Srivastava, P.

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

P., Jadhav, M., Prasad, R., Mallick, R.C. and Das, B.K., 2021. Effective valorisation of facile extract matrix of *Terminalia arjuna* (Roxb) against elite microbes of aquaculture industry–a credence to bioactive principles: Can it be a sustainability paradigm in designing broad spectrum antimicrobials?. *Industrial Crops and Products*, *171*, 113905. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113905

32. Mohseni, M., Pourkazemi, M., Hassani, S.H., 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*, pp.118-131.DOI: 20.1001.1.15622916. 2012.11.1.10.6
33. Nath, S., Samanta, S. and Das, S., 2021. Effectiveness of chironomid larvae in compare to other fish foods on growth parameters and body protein of two economically important fishes. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, *36*(2), pp. 147-155. DOI:10.47059/alinteri/V36I2/AJAS21128
34. Nath, S., Samanta, S., Podder, R., Weltje, L. and Modak, B.K., 2022. Ex-situ Evaluation of Chironomid Larvae as a Potential Supplementary Food in Aquaculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, *92*(4), pp.801-806. DOI: 10.1007/s40011-022-01377-9
35. National Research Council NRC., 2011. Nutrient requirements of fish. National Academy Press, Washington DC.265 pp.
36. Parma, L. and Bonaldo, A., 2013. Larval fish weaning. In: Qin J.G. (ed.). Larval Fish in Aquaculture. Nova Science Publishers, Inc, New York, USA. pp.201-222.
37. Sahandi, J., 2011. Natural food production for aquaculture: cultivation and nutrition of Chironomid larvae (Insecta, Diptera). *Advances in Environmental Sciences*, *3*(3), pp. 268-271.
38. Saavedra, M., Conceição, L.E. C., Pousão-Ferreira, P. and Dinis, M.T., 2006. Amino acid profiles of *Diplodus sargus* (L., 1758) larvae: implications for feed formulation. *Aquaculture*, *261*(2), pp.587-593. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.08.016
39. Shakourian, M., Pourkazemi, M., Yazdani Sadati, M.A., 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, pp.771-774. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2010.01632.x
40. Taati, R., Pourali Fashtami, J.R. and Sharifi Ardejani, H.A., 2018. Comparison of the effects cultured chironomid extract and the amino acid methionine, on growth, survival, and carcass composition of Persian sturgeon larvae (*Acipenser persicus*). *Journal of Marine Biology*, *10*(3), pp.1-17.
41. Teodósio, R., Aragão, C., Conceição, L. E., Dias, J. and Engrola, S., 2022. Amino acid metabolism in gilthead seabream is affected by the dietary protein to energy ratios, *Aquaculture Nutrition*, *2022*(1), pp. 8230704. DOI: 10.1155/2022/8230704
42. Valentine, S.A., Bauman, J.M., Scribner, K.T., 2017. Effects of alternative food types on body size and survival of hatchery-reared Lake Sturgeon larvae. *North American Journal of Aquaculture*, *79*(4), pp.275-282. DOI: 10.1080/15222055.2017.1330788
43. Wanner, G.A., Shuman, D.A. and Willis, D.W., 2007. Food habits of juvenile pallid sturgeon and adult shovelnose sturgeon in the Missouri River downstream of Fort Randall Dam, South Dakota. *Journal of Freshwater Ecology*, *22*(1), pp. 81-92. DOI: 10.1080/02705060.2007.9664148
44. Wu, G. and Davis, D.A., 2005. Interrelationship among methionine, choline, and betaine in channel catfish

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]

*Ictalurus* punctatus. *Journal of the World Aquaculture Society*, *36*(3), pp.337-345. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2005.tb00337.x

45. Zhang, X., Liu, Y., Chen, S., Wang, B., Wu, H., Tang, N. and Li, Z., 2022. Transcriptome reveals the effects of early weaning on lipid metabolism and liver health of Yangtze Sturgeon (*Acipenser dabryanus*). *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(18), 10866. DOI: 10.3390/ijms231810866

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14 ]

[ DOI: 10.71901/jad-2026-1-896 ]