Journal of Aquaculture Development
Vol. 19, No. 3, 2025, Pages: 49-65
DOI: 10.71901/jad-2025-3-873

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of different levels of superworm larvae meal (*Zophobas morio*) in diet on growth performance and carcass chemical composition of juvenile Stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*)

Lebria, A. [1], Ershad Langroudi, H.[1*], Sajjadi, M.[2], Pajand, Z.[3]

1- Department of Fisheries, La.C., Islamic Azad University, Lahijan, Iran
2- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran
3- International Sturgeon Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Received: 3 October 2025 **Accepted: 1 December 2025**

Abstract:

Introduction: Fish meal is one of the primary proteins used in aquatic animal feeds contributing approximately 68% of global FM production. However, fishmeal is becoming less accessible due to aquaculture development, weather change, and overfishing. Thus, finding an affordable, stable, and eco-friendly alternative protein source for FM will help reduce feed costs, alleviate pressure on FM supply, and promote sustainable fish culture. Superworms are extensively studied as a promising alternative to fishmeal. It is evident from the previous studies that this Insects significantly has high protein, balanced amino acid profile, lipids, vitamins, minerals, and energy. As a result, this study aimed to evaluate the impact of superworm larvae meal (*Zophobas morio*) as a replacement for fish meal on the growth performance and body composition of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*).

Materials and methods: superworm larvae were ground to powder and subsequently used to substitute fish meal at varying proportions: 0, 10, 20 and 30% and stellate sturgeon was fed this diet for 56 days. A total of 120 A. stellatus with an average body weight of 28.08±0.13g were randomly divided intofour treatment groups with three replicates. The fish were hand-fed to apparent satiation three daily (at 08:00, 12:00, and 18:00). Growth performance was calculated according to their equations and the standard methods outlined by AOAC (2005) were utilized to assess the proximate composition of fish bodies and formulate the diet.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

Results and Discussion: Final weight, Weight gain and Body weight increase of the fish fed diets with control and diet containing 10 % superworm larvae meal was significantly higher than other treatments (p<0.05). The lowest feed conversion ratio was observed in control which had a significant difference compared to SWM30 (p<0.05). Protein, fat, moisture and carcass ash were significantly affected by different levels of superworm larvae meal (p<0.05). The protein showed the highest amount in the control treatment and showed a significant difference with the 20 and 30% treatments. But with 10% treatment, there was no significant difference (p>0.05). Also, the moisture was the highest in the control treatment and showed a significant difference with the 10, 20 and 30 percent treatments (p<0.05). Ash also showed the highest amount in the control treatment and showed a significant difference with the 30 treatment (p<0.05), But there was no significant difference with 10 and 20% treatments (p>0.05). While the amount of fat increased significantly with the increase of superworm larva meal in the diet (p<0.05). The fat showed the highest amount in the 30% treatment and showed a significant difference with the control and 10% treatments (p<0.05), But with 20% treatment, there was no significant difference (p>0.05). This may be due to the existence of chitin content of the Insects. Antinutrients like chitin present in Insects can hinder the availability and digestibility of specific macronutrients by shortening the time food stays in the gut and limiting enzyme contact with food substances.

Conclusion: Finally, our research findings indicated that at least 10% SWM could be incorporated as a protein source instead of FM in a diet for stellate sturgeon without negatively impacting growth performance and carcass chemical composition. These findings underscore the viability of using SWM meal as a sustainable alternative protein source in fish diets, aiding in the advancement of cost-effective and environmentally friendly aquaculture practices.

Keywords: Fish meal, superworm, Growth, Chemical composition, Sturgeon

* *Corresponding Author: hadi.ershad@iau.ac.ir*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال نوزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴، صفحه های ۶۵-۴۹
DOI: 10.71901/jad-2025-3-873

"مقاله پژوهشی"

اثر جایگزینی سطوح مختلف پودر لارو سوپرورم (*Zophobas morio*) در جیره غذایی بر عملکرد رشد و ترکیبات شیمیایی بدن بچه ماهی ازون‌برون (*Acipenser stellatus*)

آرش لبریا[۱]، هادی ارشاد لنگرودی[۱*]، میرمسعود سجادی[۲]، ذبیح اله پژند[۳]

۱- گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران
۳- انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۱۱

چکیده

این مطالعه به منظور تعیین اثر جایگزینی پودر ماهی با پودر لارو سوپرورم (*Zophobas morio*) بر عملکرد رشد و ترکیبات شیمیایی بدن بچه ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*) انجام گرفت. بدین منظور، ۱۲۰ قطعه بچه‌ماهی ازون‌برون با میانگین وزن اولیه ۰/۱۳± ۲۸/۰۸ گرم در چهار تیمار با سه تکرار توزیع شدند. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد (SWM0)، ۱۰ درصد (SWM10)، ۲۰ درصد (SWM20) و ۳۰ (SWM30) درصد جایگزینی پروتئین پودر لارو سوپرورم به جای پودر ماهی بود. غذادهی ماهیان بر اساس اشتها، روزانه در سه نوبت و به مدت ۸ هفته انجام شد. در پایان آزمایش نتایج نشان داد که میانگین وزن نهایی، وزن بدست آمده و درصد افزایش وزن بدن بچه ماهیان تغذیه شده با جیره های شاهد و جیره حاوی ۱۰ درصد پودر لارو سوپرورم به طور معنی داری نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود (p<۰/۰۵). پایین ترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار شاهد مشاهده شد که نسبت به تیمار ۳۰ درصد اختلاف معنی داری داشت (p<۰/۰۵). پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر لاشه به طور معنی داری تحت تأثیر سطوح مختلف پودر لارو سوپرورم قرار گرفتند (p<۰/۰۵). به طوری که پروتئین در تیمار شاهد بیشترین میزان را نشان داد و اختلاف معنی دار آماری با تیمارهای ۲۰ و ۳۰ درصد نشان داد (p<۰/۰۵). این درحالی است که با تیمار ۱۰ درصد فاقد اختلاف معنی دار بود (p>۰/۰۵). همچنین رطوبت در تیمار شاهد بیشترین میزان را نشان داد و اختلاف معنی دار آماری با تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد نشان داد (p<۰/۰۵). خاکستر نیز در تیمار شاهد بیشترین میزان را نشان داد و اختلاف معنی دار آماری با تیمار ۳۰ نشان داد (p<۰/۰۵). ولی با تیمارهای ۱۰ و ۲۰ درصد فاقد اختلاف معنی دار بود (p>۰/۰۵). درحالیکه میزان چربی به طور قابل توجهی با افزایش پودر لارو سوپرورم در جیره افزایش یافت (p<۰/۰۵)، و چربی در تیمار ۳۰ درصد بیشترین میزان را نشان داد و اختلاف معنی داری با تیمارهای شاهد و ۱۰ درصد نشان داد (p<۰/۰۵)، اما با تیمار ۲۰ درصد فاقد اختلاف معنی دار بود (p>۰/۰۵). نتایج این مطالعه نشان داد که پودر لارو سوپرورم را می توان تا میزان ۱۰ درصد جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی بچه ماهیان ازون برون نمود بدون اینکه تأثیر منفی بر عملکرد رشد و ترکیب شیمیایی بدن داشته باشد.

کلمات کلیدی: پودر ماهی، سوپرورم، رشد، ترکیبات شیمیایی، ماهیان خاویاری

* عهده‌دار مکاتبات: hadi.ershad@iau.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

مقدمه

افزایش جمعیت، سبب افزایش تقاضای روزافزون برای آبزی پروری شده است (Mathisen, 2010). در این بین، پرورش ماهیان خاویاری با استفاده از غذاهای مصنوعی رواج یافته است (Hung, 2017). ماهی ازون-برون (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771) یکی از گونه‌های مهم ماهیان خاویاری است که جمعیت قابل توجهی را در دریای خزر به خود اختصاص داده است. از مزیت های این گونه می‌توان به کیفیت بالای گوشت، بازارپسندی فوق العاده آن، مدت زمان کمتر برای رسیدن به مرحله بلوغ و تولید خاویار نسبت به اکثر گونه های ماهیان خاویاری و همچنین میزان بالای خاویار استحصالی نسبت به وزن بدن اشاره کرد. این گونه به دلیل سن پایین رسیدگی جنسی، قابلیت تولید خاویار را در سنین پایین‌تر نسبت به گونه‌هایی نظیر فیل‌ماهی، تاس‌ماهی روسی و تاس‌ماهی ایرانی دارا بوده و برای تولید خاویار در سیستم‌های پرورشی مناسب می‌باشد (Norouzi *et al*., 2008).

با توجه به اینکه غذای ماهیان ۵۰ تا ۶۰٪ از هزینه تولید آبزیان را شامل می‌شود (Cho *et al*., 2005) و کیفیت مواد پروتئینی موجود در جیره غذایی نقش اساسی در تنظیم رشد ماهیان و غذای مصرفی دارد (Tacon and Metian, 2008). گسترش سریع آبزی-پروری می‌تواند سبب بروز مشکلاتی در تهیه غذای دام و آبزیان پرورشی شود (FAO, 2014). پودر ماهی مدت‌هاست که به عنوان منبع پروتئین با کیفیت بالا برای فرمولاسیون غذای آبزیان استفاده می‌شود. با وجود این، اتکا به پودر ماهی به دلیل افزایش مداوم قیمت (Rahimnejad *et al*., 2018)، به عنوان محدودیتی در توسعه صنعت آبزی‌پروری است (Tacon and Metian, 2008). همچنین، بهره برداری غیرپایدار ذخایر وحشی ماهیان برای تأمین پودر ماهی نیز سبب نگرانی است (Naylor *et al*., 2009). بنابراین، با توسعه آبزی‌پروری، افزایش تقاضا و قیمت پودرماهی اجتناب ناپذیر است (Tacon and Metian, 2015). از این رو، منابع محدود پودرماهی نمی‌تواند از صنعت غذای آبزیان حمایت کند (Yao *et al*., 2020). اما هنوز توان بالقوه قابل توجهی برای جایگزین های مقرون به صرفه پودرماهی وجود دارد (Suarez *et al*., 2013).

در نتیجه، اقداماتی برای جایگزینی پودرماهی و یا کاهش گنجاندن آن در جیره غذایی ماهیان انجام شده است. از طرفی در دهه‌های اخیر تلاش‌های زیادی در زمینه استفاده از پروتئین گیاهی در جیره‌های غذایی ماهیان پرورشی شده است (Terova *et al*., 2021). با این حال ترکیبات اولیه گیاهی دارای معایبی از جمله محتوای پروتئینی نسبتاً کم، ترکیب اسیدآمینه ضروری نامطلوب، خوش خوراکی اندک و وجود مواد ضد - تغذیه‌ای است. افزون بر این، رشد سریع جمعیت انسانی، استفاده از زمین های زراعی را تحت فشار قرار داده و تغییر اقلیم و اثرات زیست محیطی تامین آب و انرژی برای کشت این گیاهان را در مخاطره قرار داده است (Naylor *et al*., 2009). این امر موجب ترغیب محققین به جستجوی استراتژی‌های جدید برای بهبود کارایی خوراک‌های مبتنی بر پروتئین گیاهی (Gatlin *et al*., 2007; Magalhaes *et al*., 2016) و همچنین استفاده از سایر جایگزین‌های پودرماهی، مانند مواد اولیه با منشأ جانوری از جمله محصولات فرعی کشتارگاه یا پودر حشرات شده است (Moutinho *et al*., 2016; Oliva-Teles *et al*., 2015). حشرات در

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

مقایسه با پروتئین حیوانی رایج، دارای مزایای متعددی ازجمله امکان پرورش با اتکا به محصولات جانبی ارگانیک، ضریب تبدیل غذایی مناسب، انتشار سطوح پایین گازهای گلخانه‌ای و آمونیاک، مسائل ساده حقوق حیوانات و خطرات کم انتقال عفونت هستند (Van Huis *et al*., 2013; Makker *et al*., 2014). علاوه بر این، آنها بخشی از رژیم غذایی طبیعی ماهیان آب شیرین و دریایی هستند. در نتیجه علاقه‌مندی محققان برای استفاده از پودر حشرات به عنوان بخشی از خوراک آبزیان بسرعت رشد کرده و اخیراً استفاده از آنها توسط کمیسیون اروپا تایید شده است (Magalhães *et al*., 2017). این مزایا نشان می‌دهد که استفاده از حشرات در فرمولاسیون غذای ماهی علاوه بر اثرات مفید تغذیه‌ای، می‌تواند در تأمین پایدار مواد اولیه برای ساخت خوراک آبزیان نیز کمک کند.

سوپرورم (*Zophobas morio*) حشره‌ای از راسته سخت بالپوشان و خانواده سوسک‌های تاریک‌زی است که اگرچه در گذشته به عنوان حشره آفت انباری آرد گندم و برخی دیگر از فرآورده‌های غلات مورد توجه بوده است (Hagstrum and Subramanyam, 2009)، ولی در حال حاضر، اهمیت خسار ت‌زایی آن ناچیز بوده و به عنوان یک آفت انباری درجه دو محسوب می‌شود (Arbab, 2012). این حشره در مرحله ی نوزادی به علت دارا بودن ۴۶٪ پروتئین و ۴۲٪ چربی (Rumbos and Athanassiou, 2021) علاوه بر این که در فهرست حشرات خوارکی انسان قرار گرفته است (Adamkova *et al*., 2017) و جزو رایج‌ترین حشرات صنعتی محسوب می‌شود (Pinter *et al*., 2022)، گزینه مناسبی به عنوان غذای زنده برای جایگزینی با پودر ماهی و کنجاله سویا در جیره‌ی غذایی آبزیان و ماکیان است (Rumbos *et al*., 2021)، به طوری که مطابق با مقررات کمیسیون اتحادیه اروپا اجازه استفاده از خوراک مبتنی بر آن برای آبزی‌پروری پایدار از سال ۲۰۱۷ داده شده است (European Commission, 2017).

تاکنون مطالعات زیادی درباره جایگزینی پودر ماهی با پودر لارو سوپرورم در جیره ماهیانی مانند تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) (Jabir *et al*., 2012; Fontes *et al*., 2019)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Dogankaya, 2017; Hosseini Shekarabi *et al*., 2021)، ماهی سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*) (Prachom *et al*., 2021)، باس دریایی اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) (Stathopoulou *et al*., 2022)، شانک سرطلایی (*Sparus aurata*) (Henry *et al*., 2022) و همچنین برخی از آبزیان زینتی مانند گوپی (*Poecilia reticulata*) (Kowalska *et al*., 2021) انجام شده است. از آنجا که مشکل اصلی صنایع تولید غذای آبزیان یافتن منابع پروتئینی پایدار، ارزان‌تر، واجد تمام مواد مغذی و با کمترین عوارض است، این تحقیق برای تعیین سطح مناسب پودر لارو سوپرورم در جیره غذایی و تأثیر آن بر عملکرد رشد و ترکیبات شیمیایی بدن بچه‌ماهی ازون‌برون انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری (ایستگاه چابکسر) انجام شد. قبل از شروع مرحله اصلی مطالعه، بچه‌ماهیان ازون‌برون برای سازگاری با شرایط جدید به مخازن فایبرگلاس انتقال یافتند و به مدت دو هفته با غذای شاهد تغذیه شدند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

پس از اتمام مدت سازگاری، ۱۲۰ قطعه ماهی با میانگین وزن اولیه ۰/۱۳ ± ۲۸/۰۸ گرم و به تعداد ۱۰ قطعه در هر مخزن فایبرگلاس با ظرفیت ۴۵۰ لیتر در ۴ تیمار و هر تیمار با ۳ تکرار (مجموعا ۱۲ مخزن) توزیع شدند و به مدت ۸ هفته مورد بررسی قرار گرفتند. سیستم پرورشی در یک مکان سرپوشیده قرار داشت و آب مورد نیاز در این تحقیق از طریق چاه تامین شد. میانگین دما، اکسیژن محلول و pH آب به ترتیب ۰/۵۳ ± ۱۸/۵۴ سانتی‌گراد، ۰/۱۹ ± ۶/۸۹ میلی‌گرم در لیتر و ۰/۰۱ ± ۸/۰۹ بود. دوره نوری برای پرورش شامل ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود.

در این مطالعه ۴ تیمار غذایی با سطوح جایگزینی صفر (SWM0)، ۱۰ (SWM10)، ۲۰ (SWM20) و ۳۰ (SWM30) درصد پودر لارو سوپرورم به جای پودر-ماهی که از نظر پروتئین و انرژی برابر بودند، استفاده شد (جدول ۱) (Jozefiak *et al*., 2019; Hosseini Shekarabi *et al*., 2021; Uslu *et al*., 2023). سوپرورم خشک شده از شرکت کاسپین ایل (خمام، گیلان)، کنجاله سویا از شرکت خوراک دام، طیور و آبزیان وحدت (رشت، گیلان) و و مکمل های ویتامینه و معدنی از شرکت لابراتورهای دارویی سیانس (قزوین، ایران) خریداری شد. فرمولاسیون جیره‌ها توسط نرم افزار Excel انجام گرفت. مراحل آماده-سازی جیره‌ها در کارگاه ساخت جیره انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری انجام شد. در مرحله ساخت جیره‌های آزمایشی، ابتدا مواد اولیه پودر شده، با الک ۱۰۰ میکرون الک شد تا نمونه نرم و یکنواختی به دست آید سپس اقلامی که درصد کمتری در جیره داشتند، شامل مکمل معدنی و ویتامینه، ضد قارچ و بنتونیت با ترازوی ۰/۰۰۱ گرم (Sartorius، آلمان) توزین شد و سپس اقلامی که درصد بالاتری در جیره داشتند، شامل پودرماهی، سوپرورم، آرد گندم، کنجاله سویا و گلوتن گندم که با ترازوی دیجیتال با دقت یک گرم توزین شده بودند، به صورت دستی مخلوط و نهایتا تمام اقلام به صورت یکنواخت با همدیگر مخلوط شدند. پس از آن به طور کامل با روغن‌های ماهی و کلزا و لسیتین و ملاس ترکیب و با مقدار مناسبی آب مخلوط شدند و یک ترکیب خمیری شکل به دست آمد. مخلوط به دست آمده با چرخ گوشت صنعتی با چشمه ۲ میلی متر دو بار چرخ و سپس روی سینی‌ها پخش شد و با استفاده از خشک کن صنعتی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۶ ساعت خشک شد. پس از اتمام مرحله خشک شدن، رشته‌ها به پلت‌های کوچک مطابق با اندازه دهان ماهی شکسته شد. سپس جیره های آزمایشی بسته‌بندی و در محیط خشک و خنک نگهداری شدند. غذادهی به ماهیان به صورت دستی و روزانه در سه نوبت (ساعات ۸، ۱۴ و ۱۸) صورت گرفت (Gholian *et al*., 2020). هر روز قبل از اولین غذادهی، مخازن سیفون شده و حدود ۵۰ درصد از آب آن‌ها تعویض گردید تا به این طریق باقی‌مانده های غذایی و مدفوع خارج شود. پس از آن با آبگیری مجدد مخازن مقداری غذا به تدریج و با توجه به اشتهای ماهیان در آب پخش شد. همچنین ماهیان از لحاظ میزان تغذیه و سلامت نیز مورد بررسی قرارگرفتند. بعد از اتمام غذادهی، تمامی مخزن‌ها از لحاظ میزان غذای خورده شده مورد بررسی قرارگرفتند تا در صورت نیاز مجدد مقداری غذا در اختیار ماهیان قرارگیرد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

جدول ۱: ترکیبات بیوشیمیایی و مواد تشکیل دهنده جیره های آزمایشی

Table 1: The biochemical composition and ingredients of the experimental diets.

Experiment diets				
Ingredients (%)	**TM0**	**TM10**	**TM20**	**TM30**
Fish meal	40	36	32	28
superworm larvae meal[a]	0	5. 5	11	16.5
Wheat flour	10	10	10	10
Wheat gluten	13	13	13	13
Soybean meal[b]	20	20	20	20
Fish oil	5	4.5	4	3.5
Canola oil	5	4.5	4	3.5
Vitamins Premix[c]	1	1	1	1
Minerals Premix[d]	1	1	1	1
Lecitine	1	1	1	1
Molasses	2	2	2	2
Antifungal	0.2	0.2	0.2	0.2
filler	1.8	1.3	1	1.9
Crude protein	45.27	45.27	45.27	45.28
Crude lipid	15.25	15.62	15.79	15.76
Moisture	6.25	6.19	6.13	6.07
Crude Ash	8.57	8.16	7.75	7.34
Gross energy (mJ/Kg)	19.31	19.48	19.59	19.63

[a]Caspian eel aquaculture company (Guilan, Iran)
[b]Vahdat Gilan Animal, Poultry and Aquatic Feed Company (Rasht, Guilan)
[c]Science Laboratories Co. (Qazvin, Iran) provides the following information in gramsper kilogram (g kg-1): A (1600000 IU), D3 (400000 IU), E (40), K3 (2), B1 (6), B2 (8), B3 (12), B5 (40), B6 (4), B9 (2), B12 (0.008), H2 (0.24), C (60), Inositol (20), Biotin (0.2)
[d]Science Laboratories Co. (Qazvin, Iran) contains the following elements per kg: Iron (6g), Zinc (10g), Selenium (0.02g), Cobalt (0.1g), Copper (6g), Manganese (5g), Iodine (0.6g), Choline chloride (6g)

اندازه‌گیری فاکتورهای رشد

در ابتدا و طی مدت ۸ هفته مطالعه، هر ۲ هفته یک بار زیست سنجی انجام شد، به این ترتیب که ۲۴ ساعت قبل از زیست سنجی غذادهی قطع می‌شد تا دستگاه گوارش ماهیان تخلیه شود. سپس ماهیان موجود در هر حوضچه با احتیاط توسط ساچوک صید می‌شدند. به منظور کاهش استرس با استفاده از محلول پودر گل-میخک (دوز ۱۰۰ ppm) (Bagheri Khamkhane *et al.*, 2022) بیهوش و زیست سنجی صورت می‌گرفت. جهت اندازه گیری وزن و طول هر ماهی به ترتیب از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و تخته زیست سنجی با دقت یک میلی‌متر استفاده شد. در پایان آزمایش به منظور بررسی عملکرد رشد و کارایی غذایی تیمارهای مختلف، شاخص‌هایی مانند وزن نهایی (FW) و طول نهایی (TL) اندازه‌گیری شدند. سپس شاخص‌های وزن بدست آمده (WG)، درصد افزایش وزن بدن (BWI)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، فاکتور وضعیت (CF) و نرخ کارایی پروتئین (PER) از

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

طریق رابطه‌های زیر محاسبه شدند (Hung *et al*., 1991; Deng *et al*., 2003):

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

BWI (g) = [(وزن نهایی (گرم) – وزن اولیه (گرم)) / (وزن اولیه (گرم)] × ۱۰۰

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

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

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

PER = وزن تر بدست آمده (گرم) / پروتئین مصرف شده (گرم)

آنالیز ترکیب شیمیایی بدن

پس از ۱۲ ساعت قطع غذادهی در پایان دوره پرورش از هر تکرار ۲ قطعه بچه‌ماهی به طور تصادفی برداشته شد و مقادیر پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر به روش AOAC (۲۰۰۰) مورد بررسی قرارگرفت. میزان رطوبت طی عملیات خشک کردن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت در آون، میزان خاکستر با سوزاندن مقدار مشخصی از لاشه در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸-۶ ساعت در کوره سوزان، میزان چربی خام پس از استخراج به وسیله اتر با استفاده از روش سوکسله و میزان پروتئین خام با استفاده از محاسبه نیتروژن (۶/۲۵ × N) و با روش های کلدال محاسبه شد (Tibbetts *et al*., 2006).

تجزیه و تحلیل داده ها

این مطالعه بر اساس طرح آزمایشی کاملا تصادفی طراحی، و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با کمک آزمون Kolmogorov-Smirnov ارزیابی، و آزمون همگنی واریانس نیز توسط تست Levene انجام شد. برای بررسی وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از آزمون واریانس یکطرفه استفاده شد و در صورت وجود اختلاف معنی دار میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ مقایسه شدند.

نتایج

شاخص‌های رشد بچه ماهیان ازون‌برون تغذیه شده با سطوح مختلف درصد جایگزینی پودر لارو سوپرورم، در جدول ۲، آمده است. بر این اساس، نتایج نشان داد که شاخص‌های فاکتور وضعیت، نرخ رشد ویژه و نرخ کارایی پروتئین تحت تاثیر تیمارهای با سطوح مختلف جایگزینی پودر لارو سوپرورم قرار نگرفتند و بین جیره‌های آزمایشی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (p>۰/۰۵). فاکتورهای وزن بدست آمده، درصد افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی به طور معنی داری تحت تاثیر سطوح مختلف جایگزینی پودر لارو سوپرورم قرار گرفتند (p<۰/۰۵). میزان وزن بدست آمده و درصد افزایش وزن بدن در بچه ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۲۰ و۳۰ درصد پودر لارو سوپرورم نسبت به جیره شاهد و ۱۰ درصد به طور معنی داری کمتر بود (p<۰/۰۵). مقدار میانگین وزن نهایی در تیمار تغذیه شده با جیره شاهد،

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

نسبت به تیمارهای ۲۰ و ۳۰ درصد بطور معنی‌داری بالاتر بود (p<۰/۰۵)، اما نسبت به تیمار ۱۰ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵). تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ درصد پودر لارو سوپرورم، بالاترین مقدار ضریب تبدیل غذایی را نشان داد که این اختلاف نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود (p<۰/۰۵)، اما نسبت به تیمارهای ۱۰ و ۲۰ درصد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (p>۰/۰۵).

جدول ۲: عملکرد رشد و کارایی غذایی بچه ماهیان ازون‌برون تغذیه شده با سطوح مختلف پودر لارو سوپرورم پس از ۸ هفته آزمایش (میانگین ± خطای استاندارد)

Table 2: Growth performance and feed efficiency of stellate sturgeon (*A. stellatus*) juveniles fed with different levels of superworm larval meal after 8 weeks of experiment (mean±SD).

Parameters	Experimental diets			
	TM0	**TM10**	**TM20**	**TM30**
Initial weight (g)	28.20 ± 3.68^{a}	28.00 ± 1.41^{a}	28.10 ± 1.27^{a}	27.60 ± 0.57^{a}
Final weight (g)	71.40 ± 2.98^{a}	66.49 ± 6.66^{ab}	63.49 ± 1.79^{b}	62.10 ± 1.27^{b}
WG (g)	43.20 ± 4.70^{a}	38.49 ± 5.25^{ab}	35.39 ± 3.06^{b}	34.50 ± 0.71^{b}
BWI(%)	154.90 ± 26.22^{a}	137.17 ± 8.36^{ab}	126.53 ± 11.97^{b}	125.33 ± 0.58^{b}
CF	0.23 ± 0.01^{a}	0.19 ± 0.00^{a}	0.21 ± 0.01^{a}	0.20 ± 0.01^{a}
SGR (%/day)	1.76 ± 0.20^{a}	1.63 ± 0.09^{a}	1.54 ± 0.14^{a}	1.53 ± 0.00^{a}
FCR	1.98 ± 0.87^{a}	2.57 ± 0.29^{ab}	4.17 ± 0.53^{ab}	5.75 ± 1.26^{b}
PER	2.24 ± 0.09^{a}	1.99 ± 0.27^{a}	1.83 ± 0.16^{a}	1.79 ± 0.04^{a}

Different superscript letters in the same row indicate significant differences (p<0.05).

نتایج ارزیابی شاخص‌های ترکیبات بیوشیمیایی بدن بچه ماهیان ازون‌برون در انتهای دوره آزمایشی در جدول ۳ آمده است. افزایش میزان جایگزینی سبب کاهش معنی‌دار در میزان پروتئین، رطوبت و خاکستر لاشه شد (p<۰/۰۵). به طوری که پروتئین در تیمار شاهد بیشترین میزان را نشان داد و اختلاف معنی‌دار آماری با تیمارهای ۲۰ و ۳۰ درصد نشان داد (p<۰/۰۵). ولی با تیمار ۱۰ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار بود (p>۰/۰۵). همچنین رطوبت در تیمار شاهد بیش‌ترین میزان را نشان داد و اختلاف معنی‌دار آماری با تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد نشان داد (p<۰/۰۵). خاکستر نیز در تیمار شاهد بیش‌ترین میزان را نشان داد و اختلاف معنی‌دار آماری با تیمار ۳۰ نشان داد (p<۰/۰۵). ولی با تیمارهای ۱۰ و ۲۰ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار بود (p>۰/۰۵). درحالیکه میزان چربی به طور قابل توجهی با افزایش پودر لارو سوپرورم در جیره افزایش یافت (p<۰/۰۵). به طوری که چربی در تیمار ۳۰ درصد بیش‌ترین میزان را نشان داد و اختلاف معنی‌دار آماری با تیمارهای شاهد و ۱۰ درصد نشان داد (p<۰/۰۵). ولی با تیمار ۲۰ درصد فاقد اختلاف معنی دار بود (p>۰/۰۵).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

جدول ۳: ترکیب شیمیایی بدن بچه ماهیان ازون‌برون تغذیه شده با سطوح مختلف پودر لارو سوپرورم پس از ۸ هفته آزمایش (میانگین ± خطای استاندارد)

Table 3: Proximate body composition of stellate sturgeon (*A. stellatus*) juveniles fed with different levels of superworm larval meal after 8 weeks of experiment (mean±SD).

Parameters (%)	Experimental diets			
	TM0	**TM10**	**TM20**	**TM30**
Crude protein	15.12 ± 1.63^{a}	14.24 ± 1.46^{a}	11.12 ± 0.62^{b}	11.05 ± 1.12^{b}
Crude lipid	11.84 ± 0.47^{a}	14.10 ± 1.58^{a}	19.12 ± 2.44^{ab}	21.20 ± 2.54^{b}
Moisture	71.63 ± 1.78^{a}	68.53 ± 2.25^{b}	69.72 ± 1.89^{b}	68.25 ± 2.68^{b}
Ash	2.42 ± 0.14^{a}	2.25 ± 0.29^{a}	2.12 ± 0.18^{a}	1.98 ± 0.36^{b}

Different superscript letters in a row indicate significant differences (p<0.05).

بحث

در سال‌های گذشته تحقیقات زیادی پیرامون استفاده از منابع پروتئین گیاهی، محصولات جانبی آبزیان، دام و طیور، دانه‌های حبوبات و حتی دانه‌های روغنی در جیره غذایی ماهی ازون‌برون ارائه شده است که مشکلات عمده منابع پروتئین گیاهی، وجود مواد ضد تغذیه‌ای مانند فیتات، آنتی ویتامین‌ها و هماگلوتین و خوش خوراکی اندک آن‌هاست (Glencross *et al*., 2007). بنابراین، استفاده از منابع پروتئین حیوانی نتایج مطلوب‌تری را به دنبال خواهد داشت. نتایج این مطالعه نشان داد جایگزینی پودر ماهی با پودر سوپرورم تا سطح ۱۰ درصد تأثیر منفی بر عملکرد رشد بچه‌ماهی ازون‌برون نداشت در حالیکه استفاده از سطوح بالاتر پودر سوپرورم موجب کاهش عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی در بچه ماهیان مورد آزمایش گردید. نتایج تحقیق ما با نتایج مطالعاتی که نشان می‌دهند سطوح بالای پودر حشرات موجب کاهش عملکرد رشد ماهی می‌شود، همخوانی دارد (Sanchez-Muros *et al*., 2014). در تحقیقی مشابه، Hosseini Shekarabi و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که استفاده از پودر سوپرورم تا سطح ۲۰ درصد تاثیر منفی بر شاخص‌های رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) ندارد. در مطالعه دیگری Dogankaya (۲۰۱۷) گزارش کرد که استفاده از پودر سوپرورم تا سطح ۲۵ درصد تاثیر منفی بر شاخص‌های رشد قزل‌آلای رنگین کمان ندارد. همچنین Jabir و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که استفاده از پودر سوپرورم تا سطح ۲۵ درصد تاثیر منفی بر شاخص‌های رشد تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*) ندارد.

تحقیقات فرآوانی درباره جایگزینی پودر ماهی با پودر حشرات شده و نتایج متفاوتی به دست آمده است. Piccolo و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که استفاده از سطوح بالاتر از ۵۰ درصد لارو میلورم در غذای ماهی سیم سرطلایی (*Sparus aurata*) تاثیر منفی بر قابلیت هضم مواد مغذی در این ماهی دارد. Cardinaletti و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که جایگزینی پودر ماهی با مگس سرباز سیاه تا ۵۰ درصد تاثیر منفی بر شاخص‌های رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان ندارد. نتایج مطالعه دیگری نشان داد جایگزینی سطوح بالاتر از ۳ درصد مگس سرباز سیاه موجب کاهش معنی‌دار ضریب رشد ویژه و افزایش ضریب تبدیل غذایی در بچه‌ماهی توربوت (Psetta Maxima) می

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

گردد (Kroeckel *et al*., 2012). با این حال بر خلاف نتایج این مطالعه، جایگزینی ۱۰۰ درصد پودر ماهی با پودر ملخ (*Gryllus bimaculatus*) تاثیر منفی بر عملکرد رشد گربه ماهی آفریقایی (*C. gariepinus*) نداشت (Taufek *et al*., 2016). همچنین در مطالعه دیگری جایگزینی ۱۰۰ درصد پودر ماهی با پودر مگس سرباز سیاه هیچگونه تاثیر منفی بر عملکرد رشد اسمولت‌های ماهی آزاد اقیانوس اطلس و ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) نداشته است (Lock *et al*., 2016; Li *et al*., 2016). بنظر می‌رسد این نتایج متناقض می تواند به دلیل متفاوت بودن گونه ماهی، وزن ماهی مورد آزمایش، گونه حشره مورد استفاده، نحوه تغذیه و روش فرآوری حشره باشد (Tschirner and Simon, 2015). یکی از دلایل اصلی پائین بودن قابلیت هضم پودر حشرات وجود کیتین بوده که در روده تجزیه نمی‌شود و می‌تواند بر میزان هضم پذیری پروتئین تاثیر بگذارد (Sankian *et al*., 2018; Schiavone *et al*., 2018). Marono و همکاران (۲۰۱۵) پیشنهاد کردند که وجود کیتین در حشرات با کاهش زمان انتقال غذا در روده و جلوگیری از تجزیه آنزیمی پروتئین‌ها موجب کاهش قابلیت هضم پروتئین می‌گردد. سوپرورم از نظر ترکیبات معدنی مانند کلسیم و فسفر ضعیف است، اما دارای اسیدهای آمینه ضروری است که برای رشد بهینه ماهی مورد نیاز است (Ghaly and Alkoaik, 2009). از طرف دیگر، کاهش میزان رشد در ماهیانی که از سطوح بالاتر پودر حشرات استفاده می‌کنند با عوامل متعددی از جمله افزایش میزان پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای (NSP) مانند کیتین، قابلیت هضم پائین مواد مغذی، ترکیب اسیدآمینه نامتوازن و میزان کم اسیدهای چرب غیر اشباع در ارتباط است (Gasco *et al*., 2016).

به طور کلی ترکیبات بدن تحت تاثیر عوامل مختلف فیزیولوژیک و عوامل زنده و غیر زنده قراردارد. عوامل مختلفی مانند گونه ماهی، دمای آب، وزن به دست آمده، غذادهی و فرمولاسیون جیره ترکیبات بدن را تحت تاثیر و تغییر قرار می‌دهد (Zeitler *et al*., 1984). حتی در بین افراد یک گونه ماهی در شرایط یکسان نیز تفاوتی در ترکیبات بدن مشاهده می‌گردد اما بی شک اختلاف اصلی در ترکیبات بدن ماهی را باید در ارتباط با غذای دریافتی یا تغذیه ماهی دانست (Razavi Shirazi, 1994). آنالیز ترکیبات شیمیایی لاشه بچه ماهیان ازون برون در آزمایش کنونی نشان داد که با افزایش سطوح جایگزینی پودر لارو سوپرورم در جیره اختلاف معنی‌داری در میزان پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد، به طوری که با افزایش سطح جایگزینی تا ۳۰ درصد میزان پروتئین، رطوبت و خاکستر لاشه کاهش و میزان چربی افزایش پیدا می‌کند. در تائید نتایج به دست آمده Hosseini Shekarabi و همکاران (۲۰۲۱) گزارش دادند که با افزایش جایگزینی پودر لارو سوپر میلورم به جای پودرماهی در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) باعث کاهش میزان پروتئین، رطوبت و خاکستر و افزایش میزان چربی می‌شود. Alves و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش دادند که جایگزینی پودر لارو سوپرمیلورم به جای پودر ماهی تا ۳۰ درصد در جیره ماهی تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*) باعث کاهش میزان پروتئین و افزایش میزان چربی لاشه می‌شود. در مقابل، Muin و همکاران

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

(۲۰۱۷) گزارش داده بودند که جایگزینی پودر لارو مگس سرباز سیاه به جای پودرماهی در جیره غذایی تیلاپیا نیل تغییرات معنی‌داری در میزان پروتئین لاشه ایجاد نکرد که متناقض با نتایج آزمایش حاضر می‌باشد. پژوهشگران بر این باورند که کاهش پروتئین بدن نتیجه افزایش سطح کیتین با افزایش سطوح پودر لارو سوپرورم در جیره غذایی است. در موجودات تک معده‌ای، کیتین هضم نشده باقی می‌ماند و مصرف بیش‌ترکیتین می‌تواند با کوتاه کردن زمان ماندن غذا در روده و محدود کردن تماس آنزیم ها با مواد غذایی، در دسترس بودن و قابلیت هضم درشت مغذی‌های خاص مانند پروتئین را مختل کند (Bruni *et al*., 2018; Xiao *et al*., 2018; Fontes *et al*., 2019). همچنین Belghit و همکاران (۲۰۱۸) اظهار نمودند که محتوای بیش‌تر پودر حشرات منجر به کاهش فعالیت آمینو پپتیداز لوسین و همچنین یک آنزیم مرزی می شود که پپتیدها را به اسیدهای‌آمینه در روده جلویی و میانی تجزیه می‌کند، جایی که بیش‌ترین پروتئین هضم و جذب می‌شود. میزان چربی بدن با افزایش سطوح جایگزینی پودرماهی با پودر لارو سوپرورم افزایش قابل توجهی یافت، به طوری که در گروه شاهد کمترین بود و بالاترین میزان در تیمار ۳۰ درصد بود. که پژوهشگران علت آن را به غلظت اسیدهای چرب اشباع شده و تعادل n-3/n-6 در سوپرورم نسبت داده‌اند که ممکن است لیپوژنز را القا کند. همچنین لارو سوپرورم یکی گونه‌هایی است که دارای بیش‌ترین نسبت چربی است که بسته به مرحله زندگی متفاوت است و معمولاً بین ۳۲ تا ۴۲ درصد متغیر است (Barroso *et al*., 2014; Finke, 2002). طبق گزارشات Barroso و همکاران (۲۰۱۴) سوپرورم دارای نسبت های بالاتری از امگا۶، اسیدهای چرب اشباع شده و غیر اشباع تک زنجیره است. علاوه بر این، گزارش شده است که عدم تعادل اسیدهای چرب n-3/n-6 می تواند منجر به رسوب چربی در ماهی شود (Mu *et al*., 2018; Paulino *et al*., 2020).

نتیجه گیری

در مجموع نتایج حاضر نشان داد که استفاده از پودر لارو سوپرورم بجای پودر ماهی تا سطح ۱۰ درصد تاثیر منفی بر عملکرد رشد و ترکیبات بدن بچه-ماهی ازون‌برون نداشت. درحالیکه سطوح جایگزینی بالاتر از ۱۰ درصد عملکرد رشد و ترکیبات بدن را در مقایسه با گروه شاهد بطور معنی‌داری کاهش داده بود. همچنین پیشنهاد می‌گردد مقادیر کمتر از ۱۰ درصد پودر لارو سوپرورم مورد تحقیق قرارگیرند.

سپاسگزاری

در اینجا برخود لازم می‌دانیم از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند تشکر می‌نماییم.

منابع

1. Adamkova, A., Mlcek, J., Kourimska, L., Borkovcova, M., Busina, T., Adamek, M., Bednarova, M. and Krajsa, J., 2017. Nutritional potential of selected insect species reared on the island of sumatra. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 14*(5), pp.5-21. DOI: 10.3390/ijerph14050521
2. Alves, A.P.D.C., Paulino, R.R., Pereira, R.T., da Costa, D.V. and Rosa, P.V., 2021. Nile tilapia fed insect meal: growth and innate immune response in different times under lipopolysaccharide challenge. *Aquaculture Research, 52*(2),

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

529-540. DOI: 10.1111/are.14911

3. AOAC., 2000. Official methods of analysis of association of official analytical chemists. Int. 17th Ed Gaithersburg, MD, Association of Analytical Communities. USA.
4. Arbab, A., 2012. Pestology of stored products and their management. Islamic Azad University Press. 189p. [In Persian]
5. Bagheri Khamkhane, S.A., Ehsanfar, A., Mirkhataminasab Langerodi, S. S., Keramat, A. and Oraji, H., 2022. Effect of time-dependent protein restriction on growth performance, immunity response, and body composition in the stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*). *Sustainable Aquaculture and Health Management Journal, 8*(2), pp.20-30.
6. Barroso, F.G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A. and Pérez-Bañón, C., 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture, 422–423*(2), pp.193–201. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.12.024
7. Belghit, I., Liland, N.S., Waagbo, R., Biancarosa, I., Pelusio, N., Li, Y., Krogdahl, A., Lock, E.J., 2018. Potential of insect-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture, 491*, pp.72–81. DOI:10.1016/j.aquaculture.2018.03.016
8. Bruni, L., Pastorelli, R., Viti, C., Gasco, L. and Parisi, G., 2018. Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larva meal as partial dietary protein source. *Aquaculture, 487*, pp.56–63. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.01.006
9. Cardinaletti, G., Randazzo, B., Messina, M., Zarantoniello, M., Giorgini, E., Zimbelli, A., Bruni, L., Parisi, G., Olivotto, I. and Tulli, F., 2019. Effects of graded dietary inclusion level of full-fat *Hermetia illucens* prepupae meal in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animals, 9*(5), pp.1–21. DOI: 10.3390/ani9050251
10. Cho, S.M., Gu, Y.S. and Kim, S.B., 2005. Extraction optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. Food *Hydrocolloids, 19*(2), pp.221-229. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2004.05.005
11. Deng, D.F., Koshio, S., Yokoyama, S., Bai, S.C., Shao, Q., Cui, Y. and Hung, S.S., 2003. Effects of feeding rate on growth performance of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) larvae. *Aquaculture, 217*(1-4), pp.589-598. DOI: 10.1016/S0044-8486(02)00461-1
12. Dogankaya, L., 2017. Effects of fish meal substitution with super worm (*Zophobas morio*) meal on growth performance of Rainbow Trout Fingerlings. *Turkish Journal of Aquatic Sciences, 32*(1), pp.1-7. DOI:10.18864/TJAS201701
13. European Commission., 2017. Amending Annexes, I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European parliament and of the council and annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as regards the provisions on processed animal protein. Commission Regulation (EU).
14. FAO., 2014. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org>. Retrieved Feb 2014.
15. Finke, M.D., 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology, 21*(3), pp.269-285. DOI: 10.1002/zoo.10031
16. Fontes, T.V., de Oliveira, K.R.B., Almeida, I.L.G., Orlando, T.M., Rodrigues, P.B., da Costa, D.V. and Rosa, P.V., 2019. Digestibility of insect meals for Nile tilapia fingerlings. *Animals, 9*(4), pp.1-8. DOI:10.3390/ani9040181
17. Gasco, L., Henry, M., Piccolo, G., Marono, S., Gai, F., Renna, M., Lussiana, C., Antonopoulou, E., Mola, P. and Chatzifotis, S., 2016. *Tenebrio*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

innate immune system of gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture Reports, 27*(4), pp.101-347. DOI: 10.1016/j.aqrep.2022.101347

24. Hosseini Shekarabi, S.P., Shamsaie Mehrgan, M. and Banavreh, A., 2021. Feasibility of superworm, *Zophobas morio*, meal as a partial fishmeal replacer in fingerling rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, diet: growth performance, amino acid profile, proteolytic enzymes activity and pigmentation. *Aquaculture Nutrition*, *27*(5), pp.1077-1088. DOI:10.1111/anu.13249
25. Hung, S.S., 2017. Recent advances in sturgeon nutrition. *Animal Nutrition, 3*(3), pp.191-204. DOI: 10.1016/j.aninu.2017.05.005
26. Hung, S.S.O., 1991. Nutrition and feeding of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*): an overview. In Proc. First International Symposium of Sturgeon, France, 65-77.
27. Jabir, M.A.R., Jabir, S.A.R. and Vikineswary, S., 2012. Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. *African Journal of Biotechnology, 11*(24), pp.6592-6598. DOI:
28. Józefiak, A., Nogales-Mérida, S., Rawski, M., Kierończyk, B. and Mazurkiewicz, J., 2019. Effects of insect diets on the gastrointestinal tract health and growth performance of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869). *BMC Veterinary Research, 15*(1), pp.1-11. DOI: 10.1186/s12917-019-2070-y
29. Kowalska, J., Rawski, M., Homska, N., Mikołajczak, Z., Kierończyk, B., Swiątkiewicz, S. and Mazurkiewicz, J., 2022. The first insight into full-fat superworm (*Zophobas morio*) meal in guppy (*Poecilia reticulata*) diets: A study on multiple-choice feeding preferences and growth performance. *Annals of Animal molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal Feed Science and Technology, 220*, pp.34–45. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2016.07.003
18. Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G.S., Krogdahl, A., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E.J., Stone, D., Wilson, R. and Wurtele, E., 2007**.** Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research, 38*(6), pp.551–579. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x
19. Ghaly, A.E. and Alkoaik, F.N., 2009. The yellow mealworm as a novel source of protein. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 4*(4), pp.319–331. DOI:10.3844/ajabssp.2009.319.331
20. Gholian, A., Hosseinifard, S., M., Ghobadi, Shayan., Chengizi, R. and Manouchehri, H., 2020. The effect of turmeric (*Curcuma longa*) on blood parameters and histopathological study of liver, kidney and intestine in juvenile Stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*). *Aquatic Nutrition, 6*, pp.24-11. DOI: 10.22124/janb.2021.19176.1129 [In Persian]
21. Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition,* pp.13, 17–34. 10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x
22. Hagstrum, D.W. and Subramanyam, B. 2009. Stored-product insect resource. AACC International Inc. 509p.
23. Henry, M., Golomazou, E., Asimaki, A., Psofakis, P., Fountoulaki, E., Mente, E., Rumbos, C., Athanassiou, C. and Karapanagiotidis, I., 2022. Partial dietary fishmeal replacement with full-fat or defatted superworm (*Zophobas morio*) larvae meals modulates the

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

Science, 22(1), pp.371-384. DOI:10.2478/aoas-2021-0072

30. Kroeckel, S., Harjes, A.G.E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A. and Schulz, C., 2012. When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture, 364*, pp.345-352. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.08.041
31. Li, S., Ji, H., Zhang, B., Tian, J., Zhou, J. and Yu, H., 2016. Influence of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture, 465(4)*, pp.43-52. DOI:10.1016/j.aquaculture.2016.08.020
32. Lock, E.R., Arsiwalla, T. and Waagbo, R., 2016. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquaculture Nutrition, 22*(6), pp.1202-1213. DOI: 10.1111/anu.12343
33. Magalhaes, R., Lopes, T., Martins, N., Díaz-Rosales, P., Couto, A., Pousao-Ferreira, P., Oliva-Teles, A. and Peres, H., 2016. Carbohydrases supplementation increased nutrient utilization in white seabream (*Diplodus sargus*) juveniles fed high soybean meal diets. *Aquaculture, 463(4)*, pp.43-50. DOI:10.1016/j.aquaculture.2016.05.019
34. Marono, S., Piccolo, G., Loponte, R., Di Meo, C., Attia, Y.A., Nizza, A. and Bovera. F., 2015. In vitro crude protein digestibility of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* insect meals and its correlation with chemical composition traits. *Italian Journal of Animal Science, 14*(3), pp.38-89. DOI: 10.4081/ijas.2015.3889
35. Mathisen, A.M., 2010. World aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 105p.
36. Moutinho, S., Martínez-Llorens, S., Tomas- Vidal, A., Jover-Cerda, M., Oliva-Teles, A. and Peres, H., 2016. Meat and bone meal as partial replacement for fish meal in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles: growth, feed efficiency, amino acid utilization, and economic efficiency. *Aquaculture, 468(1)*, pp.271–277. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.10.024
37. Mu, H., Shen, H., Liu, J., Xie, F., Zhang, W. and Mai, K., 2018. High level of dietary soybean oil depresses the growth and anti-oxidative capacity and induces inflammatory response in large yellow croaker *Larimichthys crocea*. *Fish and Shellfish Immunology, 77*, pp.465-473. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.04.017
38. Muin, H., Taufek, N.M., Kamarudin, M.S. and Razak, S.A., 2017. Growth performance, feed utilization and body composition of nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) maggot meal diet. *Iranian Journal of Fisheries Sciences, 16*(2), pp.567-577.
39. Naylor, R.L., Hardy, R.W., Bureau, D.P., Chiu, A., Elliot, M., Farrell, A.P., Forster, I., Gatlin, D.M., Goldburg, R.J., Hua, K. and Nichols, P.D., 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(3), pp.15103-15110. DOI:10.1073/pnas.0905235106
40. Norouzi, M., Pourkazemi, M., Keyvan, A., Fatemi, S.M.R. and Kazemi, B., 2008. Population genetic structure of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771) in the South Caspian Sea using microsatellite markers. *Journal of Fisheries and Aquatic Science, 3*(3), pp.158-166. DOI: 10.3923/jfas.2008.158.166
41. Oliva-Teles, A., Enes, P. and Peres, H., 2015. Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*, pp.203-233. DOI:

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

10.1016/B978-0-08-100506-4.00008-8
42. Paulino, R.R., Fortes-Silva, R., Prieto-Guevara, M.J., Rodrigues, E.J.D., Costa, L.S., Alves, A.P.D. C., Teles, A.O. and Rosa, P.V., 2020. Dietary lipid level and source affect metabolic responses in hybrid catfish (*Pseudoplatystoma reticulatum* × *Leiarius marmoratus*). *Aquaculture Research, 51*(4), pp.1567-1583. DOI:10.1111/are.14504
43. Piccolo, G., Iaconisi, V., Marono, S., Gasco, L., Loponte, R., Nizza, S., Bovera, F. and Parisi, G., 2017. Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Animal Feed Science and Technology, 226*, pp.12-20. DOI: 0.1016/j.anifeedsci.2017.02.007
44. Pinter, R., Fekete, G., Varga, Z.I., Gyuricza, C. and Alesksza, L., 2022. Evaluation of Organic Wastes as substrates for rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* larvae as alternative feed supplements. *Journal of Central European Green Innovation, 10*(1), pp.143-156. DOI:10.33038/jcegi.3508
45. Prachom, N., Boonyoung, S., Hassaan, M.S., El-Haroun, E. and Davies, S.J., 2021. Preliminary evaluation of superworm (*Zophobas morio*) larval meal as a partial protein source in experimental diets for juvenile Asian sea bass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture Nutrition, 27*(24), pp.1304-1314. DOI:10.1111/anu.13269
46. Rahimnejad, S., Yuan, X., Wang, L., Lu, K., Song, K. and Zhang, C., 2018. Chitooligosaccharide supplementation in low-fish meal diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*): effects on growth, innate immunity, gut histology, and immune-related genes expression. *Fish and Shellfish Immunology, 80*, pp.405-415. DOI:10.1016/j.fsi.2018.06.025
47. Razavi Shirazi, H., 1994. Technology of Marine Products. Naqshe Mehr Publications. 292 pp. [In Persian]
48. Rumbos, C.I. and Athanassiou, C.G., 2021. Insects as food and feed: If you can't beat them, eat them!'-To the magnificent seven and beyond. *The Journal of Insect Science, 21*(2), pp.9-10. DOI: 10.1093/jisesa/ieab019
49. Rumbos, C.I. and Athanassio, C.G., 2021. The superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): A 'sleeping giant' in nutrient sources. *The Journal of Insect Science, 21*(2), pp.13-21. DOI: 10.1093/jisesa/ieab014
50. Sanchez-Muros, M., Barroso, F. and Manzano- Agugliaro, F., 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production, 65*(3), pp.16–27. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.11.068
51. Sankian, Z., Khosravi, S., Kim, Y.O. and Lee, S.M., 2018. Effects of dietary inclusion of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) meal on growth performance, feed utilization, body composition, plasma biochemical indices, selected immune parameters and antioxidant enzyme activities of mandarin fish (*Siniperca scherzeri*) juveniles. *Aquaculture, 496*, pp.79-87. DOI:10.1016/j.aquaculture.2018.07.012
52. Schiavone, A., Dabbou, S., De Marco, M., Cullere, M., Biasato, I., Biasibetti, E., Capucchio, M.T., Bergagna, S., Dezzutto, D., Meneguz, M. and Gai, F., 2018. Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source. *Animal, 12*(10), pp. 2032-2039. DOI:10.1017/S1751731117003743
53. Stathopoulou, P., Asimaki, A., Berillis, P., Vlahos, N., Levizou, E., Katsoulas, N., Karapanagiotidis, I.T., Rumbos, C.I., Athanassiou, C.G. and Mente, E., 2022. Aqua-Ento-Ponics: Effect of insect meal on the development of Sea Bass, *Dicentrarchus labrax*, in Co-Culture with lettuce. *Fishes, 7*(6), pp.397-410.DOI:10.3390/fishes7060397
54. Suarez, J.A., Tudela, C., Davis, D., Daugherty, Z., Taynor, M., Glass, L.,

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]

Hoenig, R., Buentello, A. and Beenetti, D.D., 2013. Replacement of fish meal by a novel non-GM variety of soybean meal in cobia, *Rachycentron canadum*: ingredient nutrient digestibility and growth performance. *Aquaculture, 416*, pp.328-333. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.09.049

55. Tacon, A.G.J. and Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. *Aquaculture, 285*, pp.146-158. DOI:

56. Tacon, A.G. and Metian, M., 2015. Feed matters: satisfying the feed demand of aquaculture. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture, 23*(1), pp.1-10. DOI:10.1016/j.aquaculture.2008.08.015

57. Taufek, N.M., Aspani, F., Muin, H., Raji, A., Razak, Sh. and Alias, Z., 2016. The effect of dietary cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on growth performance, antioxidant enzyme activities, and haematological response of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Fish Physiology and Biochemistry, 18*, pp.51-94. DOI: 10.1007/s10695-016-0204-8

58. Terova, G., Gini, E., Gasco, L., Moroni, F., Antonini, M. and Rimoldi, S., 2021. Effects of full replacement of dietary fishmeal with insect meal from *Tenebrio molitor* on rainbow trout gut and skin microbiota. *Journal of Animal Science and Biotechnology, 12*(1), pp.1-4. DOI:10.1186/s40104-021-00551-9

59. Tibbetts, S.M., Milley, J.E. and Lall, S.P., 2006. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture, 261*(4), pp.1314-1327. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.08.052

60. Tschirner, M. and Simon, A., 2015. Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *Journal of Insects as Food, 1*(3), pp.1-12. DOI: 10.3920/JIFF2014.0008

61. Uslu, A.A., Özel, O.T., Örnekci, G., Çelik, B., Çanklriligil, E. C., Coskun, İ. and Şenel, G.U., 2023. Insect Larval Meal as A Possible Alternative to Fish Meal in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Diets: Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*), Mealworm (*Tenebrio molitor*). *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research, 9*(1), pp.43-52. DOI: 10.17216/limnofish.1081945

62. Van Huis, A., Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P., 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security, 171- 187.

63. Xiao, X., Jin, P., Zheng, L., Cai, M., Yu, Z., Yu, J. and Zhang, J., 2018. Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein as a fishmeal replacement on the growth and immune index of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Aquaculture Research, 49*(4), pp.1569-1577. DOI: 10.1111/are.13611

64. Yao, W., Zhang, C., Li, X., He, M., Wang, J. and Leng, X., 2020. The replacement of fish meal with fermented soya bean meal or soya bean meal in the diet of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Research, 51*(6), pp.2400-2409. DOI: 0.1111/are.14583

65. Zeitler, M.H., Kirchgessner, M. and Schwarz, F.J., 1984. Effects of different protein and energy supplies on carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L). *Aquacultur, 36*(1-2), pp.37-48. DOI: 10.1016/0044-8486(84)90052-8

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-873]