

## The Possibility of using locusts (*Schistocerca gregaria*) as a protein source in the diet of rainbow trout fingerling (*Oncorhynchus mykiss*): growth performance and blood biochemical parameters

Hadi Asadi<sup>1</sup> | Majidreza Khoshkholgh<sup>\*2</sup> | Hamid Allaf Noveirian<sup>3</sup> | Roghieh Safari<sup>4</sup>

1. Ph.D. Graduate, Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme Sara, Guilan, Iran. E-mail: [asadi.shil@gmail.com](mailto:asadi.shil@gmail.com)
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme Sara, Guilan, Iran. E-mail: [majidreza@guilan.ac.ir](mailto:majidreza@guilan.ac.ir)
3. Associate Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme Sara, Guilan, Iran. E-mail: [navi@guilan.ac.ir](mailto:navi@guilan.ac.ir)
4. Associate Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [fisheriessafari@yahoo.com](mailto:fisheriessafari@yahoo.com)

### Article Info

**Article type:**  
Full Length Research Paper

**Article history:**  
Received: 11.21.2021  
Revised: 01.12.2022  
Accepted: 01.23.2022

**Keywords:**  
Blood and immune indicators,  
Insect meal,  
Nutrition,  
Rainbow trout

### ABSTRACT

In this study, the possibility of using locusts as a source of protein in the diet of rainbow trout and its effect on growth performance and blood biochemical parameters were investigated. 300 fish with average weight ( $5.08 \pm 0.33$ g) with diets of 0% (control), 15% (SG15), 30% (SG30) and 60% (SG60) locust meal were formulated, with equal protein energy contents. Diet was distributed in a completely randomized design in three replications for eight weeks and twenty-five pieces of fish with the same conditions, in each tank. At the end of the experiment, growth, biochemical and safety indices were calculated based on standard formulas and the analysis was performed using Tukey test. The results showed that the highest final weight was observed in 30% treatment ( $89.34 \pm 20.61\%$ ) and the difference between 0, 15 and 60% treatments was significant ( $P < 0.05$ ). In 60% treatment, a significant increase in feed conversion ratio was observed compared to the control treatment ( $P < 0.05$ ). In feeding fish with locust meal diet, glucose, cortisol, albumin, globin and IgM levels did not show significant differences between different experimental treatments ( $P < 0.05$ ). However, the amount of total protein, triglyceride and blood cholesterol showed a significant difference in experimental treatments compared to the control treatment ( $P < 0.05$ ). Therefore, it can be concluded that the use of 30% locust meal in the commercial diet of rainbow trout fingerling, in addition to adversely affecting blood and safety parameters, can improve growth performance.

Cite this article: Asadi, Hadi, Khoshkholgh, Majidreza, Allaf Noveirian, Hamid, Safari, Roghieh. 2022. The Possibility of using locusts (*Schistocerca gregaria*) as a protein source in the diet of rainbow trout fingerling (*Oncorhynchus mykiss*): growth performance and blood biochemical parameters. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 11 (1), 57-68.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/japu.2022.19700.1619

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

## امکان استفاده از ملخ صحرایی (*Schistocerca gregaria*) به عنوان منبع پروتئینی در جیره بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*): عملکرد رشد و پارامترهای بیوشیمیایی خون

هادی اسدی<sup>۱</sup> | مجیدرضا خوش‌خلق<sup>۲\*</sup> | حمید علاف نویریان<sup>۳</sup> | رقیه صفری<sup>۴</sup>

۱. دانش‌آموخته دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران. رایانامه: [asadi.shil@gmail.com](mailto:asadi.shil@gmail.com)
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران. رایانامه: [majidreza@guilan.ac.ir](mailto:majidreza@guilan.ac.ir)
۳. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران. رایانامه: [navi@guilan.ac.ir](mailto:navi@guilan.ac.ir)
۴. دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [fisheriessafari@yahoo.com](mailto:fisheriessafari@yahoo.com)

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله کامل علمی- پژوهشی	در این مطالعه امکان استفاده از ملخ صحرایی به عنوان منبع تامین‌کننده پروتئین در جیره بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان و تأثیر آن بر عملکرد رشد و پارامترهای بیوشیمیایی خون مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۳۰۰ قطعه ماهی قزل‌آلا با میانگین وزنی (۳۳±۵/۰۸ گرم) با جیره‌های غذایی ۰ درصد (شاهد)، ۱۵ درصد (SG15)، ۳۰ درصد (SG30) و ۶۰ درصد (SG60) پودر ملخ، با مقدار یکسان نیتروژن و انرژی، فرموله شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار به مدت ۸ هفته انجام شد و ۲۵ قطعه ماهی با ایجاد شرایط یکسان در هر تانک توزیع شدند. در پایان آزمایش، شاخص‌های رشد، بیوشیمیایی و ایمنی بر اساس فرمول‌های استاندارد محاسبه و آنالیز داده‌ها با استفاده از آزمون توکی انجام شد. نتایج نشان داد بالاترین میانگین وزن نهایی در تیمار ۳۰ درصد وجود دارد (۳۴/۸۹ ± ۶۱۶/۲۰ درصد) و تفاوت بین تیمارهای صفر، ۱۵ و ۶۰ درصد معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ). در تیمار ۶۰ درصد افزایش معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد ( $P < 0/05$ ). در تغذیه ماهیان با جیره حاوی پودر ملخ، مقادیر گلوکز، کورتیزول، آلبومین، گلوبین و IgM اختلاف معنی‌داری را در بین تیمارهای مختلف آزمایشی نشان ندادند ( $P > 0/05$ ). اما میزان پروتئین کل، تری‌گلیسرید و کلسترول خون، اختلاف معنی‌دار در تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد نشان داد ( $P < 0/05$ ). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت استفاده تا ۳۰ درصد پودر ملخ در جیره تجاری بچه‌ماهیان قزل‌آلا علاوه بر عدم تأثیر نامطلوب بر پارامترهای خونی و ایمنی می‌تواند باعث بهبود عملکرد رشد گردد.
<b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۰/۰۸/۳۰	
<b>تاریخ ویرایش:</b> ۱۴۰۰/۱۰/۲۲	
<b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۰/۱۱/۰۳	
<b>واژه‌های کلیدی:</b> پودر حشره، تغذیه، شاخص‌های خونی و ایمنی، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان	

استناد: اسدی، هادی، خوش‌خلق، مجیدرضا، علاف نویریان، حمید، صفری، رقیه (۱۴۰۱). امکان استفاده از ملخ صحرایی (*Schistocerca gregaria*) به عنوان منبع پروتئینی در جیره بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*):

عملکرد رشد و پارامترهای بیوشیمیایی خون. نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۱ (۱)، ۶۸-۵۷.

DOI: 10.22069/japu.2022.19700.1619



### مقدمه

آبزيان نيازمنند مقادير مختلف پروتئين در جيره غذايي خود هستند (حدود ۳۰ تا ۵۵ درصد). وجود پروتئين هاي نزديك به نيازمندي زيستي ماهي در جيره ماهيان پرورشي امري ضروري است. در پرورش آبزيان، هزينه هاي خوراك تقريباً ۷۰ درصد هزينه هاي توليد را شامل مي شود (تومن و همكاران، ۲۰۰۵). امروزه پودر ماهي گران ترين ماده اوليه موجود در جيره هاي غذايي آبزيان مي باشد. درصد پروتئين بالا، هضم پذيري مطلوب و اشتها آور بودن آن موجب شده تا بهترين منبع انرژي و پروتئين آبزيان به خصوص ماهيان قزل آلاي رنگين کمان محسوب گردد (گلنکروس و همكاران، ۲۰۰۷). با توجه محدوديت هاي ميزان توليد پودر ماهي، افزايش قيمت و کاهش ذخاير ماهيان دريايي، کارخانجات توليدکننده خوراك ماهي، به سمت منابع پروتئيني گياهي و جانوري جايگزين سوق پيدا کرده اند (فائو، ۲۰۱۹).

در سال هاي اخير تلاش هاي زيادي براي پيدا کردن جايگزين آرد ماهي با استفاده از منابع جانوري و گياهي صورت گرفته است و بررسي هاي متعددي در زمينه استفاده از پودر حشرات به عنوان مواد تشکيل دهنده خوراك آبزيان انجام شده است (ون هوئيس و همكاران، ۲۰۱۳). در طبيعت بسياري از گونه هاي ماهيان از حشرات تغذيه مي کنند (ريديک و همكاران، ۲۰۱۳). حدود ۵ درصد از يك ميليون گونه حشره شناخته شده آبي بوده و يا در تعاملي نزديك با ساير آبزيان از جمله ماهيان مي باشند (ارباب، ۱۳۹۷). در زيست بوم هاي آب شيرين حدود ۱۲۶۰۰۰ گونه جانوري شناسايي شده است که بيش از ۶۰ درصد از آنها را حشرات تشکيل مي دهند (۷۶ هزار گونه). هر چند گونه هاي حشرات آبي در ۱۲ راسته از حشرات پراکنده هستند ولي بيش ترين فراواني مربوط به راسته دوبالان با بيش از ۳۲۰۰ گونه است (باليان، ۲۰۰۸).

حشرات داراي رشد سريع و تکثير آسان هستند و بازده تبديل خوراك به بافت آنها بالا بوده و مي توانند از مواد غذايي داراي كيفيت پايين تغذيه کنند. به طور متوسط يك كيلوگرم زي توده حشرات مي تواند از تغذيه دو كيلوگرم غذا توليد شود (کولاوو و همكاران، ۲۰۰۵). حشرات در مقايسه با پروتئين حيواني رايج، داراي مزايای متعددي از جمله امکان پرورش با اتکا به محصولات جانبي ارگانيك، ضريب تبديل غذايي مناسب، انتشار سطوح پايين گازهاي گلخانه اي و آمونياک، مسائل ساده حقوق حيوانات و خطر کم انتقال بيماري مي باشند (ون هوئيس و همكاران، ۲۰۱۳). در واقع توليد حشرات موجب کاهش مصرف انرژي و اثرات مخرب زيست محيطي مي شود (ماکر و همكاران، ۲۰۱۴). حشرات به فضاي کمی براي پرورش نيازمنند هستند به عنوان مثال جيرجيرک و ملخ ها در يك فضاي يك مترمربعي مي توانند ۲ كيلوگرم ضايعات کشاورزي را به ۱ كيلوگرم پروتئين تبديل کنند. در حالي که براي گاو اين عدد ۸ كيلوگرم است. ميزان توليد گاز گلخانه اي به ازاي توليد يك كيلوگرم حشره بين ۱ تا ۲۲ گرم است درحالي که اين عدد براي افزايش يك كيلوگرم وزن گاو، بيش از ۲۸۰۰ گرم گاز گلخانه ايست (اونيکس، ۲۰۱۰). ملخ صحرايي، از شاخه بندپايان، رده حشرات و راسته راست بالان هستند. گونه *Schistocerca gregaria* يا ملخ صحرايي پراکندي زيادي در کشورمان دارد. ملخ ها گروهی از حشرات هستند که در زمان زادو ولد جمعيت آنها بسيار متراکم مي شود، در طی مرحله بلوغ، ملخ ها محصولات کشاورزي را از بين مي برند يا به شدت آسيب مي رسانند. آنها به عنوان يك آفت بزرگ از اهميت تاريخي، به ويژه در آفريقا (شمال، غرب، ساحل، ماداگاسکار)، استراليا و آسيا محسوب مي شوند. ملخ ها مي توانند بيومس قابل توجهی را شامل

طیور و آبزیان دارند. در آفریقا، معمولاً ملخ بیابانی (*Schistocerca gregaria*)، ملخ مهاجر (*Nomadacris*)، ملخ قرمز (*Locusta migratoria*) و ملخ قهوه‌ای (*Locustana septemfasciata*) استفاده انسانی دارند. در ژاپن، چین و کره، ملخ‌های صحرایی برنج مزرعه (از جمله *Oxya sinuosa*، *Oxya velox*، *Oxya yezoensis* و *Acrida lata*) به‌عنوان غذا برداشت می‌شوند (ون هوئیس و همکاران، ۲۰۱۳).

در سال‌های اخیر گزارش‌های زیادی در مورد استفاده از منابع مختلف پروتئین ارزان‌قیمت از جمله استفاده از منابع پروتئین حشرات ارائه شده است که می‌توان به مطالعه ولی‌پور و همکاران (۲۰۱۸)، جایگزینی پودر ماهی با سطوح مختلف پودر سوسک زرد (*Tenebrio molitor*) در بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، هیلپرو همکاران (۲۰۰۷)، پیرامون جایگزینی پودر لارو مگس سرباز در جیره تجاری ماهی قزل‌آلا و آنگبلی و همکاران (۲۰۱۲)، استفاده از پودر ملخ *Zonocerus variegatus* در جیره بچه‌ماهیان گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) و هم‌چنین پژوهش توفک و همکاران (۲۰۱۶) بر اثرات جیره غذایی مبتنی بر پودر ملخ (*Gryllus bimaculatus*) بر گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) اشاره کرد.

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با نام علمی *Oncorhynchus mykiss* از خانواده آزادماهیان (*Salmonidae*) است و از ماهیان پرورشی با ارزش در بسیاری از نقاط جهان به ویژه ایران محسوب می‌شود. سرعت رشد بالا، مقاومت بسیار خوب آن با شرایط محیط و تقاضای روز افزون آن از سوی بازار به دلیل توزیع در اکثر نقاط این کشور موجب افزایش تولید آن شده است. هزینه بالای غذا در صنعت پرورش ماهی قزل‌آلا باعث شده است تا پژوهش‌گران

شوند که حاوی ۱۰ میلیارد حشره و وزن حدود ۳۰ هزار تن می‌باشد (ماگال هیز و همکاران، ۲۰۱۷). و در کشورهای زیادی به‌عنوان غذای انسانی و دام و طیور و آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرند. ملخ‌ها، جیرجیرک‌ها و کریکت‌ها معمولاً در مناطق وحش، ترجیحاً در شب (با استفاده از نور مصنوعی) یا در صبح هنگامی که دمای هوا پایین است و حشرات کم‌تر فعال‌اند راحت‌تر جمع‌آوری می‌شوند. بندپایان و به‌خصوص ملخ‌ها، معمولاً برای تغذیه حیوانات خانگی و حیوانات باغ وحش مورد استفاده قرار می‌گیرند (ون هوئیس و همکاران، ۲۰۱۳). در طبیعت بسیاری از گونه‌های ماهیان از حشرات تغذیه می‌کنند (ریدیک و همکاران، ۲۰۱۳). حدود ۵ درصد از یک میلیون گونه حشره شناخته شده آبی بوده و یا در تعاملی نزدیک با سایر آبزیان از جمله ماهیان می‌باشند (ارباب، ۲۰۱۸).

امروزه پودر ملخ به عنوان یک جایگزین سرشار از پروتئین، به‌شمار می‌رود که می‌تواند به‌عنوان یکی از جانشین‌های پودر ماهی در جیره آبزیان مطرح گردد. پودر ملخ یک منبع پروتئینی عالی برای جایگزینی پودر ماهی تلقی می‌گردد و دارای ۵۷ تا ۶۵ درصد پروتئین، ۹۲ درصد ماده خشک، ۸ درصد فیبر می‌باشد و در پروفیل اسید آمینه پودر ملخ، اسیدهای آمینه لوسین، سرین، گلوتامیک اسید، گلايسین و آرژنین بسیار غنی می‌باشد (هاریندر و همکاران، ۲۰۱۴).

در ایران ملخ‌ها در بیش‌تر سال‌ها به‌عنوان یک آفت از آفریقا، عربستان سعودی، پاکستان و هندوستان به مناطق شرق و جنوبی ایران وارد می‌شوند و دامنه انتشار آن‌ها به مناطقی نزدیک دریای خزر نیز کشیده می‌شود این موجودات که به‌عنوان یک آفت در کشورمان نام برده می‌شوند، از نظر اقتصادی بسیار دارای اهمیت خواهند بود (ارباب، ۲۰۱۸). این حشره‌ها به‌طور نسبی مصرف خوبی در خوراک دام و

سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۶/۴۹ میلی‌گرم در لیتر و pH ۷/۵۵ ثبت شد.

**ساخت جیره و طراحی آزمایش:** جهت انجام آزمایش به مقدار لازم ملخ صحرایی در منطقه قزوین در زمین‌های زراعی و کشاورزی به روش ساچوک دستی جمع‌آوری شد. جیره‌های غذایی شامل ۴ تیمار با جایگزینی صفر (شاهد)، ۱۵ (LM15)، ۳۰ (LM30) و ۶۰ (LM60) درصد پروتئین پودر ملخ صحرایی بودند. نمونه‌های ملخ بعد از جمع‌آوری جهت خشک کردن داخل آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸ ساعت قرار داده شدند تا به‌خوبی خشک (رطوبت زیر ۱۲ درصد) شوند. سپس به‌وسیله دستگاه همزن (پارس خزر ساخت ایران) کاملاً به‌صورت پودر درآورده شده و سه نمونه ۵۰ گرمی تهیه و جهت اندازه‌گیری ترکیبات بیوشیمیایی جیره‌های آزمایشی گرفته شد. به‌طوری‌که که شامل ۵۷/۶ درصد پروتئین، ۸/۵ درصد چربی، ۶/۶ درصد خاکستر و ۹/۶ درصد رطوبت بود. سپس سایر ترکیبات مورد نیاز (جدول ۱)، به‌صورت جداگانه آسیاب شده و تا به ذرات کاملاً ریز تبدیل شوند سپس با توجه به فرمولاسیون جیره با یکدیگر مخلوط شدند. بعد از به‌دست آمدن مخلوط همگن و اضافه کردن آب به مقدار مورد نیاز، ترکیب به‌دست آمده از چرخ گوشت با چشمه ۲ میلی‌متر عبور داده شد. بعد از آن غذای ساخته شده در دستگاه خشک‌کن قرار داده شد تا به‌خوبی خشک گردند پس از اتمام مرحله خشک کردن، بسته‌بندی و در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. غذادهی به‌صورت روزانه و در سه نوبت و در ساعات ۷، ۱۲ و ۱۷ بر اساس اشتها و تا حد سیری انجام شد. یک ساعت بعد از غذادهی، مخازن سیفون شده و تا ۵۰ درصد آب تعویض می‌شد.

در زمینه استفاده از غذاهای جایگزین (گیاهی و جانوری) تحقیق و پژوهش کنند. بنابراین اهمیت دادن به مواد اولیه جیره غذایی این ماهی در کشورمان بسیار ضروری است. امید است با انجام این پژوهش و معرفی پروتئین حشرات، (به‌عنوان الگو ملخ صحرایی) بتوان گامی مؤثر در معرفی یک ماده اولیه بومی در تامین غذاهای مراحل استارتر و رشد ماهی قزل‌آلا به کارخانجات، برداشت. با توجه به اطلاعات و گزارش‌های موجود، تاکنون پژوهشی در زمینه استفاده از ملخ صحرایی در غذای بچه‌ماهیان قزل‌آلا صورت نگرفته است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی امکان استفاده از ملخ صحرایی به عنوان منبع تامین‌کننده پروتئین در جیره ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان و تأثیر آن بر عملکرد رشد و پارامترهای بیوشیمیایی و ایمنی خون انجام می‌گردد.

### مواد و روش‌ها

**شرایط پرورش:** پژوهش حاضر به مدت ۸ هفته در مزرعه تحقیقاتی شرکت نوین رشد نادین (تهران، فیروزکوه، زرین‌دشت) انجام شد. به این منظور تعداد ۳۰۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلا موجود در مزرعه، با میانگین وزنی  $0.33 \pm 0.08$  گرم در ۱۲ مخزن فایرگلاس دایره‌ای با حجم ۲۰۰ لیتر در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و هرکدام ۳ تکرار، توزیع شدند. سپس به مدت یک هفته جهت سازگاری با محیط آزمایش با غذای شاهد تغذیه شدند (جدول ۱). آب هر مخزن به‌وسیله آب چاه و به‌طور مساوی به مخازن تزریق می‌شد و هوادهی از طریق سنگ هوا، صورت گرفت. روشنایی محیط آزمایش بر اساس دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی تنظیم گردید. در طول دوره آزمایش، فاکتورهای کیفی آب شامل دما، اکسیژن و pH به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد به طوری که میانگین دما، ۱۶/۸ درجه

جدول ۱- ترکیبات مواد مورد استفاده و آنالیز تقریبی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده در تغذیه بجه ماهیان انگشت‌قد قزل‌آلا.

سطوح جایگزینی پودر ملخ با پودر ماهی (درصد)				ترکیبات جیره (درصد)	
۶۰	۳۰	۱۵	صفر		
۳۲	۳۸	۴۴	۵۰	پودر ماهی هوور <sup>۱*</sup>	
۱۸	۱۲	۶	۰	پودر ملخ صحرائی	
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	کنجاله سویا <sup>۱*</sup>	
۹/۷	۹/۸	۹/۹	۱۰	آرد گندم	
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	گلو تن ذرت <sup>*</sup>	
۵/۳	۵/۲	۵/۱	۵	روغن ماهی	
۱	۱	۱	۱	مکمل ویتامینی <sup>۲</sup>	
۱	۱	۱	۱	مکمل معدنی <sup>۳</sup>	
۱	۱	۱	۱	لسیتین <sup>۴</sup>	
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	لازین <sup>۵</sup>	
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	متیونین <sup>۵</sup>	
۱	۱	۱	۱	دی کلسیم فسفات <sup>۴</sup>	
ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک)				انرژی ناخالص (کیلوکالری/کیلوگرم) <sup>۶</sup>	
۹/۶	۹/۵	۹/۶	۹/۸		رطوبت
۴۶/۴	۴۶/۶	۴۶/۶	۴۶/۵		پروتئین خام
۱۵/۱	۱۵/۳	۱۵/۴	۱۵		چربی خام
۹	۹/۱	۸/۹	۸/۸		خاکستر
۳۲/۰۸	۳۳/۲۱	۳۳/۷۵	۳۴/۲۱		عصاره عاری از ذرت
۴۵۶۳	۴۵۴۸	۴۶۰۱	۴۶۵۲		

<sup>۱</sup> شرکت خوراک ماهی پرشین فید (چهارمحال و بختیاری، لردگان)

<sup>۲</sup> هر کیلوگرم مکمل ویتامینه (شرکت لابراتورهای سیانس، قزوین، ایران) حاوی: ۱۶۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۴۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D<sub>3</sub>، ۴۰ گرم ویتامین E، ۲ گرم ویتامین K<sub>3</sub>، ۶ گرم ویتامین B<sub>1</sub>، ۸ گرم ویتامین B<sub>2</sub>، ۱۲ گرم ویتامین B<sub>3</sub>، ۴۰ گرم ویتامین B<sub>5</sub>، ۴ گرم ویتامین B<sub>6</sub>، ۲ گرم ویتامین B<sub>9</sub>، ۰/۰۰۸ گرم ویتامین B<sub>12</sub>، ۰/۲۴ گرم ویتامین C، ۲۰ گرم ویتامین اینوزیتول و ۰/۲ گرم ویتامین بیوتین

<sup>۳</sup> هر کیلوگرم مکمل معدنی (شرکت لابراتورهای سیانس، قزوین، ایران) حاوی: ۶ گرم آهن، ۱۰ گرم روی، ۰/۰۲ گرم سلنیوم، ۰/۱ گرم کبالت، ۶ گرم مس، ۵ گرم منگنز، ۰/۶ گرم ید، ۶ گرم کولین کلراید

<sup>۴</sup> شرکت ارس تابان (آمل، مازندران، ایران)

<sup>۵</sup> شرکت تولیدات غذایی اوونیک (دگوسا، فرانسه)

<sup>۶</sup> محاسبه بر اساس هر کیلوگرم پروتئین خام حاوی ۵۵ کیلو کالری، هر کیلوگرم چربی خام حاوی ۹۱ کیلوکالری و هر کیلوگرم کربوهیدرات (عصاره عاری از ذرت) حاوی ۴۱ کیلوکالری انرژی ناخالص

\* پودر ماهی (پروتئین ۵۸ درصد و چربی ۱۵)، کنجاله سویا (پروتئین ۴۳ درصد و چربی ۴ درصد)، گلو تن ذرت (پروتئین ۶۰ درصد و چربی ۳ درصد)

تغذیه برای تیمارهای مختلف محاسبه شد. محاسبات آماری شاخص‌های رشد و غذا بر اساس رابطه‌های زیر محاسبه شد (تورستنسن و همکاران، ۲۰۰۸؛ نوگالس مریدا و همکاران، ۲۰۱۱):

$100 \times (\text{میانگین وزن اولیه}) / (\text{میانگین وزن نهایی} - \text{میانگین وزن اولیه}) = \text{درصد افزایش وزن بدن (WG)}$

$100 \times [\text{مدت زمان آزمایش} / (\text{لگاریتم وزن اولیه} - \text{لگاریتم وزن نهایی})] = (\text{درصد}) \text{ ضریب رشد ویژه (SGR)}$

$\text{افزایش وزن کسب شده (گرم)} / \text{کل غذای خورده شده (گرم)} = \text{ضریب تبدیل غذایی (FCR)}$

شد. سطح معنی‌دار بودن در این مطالعه، ۵ درصد ( $P \leq 0/05$ ) در نظر گرفته شد.

### نتایج

**پارامترهای رشد و تغذیه:** نتایج حاصل از فاکتورهای رشد بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با سطوح مختلف درصد جایگزینی پودر ملخ، در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان داد فاکتورهای افزایش وزن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف جایگزینی پودر ملخ قرار گرفتند ( $P < 0/05$ ). میزان درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه در بچه‌ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۶۰ درصد پودر ملخ نسبت به جیره صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد، به‌طور معنی‌داری کم‌تر بود ( $P < 0/05$ ). مقدار میانگین وزن نهایی در تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ درصد پودر ملخ، نسبت به تیمار ۶۰ درصد به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ( $P < 0/05$ )، اما نسبت به تیمارهای حاوی جیره صفر و ۱۵ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت ( $P > 0/05$ ). تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۶۰ درصد پودر ملخ، بالاترین مقدار ضریب تبدیل غذایی را نشان داد که این اختلاف نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ).

**شاخص‌های رشد و تغذیه:** پس از انجام زیست‌سنجی اولیه، توزیع بچه‌ماهیان بعد از یک هفته سازگاری با محیط در مخازن صورت گرفت و هر دو هفته یکبار روند تغییرات وزنی ماهیان اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش شاخص‌های رشد و کارایی

**اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی:** در پایان دوره آزمایش، تعداد ۹ قطعه ماهی از هر تیمار به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از بیهوشی با پودر گل میخک (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، نمونه‌های خون با استفاده از سرنگ ۲/۵ سی‌سی و سرسوزن استریل از ورید ساقه دمی ماهیان گرفته شد. سپس جهت اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی نمونه‌های خونی به تیوب‌های ۱/۵ سی‌سی فاقد هپارینه جهت جداسازی سرم خون انتقال یافت. نمونه‌های حاصل در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه با ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند سپس بخش سرمی پارامترهای موردنظر، با استفاده از دستگاه اتولایزر و کیت‌های آزمایشگاهی ساخت شرکت پارس آزمون و زیست‌شیمی (تهران، ایران) مورد سنجش قرار گرفت. **محاسبات آماری:** تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام گرفت. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگوروف اسمیرنوف (-Kolmogorov Smirnov)، برای آنالیز همگنی واریانس با استفاده از آزمون لون (Levene) و به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی (Tukey) استفاده گردید. برای تشخیص اختلاف میانگین بین تیمارهای مختلف از آزمون واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) استفاده

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد رشد و تغذیه (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پودر ملخ صحرایی.

سطوح جایگزینی پودر ملخ (درصد)				شاخص‌های رشد
SG60	SG30	SG15	SG0 شاهد	
$26/17 \pm 1/78^a$	$35/41 \pm 1/07^c$	$33/95 \pm 1/22^c$	$30/60 \pm 0/70^b$	وزن نهایی (گرم)
$415/33 \pm 30/61^a$	$616/20 \pm 34/89^c$	$554/57 \pm 60/51^{bc}$	$506/17 \pm 72/70^{ab}$	افزایش وزن (درصد)
$5/08 \pm 0/13^a$	$5/69 \pm 0/06^c$	$5/60 \pm 0/07^c$	$5/40 \pm 0/80^b$	نرخ رشد ویژه (درصد/روز)
$0/98 \pm 0/07^b$	$0/72 \pm 0/05^a$	$0/76 \pm 0/03^a$	$0/79 \pm 0/03^a$	ضریب تبدیل غذایی

اعداد با حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی با یکدیگر است ( $P < 0/05$ )

اختلاف معنی‌دار در تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. بالاترین مقدار تری‌گلیسرید در تیمار حاوی ۶۰ درصد ( $750/12 \pm 60$ ) و کلسترول در تیمار ۳۰ درصد، مشاهده شد و کم‌ترین مقدار تری‌گلیسرید و کلسترول در تیمار شاهد مشاهده شد. نتایج حاصل از میزان هورمون کورتیزول پلاسمای بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان نشان داد که میزان این هورمون در بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری نداشته است ( $P > 0/05$ ).

شاخص‌های بیوشیمیایی خون: نتایج حاصل از فاکتورهای بیوشیمیایی خون در جدول ۳ آمده است، فاکتورهای گلوکز، آلبومین، گلوبین و IgM اختلاف معنی‌داری را در بین تیمارهای مختلف آزمایشی نسبت به تیمار شاهد نشان ندادند ( $P > 0/05$ ). مقدار پروتئین کل در بین تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد ( $P < 0/05$ ). در تیمار حاوی جیره ۳۰ درصد بیش‌ترین مقدار و در تیمار ۶۰ درصد کم‌ترین مقدار مشاهده شد. درخصوص مقدار تری‌گلیسرید و کلسترول خون،

جدول ۳- شاخص‌های بیوشیمیایی خون (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پودر ملخ صحرایی.

سطوح جایگزینی پودر ملخ (درصد)				پارامتر
SG60	SG30	SG15	SG0 شاهد	
$25/67 \pm 3/51$	$28 \pm 1/29$	$30/33 \pm 3/21$	$29 \pm 0/3$	گلوکز (mg/dL)
$4/27 \pm 0/37^a$	$5/07 \pm 0/20^b$	$4/73 \pm 0/25^{ab}$	$4/97 \pm 0/31^b$	پروتئین کل (g/L)
$1/90 \pm 0/26$	$1/93 \pm 0/51$	$1/92 \pm 0/22$	$2/45 \pm 0/40$	آلبومین (g/L)
$1/45 \pm 0/13$	$1/69 \pm 0/06$	$1/60 \pm 0/07$	$1/31 \pm 0/80$	گلوبولین (g/L)
$750/12 \pm 60^c$	$626/67 \pm 32/14^b$	$586/67 \pm 35/11^b$	$415 \pm 22/91^a$	تری‌گلیسرید (mg/dL)
$416/67 \pm 25/16^b$	$443/33 \pm 30/50^b$	$333/33 \pm 32/14^a$	$308 \pm 11/78^a$	کلسترول (mg/dL)
$0/26 \pm 0/02$	$0/25 \pm 0/03$	$0/24 \pm 0/015$	$0/21 \pm 0/03$	IgM (mg/dL)
$86/14 \pm 1/71$	$90/75 \pm 3/01$	$93/25 \pm 0/85$	$88 \pm 1/09$	کورتیزول (nm/L)

اعداد با حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی با یکدیگر است ( $P < 0/05$ )



## بحث

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی پیرامون استفاده از منابع مختلف پروتئین مانند استفاده از پروتئین گیاه، محصولات جانبی آبزیان، طیور و سایر جانوران در جیره غذایی آبزیان ارائه شده است. یکی از مهم‌ترین مشکلات منابع پروتئینی گیاهی وجود مواد ضدتغذیه‌ای است. بنابراین پیش‌بینی می‌شود منابع پروتئینی جانوری نتایج بهتری را در پی داشته باشد. بررسی‌های متعددی در زمینه استفاده از پودر حشرات به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده خوراک آبزیان انجام شده است (ریدیک و همکاران، ۲۰۱۳؛ ریدیک و همکاران، ۲۰۱۳). در این مطالعه مصرف پودر حشره تا سطح ۳۰ درصد باعث افزایش معنی‌دار فاکتورهای افزایش وزن و نرخ رشد ویژه و همچنین کاهش ضریب تبدیل غذایی شد. ضریب تبدیل غذایی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تغذیه‌ای است که نشان‌دهنده مقدار مصرف غذا در برابر افزایش وزن بدن در طول دوره آزمایش است. در این مطالعه استفاده از پودر ملخ از سطح صفر درصد تا ۳۰ درصد منجر به روند کاهشی ضریب تبدیل غذایی شد. اما در سطوح بالاتر به‌دلیل وجود کیتین بیش‌تر در پودر حشره، مقدار فضولات خروجی مخازن نیز افزایش یافت به همین دلیل در سطوح بالاتر، افزایش ضریب تبدیل، کاهش نرخ رشد ویژه و حداقل وزن‌گیری این امر مهم را اثبات می‌کند. مشابه نتایج مطالعه حاضر در مطالعات بالوگان (۲۰۱۱) و آگبلائی و همکاران (۲۰۱۲) در جایگزینی پودر ملخ در جیره گربه ماهی آفریقایی *Clarias anguillaris* مشاهده شد.

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که استفاده از سطوح بالاتر جایگزینی پودر ملخ موجب کاهش عملکرد رشد و افزایش ضریب تبدیل خواهد شد که در پژوهش ویلفرد و همکاران (۲۰۱۲) نیز، عملکرد رشد بچه‌ماهیان گربه‌ماهی آفریقایی (*C. gariepinus*)

با جایگزینی ۲۵ درصدی پودر ملخ صحرایی رنگارنگ (*Zonocerus variegatus*) به‌جای پودر ماهی، بالاترین میزان رشد و کم‌ترین ضریب تبدیل را داشت به‌طوری‌که در سطوح بالاتر، ۵۰ و ۷۵ و ۱۰۰ درصد، کاهش نرخ رشد مشاهده شد. در مطالعه ولی‌پور و همکاران (۲۰۱۸) نیز بهبود عملکرد رشد در جایگزینی تا سطح ۲۵ درصد پودر حشره (*Tenebrio molitor*) بر بچه‌ماهیان قزل‌آلا مشاهده شد. با این حال برخلاف نتایج این مطالعه، جایگزینی ۱۰۰ درصدی پودر ماهی با پودر ملخ (*Gryllus bimaculatus*) در گربه‌ماهی آفریقایی (*C. gariepinus*) بالاترین میزان شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای را نشان داد (توفک و همکاران، ۲۰۱۶)، هم‌چنین در مطالعه لوک و همکاران (۲۰۱۶)، جایگزینی ۱۰۰ درصدی پودر مگس سرباز هیچ‌گونه تأثیر منفی بر عملکرد رشد اسمولت‌های ماهی آزاد اقیانوس اطلس نداشته است. به نظر می‌رسد تفاوت نتایج پژوهش‌های می‌تواند به‌دلیل متفاوت بودن گونه ماهی، گونه حشره مورد استفاده، نحوه تغذیه و روش فراوری به‌خصوص در حذف اسکلت خارجی کیتینی حشره باشد (تسچیرنر و سیمون، ۲۰۱۵).

نتایج حاصل از آزمایش‌های بیوشیمیایی خون نشان داد، تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری در مقادیر گلوکز، کورتیزول، آلبومین، گلوبولین و IgM نشان ندادند. مقدار گلوکز خون ماهیان در طول فرآیند استرس افزایش خواهد یافت و تحت تأثیر استرس‌های داخلی یا خارجی، هورمون‌های کاتکول آمین، ادرنالین و نورآدرنالین توسط سلول‌های کروموفین به خون ترشح می‌شوند این هورمون‌ها به همراه کورتیزول موجب انجام واکنش‌های بیوشیمیایی گلیکوژنولیز، گلیکوژن را به گلوکز تبدیل کرده و وارد خون می‌کنند تا انرژی مورد نیاز سلول در شرایط استرس، فراهم گردد (سیویل و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین با توجه به

نشان داد که اسیدهای چرب اولئیک در آن‌ها ترکیب غالب است در حالی که اسیدهای چرب بلند زنجیر غیراشباع مانند ایکوزانوئیک اسید (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) بسیار ناچیز است (فینک، ۲۰۰۲). همانند این نتایج در گزارش ولی‌پور و همکاران (۲۰۱۸)، با اثر جایگزینی پودر لارو سوسک زرد مشاهده شد. برخلاف نتایج مطالعه حاضر تغذیه ماهی سی بس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با جیره غذایی حاوی مگس سرباز سیاه (*Hermetia illucens*) موجب کاهش کلسترول پلاسما خون شد در حالی که میزان تری‌گلیسرید برای هر دو گونه ماهی بدون تغییر ماند (هنری و همکاران، ۲۰۱۸).

در نتیجه‌گیری کلی می‌توان این‌گونه استنباط کرد که جایگزینی پودر ملخ با پودر ماهی تا سطح ۳۰ درصد جیره، بهترین عملکرد رشد و ضریب تبدیل را داشته است و هم‌چنین هیچ‌گونه تأثیر منفی بر عملکرد پارامترهای خون‌شناسی و ایمنی در بچه‌ماهیان قزل‌آلا ندارد. بنابراین از پودر حشراتی مانند ملخ صحرایی می‌توان در تامین پروتئین جیره غذایی ماهیان مورد استفاده قرار داد. ملخ‌های صحرایی طی سال‌های گذشته همواره مزارع و باغات کشاورزی استان‌های مختلف کشورمان را مورد آسیب قرار داده‌اند که با ایجاد روش‌های خاص جمع‌آوری و خرید آن‌ها از کشاورزان می‌توان از هزینه‌های جبران‌ناپذیر اقتصادی و حتی زیست‌محیطی (خطر سموم دفع آفات) جلوگیری به عمل آورد البته اخیراً در چند کارگاه تولید حشرات، ملخ صحرایی نیز پرورش داده می‌شود. بنابراین می‌توان با مدیریت و بهره‌وری مناسب، از ملخ صحرایی به‌عنوان منبع پروتئین پایدار و مفید برای جایگزینی پودر ماهی استفاده نمود.

نتایج گلوکز و کورتیزول، می‌توان گفت ماهیان مورد آزمایش در این مطالعه، تحت تأثیر هیچ‌گونه تنش و استرسی در ارتباط با جیره‌های مختلف آزمایش قرار نگرفته‌اند. پروتئین کل در سرم خونی شامل آلبومین و گلوبین است که عملکردهای فیزیولوژی گسترده‌ای در ماهیان استخوانی بر عهده دارد. آلبومین نقش مهمی در انتقال ترکیبات مختلف همانند داروها در خون برعهده دارد و تحریک سنتز این پروتئین می‌تواند موجب انتقال محرک‌های ایمنی در خون گردد. میزان پروتئین کل معمولاً در زمان مواجه شدن با بیماری عفونی افزایش پیدا می‌کند. در این زمینه مطالعه لین و همکاران (۲۰۱۲) اشاره نمود که افزایش میزان پروتئین خون را در زمان مواجه شدن ماهی قزل‌آلی رنگین‌کمان با باکتری *Aeromonas hydrophila* مشاهده کردند. مقدار پروتئین کل در مطالعه حاضر اختلاف معنی‌داری بین جیره‌های آزمایشی با تیمار شاهد نشان داد. گلوبین تقریباً منبع همه پروتئین‌های فعال ایمنی در خون است و گلوبین‌ها برای سلامت سیستم ایمنی ضروری هستند. مطالعات نشان داده مقادیر آلبومین و گلوبین موجود در سرم خون ماهیانی که محرک‌های ایمنی مختلف تغذیه می‌شوند بالاتر از تیمار شاهد بوده است، در نتیجه تصور می‌شود افزایش مقدار آلبومین و گلوبین خون با قدرت سیستم ایمنی همراه است (ویگرتجس و همکاران، ۱۹۹۶). در بررسی حاضر فعالیت گلوبین و آلبومین در جیره‌های آزمایشی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. مطالعه ولی‌پور و همکاران (۲۰۱۸) نیز در جایگزینی سطوح مختلف پودر لارو سوسک زرد (*Tenebrio molitor*) نتایج مشابهی را نشان داد. تری‌گلیسرید و کلسترول نیز در این مطالعه اختلاف معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان دادند. به‌طوری‌که با افزایش میزان پودر ملخ در جیره، میزان کلسترول و تری‌گلیسرید نیز افزایش یافت. بررسی ترکیبات اسیدهای چرب در پودر ملخ

## سپاسگزاری

بدین وسیله نویسندگان مقاله، از مدیرعامل محترم و کارشناسان شرکت نوین رشد نادین (خوراک ماهی

پرشین فید)، بابت مساعدت در انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌نمایند.

## منابع

- Alegbeleye, W.O., Obasa, S.O., Olude, O., Otubu, K., and Jimoh, W. 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquaculture*, 43: 412-420.
- Arbab, A. 2018. The Role of Insects in Aquatic Diet: Case Study of Yellow mealworm (*Tenebrio molitor*). *J. Ornam. Aquacult.* 5: 41-52.
- Balogun, B.I. 2011. Growth performance and feed utilization of *Clarias gariepinus* (Teugels) fed different dietary levels of soaked *Bauhinia monandra* (Linn.) seed meal and sun-dried locust meal (*Schistocerca gregaria*). Unpublished PhD Thesis, Ahmadu Bello University, Zaria. DOI: 10.1007/s10126-012-9462-3.
- Balian, E., Segers, H., Leveque, C., and Martens, K. 2008. The freshwater animal diversity assessment: an overview of the results. In: Balian, E. *et al.* (eds), *Freshwater Animal Diversity Assessment*. *Hydrobiologia*. 595: 627-637.
- Brusle, J., and Anadon, G.G. 1996. The structure and function of fish liver. In: *Fish Morphology*. pp. 77-93.
- Collavo, A., Glew, R.H., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Bosse, R., and Paoletti, M.G. 2005. Housecricket small-scale farming. In: *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*. Ed. Paoletti, M.G. New Hampshire Science Publishers. 12: 519-544.
- FAO, 2019. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to Food Security and Nutrition for All. FAO, Rome, 200P. DOI: 10.1016/j.marpol.2018.12.009.
- Finke, M.D. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21: 269-285. DOI: 10.1002/zoo.10031.
- Harinder, P.S., Makkar Gilles, T., Valerie, H., and Philippe, A. 2014. State of the art on use of insects as animal feed. *Animal feed science and technology*, 197: 1-33.
- Harsij, H., Adineh, H., Maleknejad, R., Jafaryan, H., and Asadi, M. 2019. The use of live mealworm (*Tenebrio molitor*) in diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effect on growth performance and survival, nutritional efficiency, carcass compositions and intestinal digestive enzymes. *J. Fish. Sci. Technol.* 8: 3. 137-143.
- Henry, M.A., Gasco, L., Chatzifotis, S., and Piccolo, G. 2018. Does dietary insect meal affect the fish immune system? The case of mealworm, *Tenebrio molitor* on European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Developmental and Comparative Immunology*, 81: 204-209.
- Hilaire, S., Sheppard, C., Newton, L., Mosley, E., and Sealey, W. 2007. Fly prpupe as a feedstuff rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. World Aquacult. Soc.* 38: 59-67.
- Li, S., Ji, H., Zhang, B., Zhou, J., and Yu, H. 2017. Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. *Aquaculture*, 477: 62-70.
- Lock, E.R., Arsiwalla, T., and Waagbo, A. 2015. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquaculture Nutrition*, 130: 122-134.

- Liu, B., Ge, X.P., Xie, J., Xu, P., Cui, Y.T., Ming, J.H., Zhou, Q.L., and Pan, L.K. 2012. Effects of anthraquinonoid extract from *Rheum officinal* Bail on the physiological responses and HSP70 gene expression of *Megalobrama amblycephala* under *Aeromonas hydrophila* infection. *J. Fish Shellfish Immunol.* 32: 1-7.
- Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., and Ankers, P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197: 1-33.
- Magalhães, R., Lopes, T., Martins, N., DíazRosales, P., Couto, A., Pousão-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: 43-50.
- Mohieldein, A., Hyder, M.A., and Hasan, M. 2013. Comparative levels of ALT, AST, ALP and GGT in liver associated diseases. *Europ. J. Exp. Biol.* 3: 280-284.
- Nogales, S., Jover cerda, M., liorens, S., and Vidal, A. 2011. Study of partial replacement of fish meal with sunflower meal on growth, amino acid retention, and body composition of sharp snout sea bream. *Diplodus puntazzo*. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41: 47-54.
- Oonincx, D., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M., van den Brand, H., van Loon, J.J.A., and van Huis, A. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *Plos One*, 5: e1445.
- Riddick, E.W. 2014. Insect protein as partial replacement for fishmeal in the diets of juvenile fish and crustaceans. *Invertebrates and Entomopathogens*. Academic Press, San Diego, USA, pp. 565-582.
- Sivil, S., Nardi, M., Sulpizio, R., Orpainesi, C., Caggiano, M., Carnevali, O., and Cresci, A. 2008. Effect of the addition of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. being of European sea bass (*Dicentra chus labrax*, L.). *Microbial Ecology in Health and Disease*, 20: 53-59.
- 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 Physiol. Biochem.* 18: 51-94.
- Thoman, E.S., Davids, A., and Arnold, C.R. 2005. Evaluation of growth out diets with varying protein and energy levels for red drum. *Aquaculture*. 176: 343-353.
- Torestensen, B.E., Esp, M., Sanden, M., Stubhaug, I., Waagba, R., Hemre, G.I. and Berntssen, M.H.G. 2008. Novel production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) protein based on combined replacement of fish meal and fish oil with plant meal and vegetable oil blends. *Aquaculture*, 285: 193-200.
- 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. *J. Ins. Food.* 1: 3. 1-12.
- Valipour, M., Oujifard, A., Hosseini, A., Sotoudeh, E., and Bagheri, D. 2018. Effect of dietary replacement of fish meal by Yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae meal on growth performance, hematological indices and some of non-specific immune responses of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iran. Sci. Jo.* 28: 4. 13-25.
- 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. 187p.
- Wilfred, O.A., Obasa, S., Otuba, K., and Jimoh. 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus*) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquaculture Research*, 43: 412-420.
- Wiegertjes, G.F., Stet, R.M., Parmentier, H.K., and van Muiswinkel, W.B. 1996. Immunogenetics of disease resistance in fish: a comparative approach. *Developmental and Comparative Immunology*, 20: 6. 365-381.