

آماده انتشار

تأثیر جایگزینی پودر لارو مگس سرباز سیاه (*Hermetia illucens*) با آرد ماهی و پودر سویا بر عملکرد رشد و فاکتورهای بیوشیمیایی خون بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

اباذر قاسمی^۱، حامد پاک نژاد^{۲*}، سید حسین حسینی فر^۳، سید پژمان حسینی شکرای^۴، حمیده ذکریائی^۵

۱. دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: abazar.ghassemi@gmail.com
۲. دانشیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. hkolangi@gmail.com*
۳. دانشیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. hoseinifar@gu.ac.ir
۴. استادیار گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: hosseini.pezhman@yahoo.com
۵. نویسنده مسئول، دانش‌آموخته دکتری. گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hzakariaee87@yahoo.com

Doi: 10.22069/japu.2024.22453.1876

تاریخ دریافت: 1403-02-28

تاریخ ویرایش: 1403-03-12

تاریخ پذیرش: 1403-03-20

تأثیر جایگزینی پودر لارو مگس سرباز سیاه (*Hermetia illucens*) با آرد ماهی و پودر سویا بر عملکرد رشد و فاکتورهای بیوشیمیایی خون بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

چکیده

محدود بودن منابع تأمین آرد ماهی، وجود مواد ضد تغذیه‌ای در سویا سبب شده محققین ایده استفاده از منابع جدید تأمین‌کننده پروتئین در جیره تجاری ماهیان را مطرح نمایند، ازاین‌رو این مطالعه به تأثیر جایگزینی پودر لارو مگس سرباز سیاه با آرد ماهی و پودر سویا بر عملکرد رشد و فاکتورهای بیوشیمیایی خون بچه ماهی کپور معمولی پرداخته است. تعداد ۲۴۰ قطعه بچه ماهی کپور معمولی با میانگین وزن $0.91 \pm 12/68$ گرم در ۵ تیمار که شامل تیمار یک: حاوی پودر ماهی و پودر سویا، تیمار دو: حاوی پودر سویا و پودر لارو مگس سرباز سیاه، تیمار سه: حاوی پودر ماهی و پودر لارو مگس سرباز سیاه، تیمار چهار: پودر سویا و تیمار پنج: پودر لارو مگس سرباز سیاه با مقدار یکسان نیتروژن و انرژی قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار به مدت ۸ هفته انجام شد. در هر تانک فایبرگلاس ۱۵ قطعه ماهی توزیع و با جیره‌های آزمایشی با ۳ درصد وزن بدن و به‌صورت روزانه در ۲ نوبت غذادهی شد. شاخص‌های رشد و بیوشیمیایی سرم خون ماهیان بر اساس فرمول‌های استاندارد محاسبه و آنالیز داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. نتایج این مطالعه اختلاف معناداری را در شاخص‌های رشد و مصرف غذا در بین پنج تیمار نشان داد ($P < 0.05$). بالاترین وزن نهایی ($2/24 \pm 31/16$ گرم)، درصد افزایش وزن بدن ($20/26 \pm 141/36$)، نرخ رشد ویژه ($0/14 \pm 1/56$) و کمترین ضریب تبدیل غذایی ($0/18 \pm 1/88$) در تیمار سوم مشاهده شد که اختلاف معناداری را با سایر تیمارها نشان داد ($P < 0.05$). مقادیر گلوکز، آلبومین اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف نشان نداد ($P \geq 0.05$)؛ اما میزان پروتئین کل اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف نشان داد ($P < 0.05$). تغییرات آنزیم‌های کبدی شامل آلکالین فسفاتاز (ALP)، آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف نشان نداد ($P \geq 0.05$)؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت استفاده همزمان پودر لارو مگس سرباز سیاه و پودر ماهی در جیره تجاری بچه ماهی کپور معمولی تأثیر نامطلوبی بر شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون نداشته است. علاوه بر این باعث بهبود عملکرد رشد، کارایی تغذیه گردید. همچنین این جایگزینی تأثیر منفی بر عملکرد کبد نداشت.

واژه‌های کلیدی: آبی‌پروری، جیره غذایی، حشرات، لارو مگس سرباز سیاه

The effect of replacing black soldier fly larvae powder (*Hermetia illucens*) with fish meal and soybean powder on the growth performance and blood biochemical parameters of common carp fry (*Cyprinus carpio*).

Abazar ghassemi¹, Hamed Paknejad², Seyed Hossein Hoseinifar³, Seyed Pezhman Hosseini Shekarabi⁴, Hamideh Zakariaee⁵

1. Ph.D. Student, Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: abazar.ghassemi@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hkolangi@gmail.com
3. Associate Prof., Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hossein.hoseinifar@gmail.com
4. Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: hosseini.pezhman@yahoo.com
5. Ph.D. Graduate, Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hzakariaee87@yahoo.com

Abstract

The limited sources of fishmeal supply, the existence of anti-nutritional substances in soybeans have made researchers propose the idea of using new sources of protein in commercial fish diets, therefore, this study examines the effect of replacing black soldier fly larvae powder with fishmeal and soybean powder on performance. Growth and blood biochemical factors of common carp fry. Number of 240 common carp juveniles with an average weight of (12.68 ± 0.91) grams in 5 treatments including treatment 1: containing fish meal and soybean meal, treatment 2: containing soybean meal and black soldier fly larvae powder, treatment 3: containing fish meal and black soldier fly larvae powder, treatment 4: soybean powder and treatment 5: black soldier fly larva powder with the same amount of nitrogen and energy. This experiment was conducted in the form of a completely randomized basic design in 3 replications for 8 weeks. In each fiberglass tank, 15 pieces of fish were distributed and fed with experimental rations with 3% of body weight and twice a day. the growth and biochemical indices of fish blood serum were calculated based on standard formulas and data analysis was performed using Duncan's test. The results of this study showed a significant difference in growth and food consumption indices among five treatments ($P < 0.05$). The highest final weight (31.16 ± 2.24 grams), body weight gain percentage (141.36 ± 20.26), specific growth rate (1.56 ± 0.14) and the lowest food conversion coefficient (1.88 ± 0.18) was observed in the third treatment, which showed a significant difference with other treatments ($P < 0.05$). Glucose, albumin values did not show significant differences among different treatments ($P \leq 0.05$); But the amount of total protein showed a significant difference among different treatments ($P < 0.05$). Changes in liver enzymes including alkaline phosphatase (ALP), aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) did not show significant differences among different treatments ($P \leq 0.05$); Therefore, it can be concluded that the simultaneous use of black soldier fly larvae powder and fish powder in the commercial diet of common carp juveniles did not have an adverse effect on the biochemical indices of blood serum. In addition, it improves growth performance, feeding efficiency. Also, this substitution did not have a negative effect on liver function.

Keywords: aquaculture, diet, insects, black soldier fly larvae.

با توجه به رشد جمعیت انسانی، همچنین ثابت بودن تولیدات شیلاتی حاصل از صید در دریاها، آبی پروری می تواند به عنوان راه حلی مطمئن جهت تأمین منابع پروتئین سالم برای جوامع انسانی شناخته شود (۱). با توجه به این نکته که بیشتر گونه های ماهیان مورد استفاده در آبی پروری، با غذای تجاری پرورش می یابند، توجه به نیازسنجی آن ها برای رشد و استفاده از اقلام غذایی باکیفیت در روند تهیه جیره غذایی باید مورد توجه قرار گیرد (۲). آرد ماهی و پودر سویا به عنوان منابع مهم تأمین کننده نیاز پروتئینی در جیره غذایی آبزیان شناخته می شوند. در حال حاضر آرد ماهی یکی از گران ترین اجرا جیره غذایی آبزیان محسوب می شود که درصد بالایی (۳۵ تا ۵۵ درصد) را در جیره غذایی آبزیان شامل می شود. داشتن خصوصیتی همچون درصد پروتئین بالا، هضم پذیری مطلوب، تأمین منابع اسید چرب ضروری و اشتها آور بودن سبب شده تا پودر ماهی به عنوان بهترین منبع انرژی آبزیان محسوب شود (۳ و ۴). با توجه با افزایش تقاضا، محدودیت میزان تولید و عرضه آرد ماهی در سطح جهانی، قیمت آن روند افزایشی داشته که این امر افزایش قیمت نهایی خوراک و افزایش هزینه های تولید را در پی دارد (۵ و ۶). یافتن منابع جایگزین مناسب برای تداوم رشد و توسعه صنعت آبی پروری برای سال های آینده و همچنین حفظ منابع دریایی برای نسل های آینده باید مورد توجه قرار گیرد (۷).

در سالیان اخیر مطالعاتی در مورد امکان جایگزینی آرد ماهی و پروتئین هایی با منشأ گیاهی انجام شد (۸ و ۹). در بین منابع پروتئینی گیاهی پودر سویا به دلیل قیمت مناسب، پروفایل اسید آمینه مطلوب مناسب ترین جایگزین به جای پودر ماهی در جیره غذایی ماهی کپور معمولی است (۱۰). وجود فاکتورهای ضد تغذیه ای در سویا مثل بازدارنده پروتئازی، لکتین ها، ساپونین ها و کربوهیدرات های غیرقابل هضم سبب کاهش عملکرد رشد، مصرف غذا و هضم و جذب مواد مغذی می شود (۱۱). برای کاهش اثر فاکتورهای ضد تغذیه ای روش هایی معرفی شده است. با حرارت دادن پودر سویا بیشتر بازدارنده های پروتئازی از بین می روند ولی این فرآیند سبب از بین رفتن اسیدهای آمینه ضروری نیز می شود (۱۲). از طرفی تولید پروتئین از منابع گیاهی مستلزم داشتن زمین و آب فراوان است. این بدان معنا است که در آینده جهت دسترسی به زمین مناسب برای تأمین غذا بین انسان و بخش تولید غذای جانوری رقابتی می تواند شکل گیرد (۱۳).

طی چند سال اخیر محققین ایده استفاده از پودر حشرات به عنوان جایگزین پودر ماهی را مطرح کردند (۲ و ۱۴). پژوهش های متعددی در زمینه استفاده از حشرات در جیره غذایی آبزیان انجام گرفته است (۱۵). در طبیعت بسیاری از گونه های ماهیان به طور طبیعی از حشرات تغذیه می کنند (۱۶). در زیست بوم های آب شیرین حدود ۱۲۶۰۰۰ گونه جانوری شناسایی شده است که بیش از ۶۰ درصد آن ها را حشرات تشکیل می دهند (۷۶ هزار گونه) (۱۷). حشرات دارای سرعت رشد بالا و تکثیر سریع و آسانی هستند. این موجودات می توانند از طیف وسیعی از مواد غذایی باکیفیت پایین استفاده کنند و در بدن خود بافت باارزش بالا تبدیل کنند. به طور متوسط یک کیلوگرم از زی توده حشرات می تواند از تغذیه دو کیلوگرم غذا تولید شود (۱۸). از دیگر مزایای حشرات می توان به ضریب تبدیل غذایی پایین، انتشار سطوح پایین گازهای گلخانه ای و آمونیاک، خطر کم انتقال بیماری، امکان پرورش با اتکا به محصولات جانبی ارگانیک و فضای کم برای پرورش اشاره کرد (۱۵). با توجه به دشواری پرورش حشرات آبی در طول

سالیان اخیر (۱۹) استفاده از گونه‌های متعددی از حشرات غیرآبری از جمله ملخ‌ها (۲۰)، سوسک‌ها (۲۱) و مگس‌ها (۲۲) که پرورش یا دسترسی به آن‌ها مقرون به صرفه است جهت تأمین نیاز غذایی آبزیان مورد توجه قرار گرفته است.

مگس سرباز سیاه با نام علمی (*Hermetia illucens*) از خانواده Stratiomyidae بوده. این حشره در مناطق گرمسیری و معتدل و مناطق مردابی، مزارع، محل دفع فضولات کارخانجات و مکان‌هایی که بار مواد آلی و ضایعات زیاد است، زندگی می‌کند. این حشره دارای چندین نسل در طول سال است (۲۳). مگس سرباز سیاه می‌تواند از دامنه وسیعی از میوه‌ها، سبزیجات پلاسیده و مدفوع طیور استفاده کند. این حشره ۴ مرحله در زندگی خود دارد که عبارت‌اند از لارو، پیش شفیره، شفیره و بلوغ. مراحل رشد این حشره را می‌توان از روی رنگ و سطح پشتی تشخیص داد که از قهوه‌ای تیره تا سیاه متفاوت است (۲۴). میزان تخم‌گذاری این حشره وابسته به دمای محیط است، مناسب‌ترین دما برای تخم‌گذاری ۳۰ درجه سانتی‌گراد است که در این دما تا ۸۰٪ تخم‌ریزی می‌کند. وجود طیف گسترده‌ای از آنزیم‌های گوارشی در بدن این حشره سبب شده است که بتواند ضایعات آلی موجود در محیط را در بدن خود مصرف و تبدیل به کمپوست غنی از مواد مغذی کند (۲۵). مگس سرباز سیاه یک منبع باکیفیت پروتئین درعین حال ارزان‌قیمت و باکیفیت بالا در تولید خوراک می‌باشد (۲۶). لارو فراوری شده مگس سرباز سیاه دارای ۳۸/۵ تا ۶۲/۷ درصد پروتئین خام است. تنوع اسیدهای آمینه در بدن این حشره وابسته به رژیم غذایی این جانور است. در بدن لارو این حشره اسیدهای آمینه همچون: آلانین، آرژنین، آسپارتیک اسید، سیستئین، گلوتامیک اسید، هیستیدین، ایزولوسین، لوسین، لیزین، متیونین، فنیل آلانین، پرولین، سرین، ترئونین، تریپتوفان و تیروزین گزارش شده است (۲۷). محتوای اسیدهای چرب اشباع در بدن لارو مگس سرباز سیاه ۵۸ تا ۷۲ درصد می‌باشد. در لارو این حشره مواد معدنی از جمله آهن، روی، کلسیم، فسفر، مس و منیزیم شناسایی شده است (۲۸ و ۲۹). میزان کیتین استخراج شده از بدن این حشره در مراحل مختلف زندگی متفاوت و بین ۲/۹ تا ۱۴/۱ درصد اندازه‌گیری شده است (۳۰).

در سال‌های اخیر گزارش‌های مختلفی در مورد استفاده از منابع پروتئین ارزان‌قیمت از جمله پودر حشرات در جیره غذایی آبزیان ارائه شده است که می‌توان به مطالعه لی و همکاران (۲۰۱۷) اثر جایگزینی پودر چربی زدایی شده لارو مگس سرباز سیاه با پودر ماهی در جیره غذایی ماهی کپور معمولی (۳۱)، دوگان و توران (۲۰۲۱) استفاده از پودر لارو مگس سرباز سیاه به عنوان منبع پروتئین جایگزین در جیره غذایی ماهی کپور معمولی (۳۲) اشاره کرد.

با توجه به اهمیت تأمین مواد اولیه ارزان‌قیمت درعین حال باکیفیت بالا برای کارخانجات تولید غذای آبزیان و این نکته که این ماهی در طبیعت از حشرات در تغذیه خود استفاده می‌کند، مطالعه حاضر به تأثیر جایگزینی پودر لارو مگس سرباز سیاه با آرد ماهی و پودر سویا بر عملکرد رشد و فاکتورهای بیوشیمیایی خون بچه ماهی کپور معمولی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

شرایط پرورش: پژوهش حاضر به مدت ۸ هفته در سالن آبری‌پروری شهید ناصر فضلی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. به این منظور تعداد ۲۴۰ قطعه بچه ماهی کپور معمولی با میانگین وزن $0/91 \pm 12/68$ گرم از یکی از

مجموعه‌های پرورش بچه ماهی گرمابی واقع در استان گلستان خریداری شد. ماهیان بعد از سازگاری با شرایط آزمایشگاهی به مدت ۲ هفته، در ۵ تیمار ۳ تکرار در مجموع ۱۵ تانک در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی قرار گرفتند، در هر تانک فایبرگلاس ۱۵ قطعه ماهی قرار گرفت و به مدت ۸ هفته با جیره‌های آزمایشی به میزان ۳ درصد وزن بدن و به صورت روزانه در ۲ نوبت غذایی شدند. تعویض آب تانک‌ها روزانه و تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر بود. دمای آب هر یک از تانک‌ها بین ۲۰ - ۲۴ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن بین ۶-۷ میلی‌گرم در لیتر و pH آب ۷/۸ ثبت شد.

تیمار بندی و ساخت جیره

بچه ماهیان در پنج تیمار به صورت تیمار یک (جیره پایه شامل آرد ماهی و آرد کنجاله سویا (بدون آرد لارو مگس سرباز سیاه))، تیمار دو: (آرد لارو مگس سرباز سیاه + آرد کنجاله سویا (بدون آرد ماهی))، تیمار سه: (آرد ماهی + آرد لارو مگس سرباز سیاه (بدون آرد کنجاله سویا))، تیمار چهار: (فقط با آرد کنجاله سویا (بدون آرد لارو مگس سرباز سیاه و آرد ماهی)) و تیمار پنج: (فقط با آرد لارو مگس سرباز سیاه (بدون آرد ماهی و آرد کنجاله سویا)) هر کدام در ۳ تکرار قرار گرفتند. اقلام غذایی به صورت جداگانه خریداری شده سپس جداگانه آسیاب شده و با توجه به فرمول جیره وزن و مخلوط شدند. مگس سرباز سیاه از شرکت گلستان زیست پروتئین صدرا خریداری شد. بعد از به دست آوردن مخلوط همگن و اضافه کردن آب، ترکیب به دست آمده از چرخ گوشت با چشمه ۲ میلی‌متر عبور داده شد. بعد از خشک شدن، غذا بسته‌بندی گردید و تا زمان استفاده در فریزر در دمای ۲۰- قرار داده شد. در این بررسی تمامی جیره‌ها ایزونیترئوس و ایزوکالریک در نظر گرفته شد.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی جیره‌های غذایی

تیمار	تیمار یک	تیمار دو	تیمار سه	تیمار چهار	تیمار پنج
خاکستر %	۱۲/۶۵	۱۲/۶۷	۱۲/۷۵	۱۲/۶۲	۱۲/۶۱
رطوبت %	۱۰/۳۲	۱۰/۴۵	۱۰/۵۰	۱۰/۴۰	۱۰/۳۵
چربی %	۵/۳۰	۵/۳۵	۵/۳۳	۵/۳۱	۵/۲۹
پروتئین خام %	۴۰/۶۶	۴۰/۷۲	۴۰/۷۰	۴۰/۶۷	۴۰/۶۵

شاخص‌های رشد و تغذیه: پس از انجام زیست‌سنجی اولیه، توزیع بچه ماهیان در مخازن صورت گرفت. برای محاسبه میزان توده زنده هر مخزن و محاسبه درصد غذایی هر دو هفته یکبار روند تغییرات وزنی ماهیان اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه برای تیمارهای مختلف محاسبه شد. محاسبات آماری شاخص‌های رشد و غذا بر اساس رابطه‌های زیر محاسبه شد:

افزایش وزن بدن (گرم) = وزن نهایی بدن (گرم) - وزن اولیه بدن (گرم) (۳۵)

درصد افزایش وزن بدن = میانگین وزن ثانویه (گرم) - میانگین وزن اولیه (گرم) / میانگین وزن اولیه (گرم) × ۱۰۰ (۳۶).

ضریب تبدیل غذایی = مقدار غذای خورده شده (گرم) / افزایش وزن بدن (گرم) (۳۷).

ضریب رشد ویژه = [(لگاریتم طبیعی میانگین وزن نهایی - لگاریتم طبیعی میانگین وزن اولیه)] / روزهای پرورش $\times 100$ (۳۸).

اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی: در پایان دوره آزمایش تعداد ۶ قطعه ماهی از هر تیمار به صورت تصادفی انتخاب شد و توسط سرنگ ۲/۵ میلی‌لیتر خون‌گیری از طریق سیاهرگ ساقه دمی انجام گرفت. سپس جهت اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی نمونه‌های خونی به تیوپ‌های ۱/۵ سی‌سی فاقد هپارین جهت جداسازی سرم خون انتقال یافت. نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه با ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس بخش سرمی پارامترهای موردنظر با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی ساخت شرکت پارس آزمون طبق دستورالعمل مندرج روی بسته موردسنجش قرار گرفت.

محاسبات آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها تحت نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگوروف - اسمیرنوف (Kolmogorov- Smirnov) بررسی گردید. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون (Duncan) و برای یافتن تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. سطح معنادار بودن در این مطالعه، ۵ درصد ($P < 0.05$) در نظر گرفته شد.

نتایج

پارامترهای رشد و تغذیه: نتایج حاصل از فاکتورهای رشد و تغذیه بچه ماهیان کپور معمولی تغذیه‌شده با پودر لارو مگس سرباز سیاه جایگزین شده با آرد ماهی و پودر سویا در جدول ۲ آمده است. نتایج مربوط به شاخص‌هایی همچون وزن نهایی (گرم)، درصد افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی و نرخ رشد ویژه اختلاف معناداری را در بین پنج تیمار پرورشی نشان داد ($P < 0.05$). بالاترین وزن نهایی و بیشترین درصد افزایش وزن بدن در تیمار سوم به‌طور معناداری بیشتر از سایر تیمارها بود ($P < 0.05$). تیمار سوم به‌طور معناداری کمترین ضریب تبدیل غذایی و بالاترین نرخ رشد ویژه را در بین تیمارهای پرورشی نشان داد ($P < 0.05$).

جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد رشد و تغذیه (میانگین $\pm$ انحراف معیار) بچه ماهیان کپور معمولی تغذیه‌شده با پودر لارو مگس سرباز سیاه جایگزین شده با آرد ماهی و پودر سویا به مدت ۵۶ روز.

شاخص‌های رشد	تیمار یک	تیمار دو	تیمار سه	تیمار چهار	تیمار پنج
وزن اولیه (گرم)	$12/72 \pm 0/12^a$	$12/68 \pm 0/10^a$	$12/61 \pm 0/07^a$	$12/65 \pm 0/07^a$	$12/72 \pm 0/08^a$
وزن نهایی (گرم)	$25/74 \pm 0/87^b$	$24/02 \pm 2/17^b$	$31/16 \pm 2/24^a$	$23/80 \pm 1/35^b$	$24/76 \pm 1/96^b$
درصد افزایش وزن بدن (درصد)	$102/42 \pm 7/23^b$	$89/48 \pm 18/74^b$	$141/36 \pm 20/26^a$	$83/92 \pm 9/72^b$	$94/59 \pm 14/07^b$
ضریب تبدیل غذایی	$2/62 \pm 0/23^b$	$2/89 \pm 0/55^b$	$1/88 \pm 0/18^a$	$2/96 \pm 0/35^b$	$2/70 \pm 0/33^b$
نرخ رشد ویژه (درصد وزنی در روز)	$1/25 \pm 0/06^b$	$1/13 \pm 0/17^b$	$1/56 \pm 0/14^a$	$1/08 \pm 0/09^b$	$1/18 \pm 0/12^b$

اعداد (میانگین $\pm$ خطای استاندارد) در یک ردیف با حروف متفاوت، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($P < 0.05$).

تیمار یک (جیره پایه شامل آرد ماهی و آرد کنجاله سویا (بدون آرد لارو مگس سرباز سیاه))، تیمار دو: (آرد لارو مگس سرباز سیاه+ آرد کنجاله سویا (بدون آرد ماهی))، تیمار سه: (آرد ماهی+ آرد لارو مگس سرباز سیاه (بدون آرد کنجاله سویا))، تیمار چهار: (فقط با آرد کنجاله سویا (بدون آرد لارو مگس سرباز سیاه و آرد ماهی)) و تیمار پنج: (فقط با آرد لارو مگس سرباز سیاه (بدون آرد ماهی و آرد کنجاله سویا))

شاخص‌های بیوشیمیایی خون: نتایج حاصل از فاکتورهای بیوشیمیایی خون در جدول ۳ آمده است. فاکتورهای گلوکز و آلومین اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف آزمایشی نشان نداد ($P \geq 0.05$). تغییرات پروتئین کل اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف پرورشی نشان می‌دهد ($P < 0.05$). به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن در تیمار چهارم مشاهده شد. روند تغییرات آنزیم‌های کبدی شامل آلکالین فسفاتاز (ALP)، آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف پرورشی نشان نمی‌دهد ($P \geq 0.05$).

جدول ۲- شاخص‌های بیوشیمیایی خون (میانگین $\pm$ انحراف معیار) بچه ماهیان کپور معمولی تغذیه‌شده با پودر لارو مگس سرباز سیاه جایگزین شده با آرد ماهی و پودر سویا به مدت ۵۶ روز.

پارامتر	تیمار یک	تیمار دو	تیمار سه	تیمار چهار	تیمار پنج
گلوکز (mg/dl)	$115/94 \pm 12/05^a$	$125/17 \pm 24/29^a$	$102/87 \pm 49/09^a$	$103/83 \pm 23/38^a$	$107/31 \pm 17/28^a$
پروتئین کل (g/dl)	$1/97 \pm 0/09^{ab}$	$1/75 \pm 0/09^b$	$1/76 \pm 0/11^b$	$2/12 \pm 0/16^a$	$1/87 \pm 0/16^b$
آلبومین (g/dl)	$1/34 \pm 0/25^a$	$1/32 \pm 0/16^a$	$1/32 \pm 0/07^a$	$1/26 \pm 0/12^a$	$1/32 \pm 0/05^a$
ALP (u/l)	$107/21 \pm 11/81^a$	$143/67 \pm 34/26^a$	$125/59 \pm 13/13^a$	$145/50 \pm 41/36^a$	$122/22 \pm 46/19^a$
ALT (u/l)	$18/07 \pm 2/06^a$	$18/66 \pm 0/34^a$	$15/71 \pm 2/38^a$	$18/07 \pm 1/22^a$	$16/89 \pm 2/90^a$
AST (u/l)	$121/72 \pm 41/58^a$	$128/72 \pm 58/14^a$	$101/50 \pm 16/61^a$	$134/55 \pm 42/93^a$	$103/44 \pm 28/31^a$

اعداد (میانگین $\pm$ خطای استاندارد) در یک ردیف با حروف متفاوت، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($P < 0.05$).

تیمار یک (جیره پایه شامل آرد ماهی و آرد کنجاله سویا (بدون آرد لارو مگس سرباز سیاه))، تیمار دو: (آرد لارو مگس سرباز سیاه+ آرد کنجاله سویا (بدون آرد ماهی))، تیمار سه: (آرد ماهی+ آرد لارو مگس سرباز سیاه (بدون آرد کنجاله سویا))، تیمار چهار: (فقط با آرد کنجاله سویا (بدون آرد لارو مگس سرباز سیاه و آرد ماهی)) و تیمار پنج: (فقط با آرد لارو مگس سرباز سیاه (بدون آرد ماهی و آرد کنجاله سویا))

بحث

محدودیت‌ها در تأمین منابع تولید پودر ماهی و وجود مواد ضد تغذیه‌ای در سویا سبب شده محققین ایده استفاده از منابع تأمین پروتئین جایگزین در جیره غذایی آبزیان را مطرح کنند. در سالیان اخیر بررسی‌های متعددی در زمینه استفاده از پودر حشرات به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده خوراک آبزیان صورت گرفته است (۱۶). نتایج ضدونقیض در مورد تأثیر استفاده از حشرات در گونه‌های مختلف ارائه‌شده که گاهی حتی بسیار گیج‌کننده می‌باشند و این نشان‌دهنده این موضوع است که برای هرگونه بایستی جداگانه بررسی‌ها انجام گردد.

در این مطالعه استفاده همزمان پودر ماهی و پودر لارو مگس سرباز سیاه در تیمار سوم سبب افزایش معنادار شاخص‌های رشد از جمله وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و همچنین کاهش ضریب تبدیل غذایی شده است. ضریب تبدیل

غذایی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تغذیه‌ای است که نشان‌دهنده مقدار غذای خورده شده در برابر افزایش وزن بدن در طول دوره پرورشی است. در این مطالعه استفاده همزمان پودر ماهی و پودر لارو مگس سرباز سیاه، کاهش ضریب تبدیل غذایی را در پی داشت؛ این در حالی بود که جایگزینی ۱۰۰ درصدی پودر لارو مگس سرباز سیاه در تیمار پنجم کاهش عملکرد رشد و افزایش ضریب تبدیل غذایی را نشان داد. از دلایل کاهش عملکرد رشد زمانی که ۱۰۰ درصد از پودر لارو مگس سرباز سیاه در جیره استفاده شد را می‌توان وجود محتوای بالای کیتین در بدن این حشره دانست. کیتین برای بسیاری از ماهیان غیرقابل هضم است. چون این ماهیان فاقد فعالیت کیتینار هستند (۳۹). البته گونه‌های همه‌چیزخوار توانایی بالایی در استفاده از کنجاله حشرات وجود دارد (۴۰). از دیگر دلایل احتمالی شاید بتوان به کمبود یا نبودن مواد ضروری برای رشد در لارو مگس سرباز سیاه اشاره کرد درحالی‌که این مواد در پودر ماهی به میزان کافی وجود دارد و یا اینکه جذابیت غذایی و تحریک اشتهای ماهی با جایگزینی ۱۰۰ درصدی لارو مگس سرباز سیاه در جیره کاهش یافته است. درک درست سازوکار این مطلب نیاز به تحقیقات بیشتری روی قابلیت هضم مواد مغذی موجود در لارو مگس سرباز سیاه در سطح مولکولی دارد (۴۱).

استفاده ۱۰۰ درصدی پودر سویا در تیمار چهارم (فقط با آرد کنجاله سویا (بدون آرد لارو مگس سرباز سیاه و آرد ماهی)) سبب کاهش عملکرد رشد و افزایش ضریب تبدیل غذایی شد؛ البته این روند کاهشی در مقایسه با سایر تیمارها به‌غیر از تیمار سوم (آرد ماهی + آرد لارو مگس سرباز سیاه (بدون آرد کنجاله سویا)) روند معناداری را نشان نداد. شاید بتوان از دلایل کاهش روند رشد در تیمار چهارم وجود مواد ضد تغذیه‌ای در سویا را بیان کرد. مشابه نتایج مطالعه حاضر در مطالعات دوگان و توران (۲۰۲۱) (۳۲) و جهان و همکاران (۲۰۲۱) در جایگزینی پودر لارو مگس سرباز سیاه در جیره غذایی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) مشاهده شد (۴۲).

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد استفاده همزمان پودر لارو مگس سرباز سیاه و آرد ماهی می‌تواند سبب بهبود عملکرد رشد و کاهش ضریب تبدیل غذایی شود درحالی‌که سطوح بالاتر جایگزینی بر عملکرد رشد و مصرف غذا تأثیر منفی می‌گذارد. نتایج پژوهش دوگان و توران (۲۰۲۱) نشان داد جایگزینی ۶۵ درصد پودر لارو مگس سرباز سیاه می‌تواند سبب بهبود عملکرد رشد و تغذیه جیره غذایی ماهی کپور معمولی شود (۳۲) ولی سطوح بالاتر جایگزینی کاهش عملکرد رشد و افزایش ضریب تبدیل غذایی را در پی داشته است. ماگالس و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که تا ۱۹/۵ درصد شفیره مگس سرباز سیاه که حاوی ۲۲/۵ درصد پروتئین رژیم غذایی است را می‌توان با ۴۵ درصد پودر ماهی در جیره غذایی ماهی باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) بدون ایجاد اثرات نامطلوب تغذیه‌ای جایگزین کرد (۴۳). با این حال برخلاف نتایج این مطالعه، ژو و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند جایگزینی ۱۰۰ درصد پودر لارو مگس سرباز سیاه با پودر ماهی هیچ‌گونه اثر سویی بر روی فاکتورهای رشد در ماهی کپور معمولی نداشته است (۴۴) همچنین گبرمایکل و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند جایگزینی ۱۰۰ درصدی لارو مگس سرباز سیاه با پودر ماهی بدون ایجاد اثرات نامطلوب روی رشد و کارایی غذا می‌تواند صورت گیرد (۴۱). این نتایج متفاوت ممکن است به دلیل تفاوت در گونه ماهی، اندازه ماهی، گونه حشره، بستر پرورش و نحوه فرآوری حشره باشد (۴۵).

شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی نشان‌دهنده‌ی وضعیت تغذیه‌ای، سوخت‌وساز چربی، میزان استرس و صدمات بافتی است (۴۶). نتایج حاصل از آزمایش‌های بیوشیمیایی خون تیمارهای آزمایشی، تفاوت معناداری را در مقادیر گلوکز و آلبومین نشان نداد. مقدار گلوکز خون ماهیان در زمان استرس افزایش می‌یابد و تحت تأثیر هورمون‌های کاتکول آمین، آدرنالین و نورآدرنالین توسط سلول‌های کرومافین به خون ترشح می‌شود (۴۷). همچنین استرس‌های محیطی از جمله وضعیت تغذیه‌ای می‌تواند میزان گلوکز خون را به شدت تحت تأثیر قرار دهند (۴۸)؛ بنابراین با توجه به نتایج گلوکز ممکن است بتوان بیان داشت ماهیان در این بررسی، تحت تأثیر تنش و استرسی در ارتباط با جیره‌های مختلف آزمایشی قرار نگرفتند.

آلبومین در کبد ساخته می‌شود سبک‌ترین پروتئین پلاسمای خون است که بیش از ۵۰ درصد پروتئین پلاسمای را تشکیل می‌دهد. در زمان سوءتغذیه سطح آلبومین سرم کاهش می‌یابد (۴۹). نتایج این بررسی تفاوت معناداری را در میزان آلبومین سرم خون در بین تیمارهای مختلف پرورشی نشان نداد. همسو با نتایج این مطالعه، اسدی و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند استفاده از ملخ صحرایی (*Schistocerca gregaria*) در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تفاوت معناداری را در مقادیر گلوکز و آلبومین سرم خون ماهیان ایجاد نکرد (۵۰).

میزان پروتئین کل در اختلالات عملکرد کبد و کلیه و در بیماری‌های سیستم ایمنی افزایش می‌یابد (۵۱). نتایج این مطالعه نشان داد استفاده ۱۰۰ درصد سویا در جیره غذایی سبب افزایش معنادار پروتئین کل می‌شود. نتایج مطالعه اسدی و همکاران (۲۰۲۲) در استفاده از ملخ صحرایی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز همسو با نتایج این مطالعه بود (۵۰).

در ارزیابی آسیب‌های کبد، سنجش سطوح آنزیم‌هایی همچون ALP، ALT و AST به‌طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند. شرایط نامساعد تغذیه‌ای و آسیب‌های کبدی افزایش رهاسازی این آنزیم‌ها را به گردش خون در پی دارد (۵۲). نتایج این مطالعه تفاوت معناداری را در مقادیر آنزیم‌های ذکر شده نشان نداد و می‌توان گفت بر سلامت کبد تأثیر منفی نداشته است. نتایج مشابهی با یافته‌های این بررسی وجود دارد که می‌توان به نتایج بررسی لی و همکاران (۲۰۱۷) در افزودن لارو مگس سرباز سیاه به جیره غذایی ماهی کپور معمولی اشاره کرد که بر عملکرد آنزیم‌های کبدی تأثیر معناداری نداشته است (۳۱).

در نتیجه گیری کلی می‌توان این‌گونه استنباط کرد که استفاده همزمان از پودر لارو مگس سرباز سیاه و پودر ماهی سبب بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی بچه ماهیان کپور معمولی شد. همچنین هیچ‌گونه تأثیر منفی بر عملکرد شاخص‌های بیوشیمیایی خون و سلامت کبد در بچه ماهی کپور معمولی مشاهده نشد. با توجه به پراکنش و امکان پرورش این حشره در کشور می‌توان از آن در تأمین پروتئین جیره غذایی ماهیان استفاده کرد؛ بنابراین امید است که بتوان با مدیریت و بهره‌وری مناسب از لارو مگس سرباز سیاه به‌عنوان منبع پروتئین پایدار به‌عنوان جایگزینی مناسب برای پودر ماهی استفاده کرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله نویسندگان این مقاله، از مدیرعامل محترم و کارشناسان شرکت بهدانه شمال (تولیدکننده تخصصی خوراک آبزیان) بابت مساعدت در تأمین بخشی از اقلام غذایی ساخت جیره سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

1. Agriculture Organization (FAO) (Ed). (2014). *State of World Fisheries and Aquaculture: 2014*. Food & Agriculture Organization of the UN (FAO). Rome, 200P.
2. Oliva-Teles, A., Enes, P., & Peres, H. (2015). Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. *Feed and feeding practices in aquaculture*, 203-233.
3. Miles, R. D., & Chapman, F. A. (2006). The benefits of fish meal in aquaculture diets: FA122/FA122, 5/2006. *EDIS*, 2006(12).
4. Nguyen, T. N., Davis, D. A., & Saoud, I. P. (2009). Evaluation of alternative protein sources to replace fish meal in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis spp.* *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(1), 113-121.
5. LOVELL, R. (1989). Nutrition and Feeding of Fish Van Mostrand Reinhold. New York, pp260.
6. WANG, Y., KONG, L.-J., LI, C. & BUREAU, D. P. (2006). Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture*, 261, 1307-1313.
7. Tacon, A. G., Hasan, M. R., & Subasinghe, R. P. (2006). Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: trends and policy implications. *FAO Fisheries Circular (FAO)*, (1018).
8. Barrows, F.T., Stone, D.A.J. & Hardy, R. W. (2007). The effects of extrusion conditions on the nutritional value of soybean meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 265(1-4): 244–252.
9. Gatlin III, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., ... & Wurtele, E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture research*, 38(6), 551-579.
10. Hertrampf, J. W., & Piedad-Pascual, F. (2012). *Handbook on ingredients for aquaculture feeds*. Springer Science & Business Media.
11. Francis, G., Makkar, H. P., & Becker, K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199(3-4), 197-227.
12. Viola, S., Mokady, S., & Arieli, Y. (1983). Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 32(1-2), 27-38.
13. Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 203, 1-22.
14. Moutinho, S., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., Jover-Cerdá, M., Oliva-Teles, A., & Peres, H. (2017). 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, 271-277.
15. Van Huis, A., Van Isterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security* (No. 171). Food and agriculture organization of the United Nations.
16. Riddick, E. W. (2014). Insect protein as a partial replacement for fishmeal in the diets of juvenile fish and crustaceans. *Mass production of beneficial organisms*, 565-582.
17. Balian, E. V., Segers, H., Martens, K., & Lévêque, C. (2008). *The freshwater animal diversity assessment: an overview of the results* (pp. 627-637). Springer Netherlands.

18. Collavo, A. L. B. E. R. T. O., Glew, R. H., Huang, Y. S., Chuang, L. T., Bosse, R. E. B. E. C. C. A., & Paoletti, M. G. (2005). House cricket small-scale farming. *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails*, 27, 515-540.
19. Ogunji, J. O., Kloas, W., Wirth, M., Schulz, C., & Rennert, B. (2006, October). Housefly maggot meal (Magmeal): An emerging substitute of fishmeal in Tilapia diets. In *Conference on International Agricultural Research for Development* (pp. 11-13). Bonn, Germany: Deutscher Tropentag.
20. Nnaji, C.J. & Okoye, F.C. (2004). Substituting fishmeal with grasshopper meal in the diet of *clarias gariepinus* fingerlings. National Institute of Freshwater Research, New Bussa in Collaboration with the Fishery Society of Nigeria (FISON), pp: 30 – 36.
21. Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M. J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., & Pérez-Bañón, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, 422, 193-201.
22. Gaffigan, M. (2017). Is Insect Protein a Sustainable Alternative to Soy and Fishmeal in Poultry Feed?.
23. Niknia, E., Sarraf Moayeri, H., & Gharekhani, G. H. (2023). The effect of different diets on biological characteristics of Black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *J. Entomol. Soc. Iran*, 43(1), 43-51.
24. Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of medical entomology*, 39(4), 695-698.
25. Salomone, R., Saija, G., Mondello, G., Giannetto, A., Fasulo, S. & Savastano, D. (2017) Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of life cycle assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production* 140(2), 890–905.10.1016/j.jclepro.2016.06.154.
26. Chia, S. Y., Tanga, C. M., Osuga, I. M., Mohamed, S. A., Khamis, F. M., Salifu, D., ... & Ekesi, S. (2018). Effects of waste stream combinations from brewing industry on performance of Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *PeerJ*, 6, e5885.
27. Shumo, M., Osuga, I. M., Khamis, F. M., Tanga, C. M., Fiaboe, K. K., Subramanian, S., ... & Borgemeister, C. (2019). The nutritive value of black soldier fly larvae reared on common organic waste streams in Kenya. *Scientific reports*, 9(1), 10110.
28. Ortiz, J. C., Ruiz, A. T., Morales-Ramos, J. A., Thomas, M., Rojas, M. G., Tomberlin, J. K., ... & Jullien, R. L. (2016). Insect mass production technologies. In *Insects as sustainable food ingredients* (pp. 153-201). Academic Press.
29. Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Oryn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., ... & De Smet, S. (2017). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2594-2600.
30. Wang, H., ur Rehman, K., Feng, W., Yang, D., ur Rehman, R., Cai, M., ... & Zheng, L. (2020). Physicochemical structure of chitin in the developing stages of black soldier fly. *International Journal of Biological Macromolecules*, 149, 901-907.
31. Li, S., Ji, H., Zhang, B., Zhou, J., & 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.

- 32.Dogan, H., & Turan, F. (2021). The usage of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as alternative protein source in carp diets (*Cyprinus carpio*). *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 508-514.
- 33.Balon, E. K. (1995). Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture*, 129(1-4), 3-48.
- 34.Guler, G. O., Kiztanir, B., Aktumsek, A., Citil, O. B., & Ozparlak, H. (2008). Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and $\omega 3/\omega 6$ ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beysehir Lake (Turkey). *Food Chemistry*, 108(2), 689-694.
- 35.Tacon, A.G.J. (1990). Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Washington DC, Argent Laboratories press. 454 p.
36. Bekcan, S., Dogankaya, L., & Cakirogullari, G. C. (2006). Growth and body composition of European catfish (*Silurus glanis* L.) fed diets containing different percentages of protein. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgah*, 58(2): 137-142.
- 37.Otubusin, S. O., Ogunleye, F. O., & Agbebi, O. T. (2009). Feeding trials using local protein sources to replace fishmeal in pelleted feeds in catfish (*Clarias gariepinus* Burchell 1822) culture. *European Journal of Scientific Research*, 31(1), 142-147.
- 38.Hevrøy, E. M., Espe, M., Waagbø, R., Sandnes, K., Ruud, M., & Hemre, G. I. (2005). Nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. *Aquaculture nutrition*, 11(4), 301-313.
- 39.Rust, M. B. (2002). Nutritional physiology. In J. E. Halver, & R. W. Hardy (Eds.), *Fish nutrition* (3rd ed., pp. 368–446). New York, NY, USA: The Academic Press.
- 40.Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 203, 1-22.
- 41.Gebremichael, A., Hancz, C., & Kucska, B. (2021). Effect of total or partial replacing of fishmeal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal on growth performance and body condition indices of common carp (*Cyprinus carpio*). *AACL Bioflux*, 14(4), 2280-2286.
- 42.Jahan, R., Tipu, M. M. H., Haque, M. M., & Salam, M. A. (2021). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as a fish meal replacement in diets for 1 nursing common carp (*Cyprinus carpio*) fry. *AgriRxiv*, (2021), 20210012413.
- 43.Magalhães, R., Sanchez-Lopez, A., Leal, RS., Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles, A. & Peres, H. (2017). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*. 476:79-85.
- 44.Zhou, J. S., Liu, S. S., Ji, H., & Yu, H. B. (2018). Effect of replacing dietary fish meal with black soldier fly larvae meal on growth and fatty acid composition of Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture nutrition*, 24(1), 424-433.
- 45.Tschirner, M., & 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 and feed*, 1(4), 249-259.
- 46.Wagner, T., & Congleton, J. L. (2004). Blood chemistry correlates of nutritional condition, tissue damage, and stress in migrating juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61(7), 1066-1074.

- 47.Silvi, S., Nardi, M., Sulpizio, R., Orpianesi, C., Caggiano, M., Carnevali, O., & Cresci, A. (2008). Effect of the addition of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii* on the gut microbiota composition and contribution to the well-being of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Microbial ecology in health and disease*, 20(1), 53-59.
- 48.Prasad, G., & Charles, S. (2010). Haematology and leucocyte enzyme cytochemistry of a threatened yellow catfish *Horabagrus brachysoma* (Gunther 1864). *Fish physiology and biochemistry*, 36, 435-443.
- 49.Rohadi, M. R., Andi, I., Bambang, P., & Mochammad, H. (2019). The effect of snakehead fish (*Channa striata*) extract capsule to the albumin serum level of post-operative neurosurgery patients. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 12, 893-899.
- 50.Asadi, H., Khoshkholgh, M. R., Allaf Noveirian, H., & Safari, R. (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.
- 51.Banaee, M., Sureda, A., Mirvaghefi, A. R., & Rafei, G. R. (2011). Effects of long-term silymarin oral supplementation on the blood biochemical profile of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish physiology and biochemistry*, 37, 885-896.
- 52.Drotman, R. B., & Lawhorn, G. T. (1978). Serum enzymes as indicators of chemically induced liver damage. *Drug and chemical toxicology*, 1(2), 163-171.

The effect of replacing black soldier fly larvae powder (*Hermetia illucens*) with fish meal and soybean powder on the growth performance and blood biochemical parameters of common carp fry (*Cyprinus carpio*).

Abstract

The limited sources of fishmeal supply, the existence of anti-nutritional substances in soybeans have made researchers propose the idea of using new sources of protein in commercial fish diets, therefore, this study examines the effect of replacing black soldier fly larvae powder with fishmeal and soybean powder on performance. Growth and blood biochemical factors of common carp fry. Number of 240 common carp juveniles with an average weight of (12.68 ± 0.91) grams in 5 treatments including treatment 1: containing fish meal and soybean meal, treatment 2: containing soybean meal and black soldier fly larvae powder, treatment 3: containing fish meal and black soldier fly larvae powder, treatment 4: soybean powder and treatment 5: black soldier fly larva powder with the same amount of nitrogen and energy. This experiment was conducted in the form of a completely randomized basic design in 3 replications for

8 weeks. In each fiberglass tank, 15 pieces of fish were distributed and fed with experimental rations with 3% of body weight and twice a day. the growth and biochemical indices of fish blood serum were calculated based on standard formulas and data analysis was performed using Duncan's test. The results of this study showed a significant difference in growth and food consumption indices among five treatments ($P < 0.05$). The highest final weight (31.16 ± 2.24 grams), body weight gain percentage (141.36 ± 20.26), specific growth rate (1.56 ± 0.14) and the lowest food conversion coefficient (1.88 ± 0.18) was observed in the third treatment, which showed a significant difference with other treatments ($P < 0.05$). Glucose, albumin values did not show significant differences among different treatments ($P \leq 0.05$); But the amount of total protein showed a significant difference among different treatments ($P < 0.05$). Changes in liver enzymes including alkaline phosphatase (ALP), aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) did not show significant differences among different treatments ($P \leq 0.05$); Therefore, it can be concluded that the simultaneous use of black soldier fly larvae powder and fish powder in the commercial diet of common carp juveniles did not have an adverse effect on the biochemical indices of blood serum. In addition, it improves growth performance, feeding efficiency. Also, this substitution did not have a negative effect on liver function.

Keywords: aquaculture, diet, insects, black soldier fly larvae.