Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics
Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

انجمن علمی ماهیان زینتی ایران
Iranian Ornamental Fish Society (IOFS)

(OPEN ACCESS)

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 Ghassemi[1], Hamed Paknejad[*2], Seyed Hossein Hoseinifar[3], Seyed Pezhman Hosseini Shekarabi[4], Hamideh Zakariaee[5]

1. Ph.D. Student in 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. National Research Center of Saline-waters Aquatics, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bafq, Iran. E-mail: hosseini.pezhman@yahoo.com
5. Ph.D. Graduate in Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hzakariaee87@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.17.2024
Revised: 06.01.2024
Accepted: 06.09.2024

Keywords:
Aquaculture,
Black soldier fly larvae,
Diet,
Insects

ABSTRACT

The limited sources of fishmeal supply, the existence of anti-nutritional substances in soybeans have made researchers to 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 ($P\leq0.05$); 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 ($P\leq0.05$); 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.

Cite this article: Ghassemi, Abazar, Paknejad, Hamed, Hoseinifar, Seyed Hossein, Hosseini Shekarabi, Seyed Pezhman, Zakariaee, Hamideh. 2026. 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*). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 14 (4), 195-209.

© The Author(s).
Doi: 10.22069/japu.2024.22453.1876
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

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

اباذر قاسمی[۱]، حامد پاک‌نژاد*[۲]، سید حسین حسینی‌فر[۳]، سید پژمان حسینی شکرابی[٤]، حمیده ذکریائی[٥]

۱. دانشجوی دکتری شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: abazar.ghassemi@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hkolangi@gmail.com
۳. دانشیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hossein.hoseinifar@gmail.com
٤. مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بافق، ایران. رایانامه: hosseini.pezhman@yahoo.com
٥. دانش‌آموخته دکتری شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hzakariaee87@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰۲/۲۸
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۳/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰۳/۲۰

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

چکیده

محدودبودن منابع تأمین آرد ماهی، وجود مواد ضدتغذیه‌ای در سویا سبب شده پژوهش‌گران 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 بچه‌ماهی کپور معمولی پرداخته است. تعداد ۲٤۰ قطعه بچه‌ماهی کپور معمولی با میانگین وزن ۰/۹۱ ± ۱۲/٦۸ گرم در ٥ 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 ۱٥ 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<۰/۰٥). بالاترین وزن نهایی (۲/۲٤ ± ۳۱/۱٦ گرم)، درصد افزایش وزن بدن (۲۰/۲٦ ± ۱٤۱/۳٦)، نرخ رشد ویژه (۰/۱٤ ± ۱/٥٦) و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی (۰/۱۸ ± ۱/۸۸) در تیمار سوم مشاهده شد که اختلاف معناداری را با سایر تیمارها نشان داد (P<۰/۰٥). مقادیر گلوکز، آلبومین اختلاف

معناداری را در بین تیمارهای مختلف نشان نداد (P≥۰/۰۵)؛ اما میزان پروتئین کل اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف نشان داد (P<۰/۰۵). تغییرات آنزیم‌های کبدی شامل آلکالین فسفاتاز (ALP)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف نشان نداد (P≥۰/۰۵)؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت استفاده هم‌زمان پودر لارو مگس سرباز سیاه و پودر ماهی در جیره تجاری بچه‌ماهی کپور معمولی تأثیر نامطلوبی بر شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون نداشته است. علاوه‌بر این باعث بهبود عملکرد رشد، کارایی تغذیه گردید. هم‌چنین این جایگزینی تأثیر منفی بر عملکرد کبد نداشت.

استناد: قاسمی، اباذر، پاک‌نژاد، حامد، حسینی‌فر، سید حسین، حسینی شکرابی، سید پژمان، ذکریائی، حمیده (۱۴۰۴). تأثیر جایگزینی پودر لارو مگس سرباز سیاه (*Hermetia illucens*) با آرد ماهی و پودر سویا بر عملکرد رشد و فاکتورهای بیوشیمیایی خون بچه‌ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۴ (۴)، ۲۰۹-۱۹۵.
Doi: 10.22069/japu.2024.22453.1876

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

با توجه به رشد جمعیت انسانی، همچنین ثابت بودن تولیدات شیلاتی حاصل از صید در دریاها، آبزی‌پروری می‌تواند به‌عنوان راه‌حلی مطمئن جهت تأمین منابع پروتئین سالم برای جوامع انسانی شناخته شود (۱). با توجه به این نکته که بیش‌تر گونه‌های ماهیان مورداستفاده در آبزی‌پروری، با غذای تجاری پرورش می‌یابند، توجه به نیازسنجی آن‌ها برای رشد و استفاده از اقلام غذایی باکیفیت در روند تهیه جیره غذایی باید موردتوجه قرار گیرد (۲). آرد ماهی و پودر سویا به‌عنوان منابع مهم تأمین‌کننده نیاز پروتئینی در جیره غذایی آبزیان شناخته می‌شوند. در حال حاضر آرد ماهی یکی از گران‌ترین اجرا جیره غذایی آبزیان محسوب می‌شود که درصد بالایی (۳۵ تا ۵۵ درصد) را در جیره غذایی آبزیان شامل می‌شود. داشتن خصوصیاتی هم‌چون درصد پروتئین بالا، هضم پذیری مطلوب، تأمین منابع اسید چرب ضروری و اشتهاآور بودن سبب شده تا پودر ماهی به‌عنوان بهترین منبع انرژی آبزیان محسوب شود (۳ و ٤). 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 هزینه‌های تولید را در پی دارد (۵ و ٦). یافتن منابع جایگزین مناسب برای تداوم رشد و توسعه صنعت آبزی‌پروری برای سال‌های آینده و همچنین حفظ منابع دریایی برای نسل‌های آینده باید موردتوجه قرار گیرد (۷).

در سالیان اخیر مطالعاتی در مورد امکان جایگزینی آرد ماهی و پروتئین‌هایی با منشأ گیاهی انجام شد (۸ و ۹). در بین منابع پروتئینی گیاهی پودر سویا به‌دلیل قیمت مناسب، پروفایل اسیدآمینه مطلوب مناسب‌ترین جایگزین به‌جای پودر ماهی در جیره غذایی ماهی کپور معمولی است (۱۰). وجود فاکتورهای ضدتغذیه‌ای در سویا مثل بازدارنده پروتئازی، لکتین‌ها، ساپونین‌ها و کربوهیدرات‌های غیرقابل‌هضم سبب کاهش عملکرد رشد، مصرف غذا و هضم و جذب مواد مغذی می‌شود (۱۱). برای کاهش اثر فاکتورهای ضدتغذیه‌ای روش‌هایی معرفی‌شده است. با حرارت دادن پودر سویا بیش‌تر بازدارنده‌های پروتئازی از بین می‌روند ولی این فرآیند سبب از بین رفتن اسیدهای آمینه ضروری نیز می‌شود (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 می‌تواند شکل گیرد (۱۳).

طی چند سال اخیر پژوهش‌گران ایده استفاده از پودر حشرات به‌عنوان جایگزین پودر ماهی را مطرح کردند (۲ و ١٤). پژوهش‌های متعددی درزمینه استفاده از حشرات در جیره غذایی آبزیان انجام‌گرفته است (۱۵). در طبیعت بسیاری از گونه‌های ماهیان به‌طور طبیعی از حشرات تغذیه می‌کنند (١٦). در زیست‌بوم‌های آب شیرین حدود ۱۲٦۰۰۰ گونه جانوری شناسایی‌شده است که بیش از ٦۰ درصد آن‌ها را حشرات تشکیل می‌دهند (۷٦ هزار گونه) (۱۷). حشرات دارای سرعت رشد بالا و تکثیر سریع و آسانی هستند. این موجودات می‌توانند از طیف وسیعی از مواد غذایی باکیفیت پایین استفاده کنند و در بدن خود بافت باارزش بالا تبدیل کنند. به‌طور متوسط یک کیلوگرم از زی‌توده حشرات می‌تواند از تغذیه دو کیلوگرم غذا تولید شود (۱۸). از دیگر مزایای حشرات می‌توان به ضریب تبدیل غذایی پایین، انتشار سطوح پایین گازهای گلخانه‌ای و آمونیاک، خطر کم انتقال بیماری، امکان پرورش با اتکا به محصولات جانبی ارگانیک و فضای کم برای پرورش اشاره کرد (۱۵). با توجه به‌دشواری پرورش

حشرات آبزی در طول سالیان اخیر (۱۹) استفاده از گونه‌های متعددی از حشرات غیرآبزی ازجمله ملخ‌ها (۲۰)، سوسک‌ها (۲۱) و مگس‌ها (۲۲) که پرورش یا دسترسی به آن‌ها مقرون‌به‌صرفه است جهت تأمین نیاز غذایی آبزیان موردتوجه 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 ٤ 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 (۲٤). میزان تخم‌گذاری این حشره وابسته به دمای محیط است، مناسب‌ترین دما برای تخم‌گذاری ۳۰ درجه سانتی‌گراد است که در این دما تا ۸۰ درصد 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 در عین‌حال ارزان‌قیمت و باکیفیت بالا در تولید خوراک می‌باشد (۲٦). لارو فرآوری شده مگس سرباز سیاه دارای ۳۸/۵ تا ٦۲/۷ 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 گزارش‌شده است (۲۷). محتوای اسیدهای چرب اشباع در بدن لارو مگس سرباز سیاه ۵۸ تا ۷۲ درصد می‌باشد. در لارو این حشره مواد معدنی ازجمله آهن، روی، کلسیم، فسفر، مس و منیزیوم شناسایی‌شده است (۲۸ و ۲۹). میزان کیتین استخراج‌شده از بدن این حشره در مراحل مختلف زندگی متفاوت و بین ۲/۹ تا ۱٤/۱ درصد اندازه‌گیری شده است (۳۰).

در سال‌های اخیر گزارش‌های مختلفی در مورداستفاده از منابع پروتئین ارزان‌قیمت ازجمله پودر حشرات در جیره غذایی آبزیان ارائه‌شده است که می‌توان به مطالعه لی و همکاران (۲۰۱۷) اثر جایگزینی پودر چربی‌زدایی 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 به‌عنوان منبع پروتئین جایگزین در جیره غذایی ماهی کپور معمولی (۳۲) اشاره کرد.

با توجه به اهمیت تأمین مواد اولیه ارزان‌قیمت درعین‌حال 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 به‌مدت ۸ هفته در سالن آبزی‌پروری شهید ناصر فضلی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. به این منظور تعداد ۲٤۰ قطعه بچه‌ماهی کپور معمولی با میانگین وزن ۰/۹۱ ± ۱۲/٦۸ گرم از یکی از مجموعه‌های پرورش بچه‌ماهی گرمابی واقع در استان گلستان خریداری شد. ماهیان بعد از سازگاری با

شرایط آزمایشگاهی به‌مدت ۲ هفته، در ۵ تیمار ۳ تکرار درمجموع 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 به‌صورت روزانه در ۲ نوبت غذادهی شدند. تعویض آب تانک‌ها روزانه و تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر بود. دمای آب هر یک از تانک‌ها بین ۲۰-۲٤ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن بین ٦-۷ میلی‌گرم در لیتر و pH آب ۷/۸ ثبت شد.

تیماربندی و ساخت جیره: بچه‌ماهیان در پنج تیمار به‌صورت 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)) هرکدام در ۳ تکرار قرار گرفتند. اقلام غذایی به‌صورت جداگانه خریداری‌شده 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 به‌دست آمده از چرخ‌گوشت 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 ایزونیتروژنوس و ایزوکالریک در نظر گرفته شد.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی جیره‌های غذایی.

Table 1. Chemical composition of the diets.

تیمار Treatment	تیمار یک Treatment 1	تیمار دو Treatment 2	تیمار سه Treatment 3	تیمار چهار Treatment 4	تیمار پنج Treatment 5
خاکستر ٪ (Ash %)	12.65	12.67	12.75	12.62	12.61
رطوبت ٪ (Moisture %)	10.32	10.45	10.50	10.40	10.35
چربی ٪ (Fat %)	5.30	5.35	5.3	5.31	5.29
پروتئین خام ٪ (Crude Protein %)	40.66	40.72	40.70	40.67	40.65

شاخص‌های رشد و تغذیه: پس از انجام زیست‌سنجی اولیه، توزیع بچه‌ماهیان در مخازن صورت گرفت. برای محاسبه میزان توده زنده هر مخزن و محاسبه درصد غذادهی 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 (۳٦).

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 × ١٠٠ (٣٨).

اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی: در پایان دوره آزمایش تعداد ٦ قطعه ماهی از هر تیمار به‌صورت تصادفی انتخاب شد و توسط سرنگ ٢/٥ میلی‌لیتر خون‌گیری از طریق سیاهرگ ساقه دمی انجام گرفت. سپس جهت اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی نمونه‌های خونی به تیوپ‌های ١/٥ سی‌سی فاقد هپارین جهت جداسازی سرم خون انتقال یافت. نمونه‌ها در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به مدت ١٠ دقیقه با ٤٠٠٠ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سیس بخش سرمی پارامترهای موردنظر با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی ساخت شرکت پارس آزمون طبق دستورالعمل مندرج روی بسته موردسنجش قرار گرفت.

محاسبات آماری: تجزیه‌وتحلیل دادها تحت نرم‌افزار SPSS نسخه ٢٦ انجام شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف (Kolmogorov- Smirnov) بررسی گردید. به‌منظور 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، ٥ درصد (P<٠/٠٥) در نظر گرفته شد.

نتایج

پارامترهای رشد و تغذیه: نتایج حاصل از فاکتورهای رشد و تغذیه بچه‌ماهیان کپور معمولی تغذیه‌شده با پودر لارو مگس سرباز سیاه جایگزین شده با آرد ماهی و پودر سویا در جدول ٢ 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<٠/٠٥). بالاترین وزن نهایی و بیش‌ترین درصد افزایش وزن بدن در تیمار سوم به‌طور معناداری بیشتر از سایر تیمارها بود (P<٠/٠٥). تیمار سوم به‌طور معناداری کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی و بالاترین نرخ رشد ویژه را در بین تیمارهای پرورشی نشان داد (P<٠/٠٥).

شاخص‌های بیوشیمیایی خون: نتایج حاصل از فاکتورهای بیوشیمیایی خون در جدول ٣ آمده است. فاکتورهای گلوکز و آلبومین اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف آزمایشی نشان نداد (P≥٠/٠٥). تغییرات پروتئین کل اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف پرورشی نشان می‌دهد (P<٠/٠٥). به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن در تیمار چهارم مشاهده شد. روند تغییرات آنزیم‌های کبدی شامل آلکالین فسفاتاز (ALP)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف پرورشی نشان نمی‌دهد (P≥٠/٠٥).

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد رشد و تغذیه (میانگین ± انحراف معیار) بچه‌ماهیان کپور معمولی تغذیه‌شده با پودر لارو مگس سرباز سیاه جایگزین شده با آرد ماهی و پودر سویا به مدت ٥٦ روز.

Table 2. Comparison of growth performance and feed utilization (Mean ± SD) of common carp juveniles fed with black soldier fly larvae powder replaced with fish meal and soybean meal for 56 days.

شاخص‌های رشد growth performance parameters / تیمار Treatment	تیمار یک Treatment 1	تیمار دو Treatment 2	تیمار سه Treatment 3	تیمار چهار Treatment 4	تیمار پنج Treatment 5
وزن اولیه (گرم) Initial weight (g)	12.72 ± 0.12^{a}	12.68 ± 0.10^{a}	12.61 ± 0.07^{a}	12.65 ± 0.07^{a}	12.72 ± 0.08^{a}
وزن نهایی (گرم) Final weight (g)	25.74 ± 0.87^{b}	24.02 ± 2.17^{b}	31.16 ± 2.24^{a}	23.80 ± 1.35^{b}	24.76 ± 1.96^{b}
درصد افزایش وزن بدن (درصد) Weight gain (%)	102.42 ± 7.23^{b}	89.48 ± 18.74^{b}	141.36 ± 20.26^{a}	83.92 ± 9.72^{b}	94.59 ± 14.07^{b}
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio (FCR)	2.62 ± 0.23^{b}	2.89 ± 0.55^{b}	1.88 ± 0.18^{a}	2.96 ± 0.35^{b}	2.70 ± 0.33^{b}
نرخ رشد ویژه (درصد وزنی در روز) Specific growth rate (% body weight/ day)	1.25 ± 0.06^{b}	1.13 ± 0.17^{b}	1.56 ± 0.14^{a}	1.08 ± 0.09^{b}	1.18 ± 0.12^{b}

اعداد (میانگین ± خطای استاندارد) در یک ردیف با حروف متفاوت، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (P<۰/۰۵) 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))

جدول ۳- شاخص‌های بیوشیمیایی خون (میانگین ± انحراف معیار) بچه‌ماهیان کپور معمولی تغذیه‌شده با پودر لارو مگس سرباز سیاه جایگزین شده با آرد ماهی و پودر سویا به مدت ٥٦ روز.

Table 3. Blood biochemical parameters (Mean ± SD) of common carp juveniles fed with black soldier fly larvae powder replaced with fish meal and soybean meal for 56 days.

پارامتر Parameters	تیمار یک Treatment 1	تیمار دو Treatment 2	تیمار سه Treatment 3	تیمار چهار Treatment 4	تیمار پنج Treatment 5
گلوکز (mg/dl) Glucose	115.94 ± 12.05^{a}	125.17 ± 24.29^{a}	102.87 ± 49.09^{a}	103.83 ± 23.38^{a}	107.31 ± 17.28^{a}
پروتئین کل (g/dl) Total protein	1.97 ± 0.09^{ab}	1.75 ± 0.09^{b}	1.76 ± 0.11^{b}	2.12 ± 0.16^{a}	1.87 ± 0.16^{b}
آلبومین (g/dl) Albumin	1.34 ± 0.25^{a}	1.32 ± 0.16^{a}	1.32 ± 0.07^{a}	1.26 ± 0.12^{a}	1.32 ± 0.05^{a}
(u/l) ALP	107.21 ± 11.81^{a}	143.67 ± 34.26^{a}	125.59 ± 13.13^{a}	145.50 ± 41.36^{a}	122.22 ± 46.19^{a}
(u/l) ALT	18.07 ± 2.06^{a}	18.66 ± 0.34^{a}	15.71 ± 2.38^{a}	18.07 ± 1.22^{a}	16.89 ± 2.90^{a}
(u/l) AST	121.72 ± 41.58^{a}	128.72 ± 58.14^{a}	101.50 ± 16.61^{a}	134.55 ± 42.93^{a}	103.44 ± 28.31^{a}

اعداد (میانگین ± خطای استاندارد) در یک ردیف با حروف متفاوت، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (P<۰/۰۵) 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 ضدتغذیه‌ای در سویا سبب شده پژوهش‌گران ایده استفاده از منابع تأمین پروتئین جایگزین در جیره غذایی آبزیان را مطرح کنند. در سالیان اخیر بررسی‌های متعددی درزمینه استفاده از پودر حشرات به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده خوراک آبزیان صورت گرفته است (١٦). 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 هر گونه باید 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 ازجمله 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 ١٠٠ 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 ١٠٠ 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 غیرقابل‌هضم است. چون این ماهیان فاقد فعالیت کیتینار هستند (٣٩). البته گونه‌های همه‌چیزخوار توانایی بالایی در استفاده از کنجاله حشرات وجود دارد (٤٠). 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 ١٠٠ درصدی لارو مگس سرباز سیاه در جیره کاهش‌یافته است. درک درست سازوکار این مطلب نیاز به پژوهش‌های بیش‌تری روی قابلیت هضم مواد مغذی موجود در لارو مگس سرباز سیاه در سطح مولکولی دارد (٤١).

استفاده ١٠٠ 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 به‌غیراز 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 ضدتغذیه‌ای در سویا را بیان کرد. مشابه نتایج مطالعه حاضر در مطالعات دوگان و توران (٢٠٢١) (٣٢) و جهان و همکاران (٢٠٢١) در جایگزینی پودر لارو مگس سرباز سیاه در جیره غذایی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) مشاهده شد (٤٢).

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 (٢٠٢١) نشان داد جایگزینی ٦٥ درصد پودر لارو مگس سرباز سیاه می‌تواند سبب بهبود عملکرد رشد و تغذیه جیره غذایی ماهی کپور معمولی شود (٣٢) ولی سطوح بالاتر جایگزینی کاهش عملکرد رشد و افرایش 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 ٤٥ درصد پودر ماهی در جیره غذایی ماهی باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) بدون ایجاد اثرات نامطلوب تغذیه‌ای جایگزین کرد (٤٣). بااین‌حال 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 (٤٤) 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 (٤١). این نتایج متفاوت ممکن است به دلیل تفاوت در گونه ماهی، اندازه ماهی، گونه حشره، بستر پرورش و نحوه فرآوری حشره باشد (٤٥).

شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی نشان‌دهنده وضعیت تغذیه‌ای، سوخت‌وساز چربی، میزان استرس و صدمات بافتی است (٤٦). 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 تحت‌تأثیر هورمون‌های کاتکول آمین، آدرنالین و نورآدرنالین توسط سلول‌های کرومافین به خون ترشح می‌شود (٤٧). همچنین استرس‌های محیطی ازجمله وضعیت تغذیه‌ای می‌تواند میزان گلوکز خون را به‌شدت تحت‌تأثیر قرار دهند (٤٨)؛ بنابراین با توجه به نتایج گلوکز ممکن است بتوان بیان داشت ماهیان در این بررسی، تحت‌تأثیر 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 پلاسما را تشکیل می‌دهد. در زمان سوءتغذیه سطح آلبومین سرم کاهش می‌یابد (٤٩). 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 مورداستفاده 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 ذکرشده 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 نتیجه‌گیری 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 بچه‌ماهیان کپور معمولی شد. هم‌چنین هیچ‌گونه تأثیر منفی بر عملکرد شاخص‌های بیوشیمیایی خون و سلامت کبد در بچه‌ماهی 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*, 260 p.
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 Itterbeeck, 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., & Lévéque, 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., Ovyn, 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 alternatıve 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 ω3/ω6 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 - Bamidgeh*, 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 solider 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, R. S., 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.