

کاربرد پروتئین حشرات در جیره غذایی آبزیان با تأکید بر ماهیان خاویاری

هادی اسدی^{*}، ایوب یوسفی جوردهی^۱، علیتی سرپناه^۲، محمود محسنی^۱، علی حلاجیان^۱، مریم منصف^۱

۱- انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران، صندوق پستی: ۴۱۶۳۵-۳۴۶۴

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

صنعت آبزی پروری به عنوان یکی از بزرگترین منابع تأمین پروتئین برای جمعیت رو به رشد جهان، با چالش‌هایی همچون تأمین مواد اولیه غذایی با کیفیت و پایدار مواجه می‌باشد. ایران در سال‌های گذشته در تهیه سویا و پودر ماهی، بعنوان دو ماده اولیه ارزشمند برای تأمین پروتئین جیره با مشکلات عدیده‌ای مواجه بوده است. کاهش صید ماهی از دریا و دشواری تهیه برخی نهاده‌های وارداتی نیز موجب تشدید مشکل گردید. ماهیان خاویاری که به عنوان گونه‌هایی اقتصادی و با ارزش غذایی و تجاری بالا شناخته می‌شوند، نیازمند تغذیه با جیره غذایی غنی از پروتئین و مواد مغذی ضروری هستند. در سال‌های اخیر، پودر حشرات به عنوان یک منبع پروتئینی جایگزین نوین، پایدار و اقتصادی مورد تأیید محققان بوده، و توجه تولیدکنندگان را به خود جلب نموده است. که می‌تواند بسیاری از مسائل اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی را بهبود بخشد. تاکنون پودر حشرات زیادی مثل لارو سوسک زرد، جیرجیرک، ملخ صحرائی، مگس سرباز و کرم ابریشم در جیره غذایی گونه‌های آبزیان پرورشی مانند قزل‌آلای رنگین کمان، کپور معمولی، تیلاپیا و میگوی وانامی و حتی تاس‌ماهی سبیری، تاس‌ماهی ازون برون و فیل‌ماهی مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته‌اند. این تحقیق ترویجی به کاربرد و مزایای استفاده از پروتئین حشرات در جیره غذایی ماهیان خاویاری می‌پردازد.

کلمات کلیدی: پروتئین، حشرات، ماهیان خاویاری، جیره غذایی

^{۱*} نویسنده مسئول: asadi.shil@gmail.com

بیان مسئله

استفاده از سایر جایگزین‌های پودر ماهی مانند مواد اولیه با منشا جانوری از جمله محصولات فرعی کشتارگاه یا پودر حشرات شده است که تعدادی از این مواد نامبرده، دارای فقر برخی اسیدهای آمینه بوده و آلودگی‌های زیست محیطی را به همراه دارند (Emre *et al.*, 2003). در این راستا استفاده از پودر حشرات می‌تواند بسیار مؤثر و کارآمد باشد. اگرچه، از شروع مطالعه برای ارزیابی گونه‌های مختلف، استفاده از پودر حشرات به‌عنوان جایگزین پودر ماهی در حوزه آبزیان بیش از سه دهه نمی‌گذرد، اما پیشینه استفاده از حشرات به‌عنوان مکمل غذای آبزیان به بیش از ۲۵۰۰ سال قبل می‌رسد (Cohen, 2004). بررسی‌ها نشان می‌دهد در آن زمان چینی‌ها برای اولین بار از لاروهای کرم ابریشم به‌عنوان غذای ماهی کپور استفاده کرده‌اند (Cohen, 2004). در سال‌های اخیر گزارش‌های زیادی در مورد استفاده از منابع مختلف پروتئین ارزان قیمت از جمله استفاده از منابع پروتئین حشرات ارائه شده است که از آنجمله می‌توان به مطالعه اسدی و همکاران (۱۴۰۱)، در جایگزینی پودر ملخ صحرایی (*Schistocerca gregaria*) در جیره بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان، Hilaire و همکاران (۲۰۰۷)، در استفاده از پودر لارو مگس سرباز در جیره تجاری ماهی قزل‌آلا، Alegbeleye و همکاران (۲۰۱۲)، استفاده از پودر ملخ *Zonocerus variegatus* در جیره بچه ماهیان گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*)، همچنین تحقیق Taufek و همکاران (۲۰۱۶) بر اثرات جیره غذایی مبتنی بر پودر ملخ (*Gryllus bimaculatus*) بر گربه ماهی آفریقایی (C. *gariepinus*)، همچنین در مطالعات مربوط به ماهیان خاویاری می‌توان به مطالعه Jozefiak و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی اثرات جیره‌های غذایی حاوی پودر حشرات *Hermetia illucens* و *Tenebrio molitor* بر سلامت دستگاه گوارش و عملکرد رشد تاس ماهی سیبری

با توجه به روند رو به رشد جمعیت انسانی، برای حفظ سرانه مصرف آبزیان تا سال ۲۰۳۰ به بیش از دو بیست میلیون تن غذای دریایی نیاز بوده و از آنجایی که در چند دهه گذشته تولیدات شیلاتی حاصل از صید در دریاها به میزان ثابتی رسیده، این کمبود باید از طریق آبی‌پروری تأمین شود (FAO, 2020). از طرفی، تغذیه نقش مهمی در آبی‌پروری داشته و بیشتر گونه‌های ماهی مورد استفاده در آبی‌پروری، با غذای تجاری پرورش یافته و تولید متراکم ماهیان گوشتخوار نیازمند استفاده از پودر ماهی با کیفیت به‌عنوان مواد اصلی جیره می‌باشد (Oliva-Teles *et al.*, 2015). با این حال، افزایش میزان تولید خوراک آبزیان موجب افزایش سریع قیمت مواد اولیه مانند پودر ماهی و روغن ماهی شده است (FAO, 2020). برای غلبه بر این محدودیت‌ها تلاش‌های فراوانی برای کاهش وابستگی تولیدکنندگان غذا، به پودر ماهی و روغن ماهی صورت گرفته است (Glencross *et al.*, 2015).

در دهه‌های اخیر تلاش‌های زیادی در زمینه استفاده از پروتئین‌های گیاهی در جیره‌های غذایی ماهیان گوشتخوار متمرکز شده است (Galtin *et al.*, 2007; Oliva-Teles *et al.*, 2015; Sotoudeh *et al.*, 2013). با این حال، ترکیبات اولیه گیاهی دارای معایبی از جمله محتوای پروتئینی نسبتاً کم، پروفایل اسیدهای آمینه ضروری نامطلوب (به‌خصوص اسیدهای آمینه گوگرددار مانند سیستئین)، خوش‌خوراکی اندک و وجود مواد ضدتغذیه‌ای (بازدارنده‌های تریپسین، آنتی‌ویتامین‌ها، فیتات و هم‌گلوتین) می‌باشند (Galtin *et al.*, 2007). این امر موجب ترغیب محققین جهت تائین استراتژی‌های جدید برای بهبود کارایی خوراک‌هایی مبتنی بر پروتئین گیاهی و همچنین

غذا تولید شود (Cohen, 2004). حشرات در مقایسه با پروتئین حیوانی رایج، دارای مزایای متعددی از جمله امکان پرورش با اتکا به محصولات جانبی ارگانیک، ضریب تبدیل غذایی مناسب، انتشار سطوح پایین گازهای گلخانه‌ای و آمونیاک، مسائل ساده حقوق حیوانات و خطر کم انتقال عفونت‌ها می‌باشند (Makker et al., 2014; Van Huis et al., 2013). پتانسیل حشرات برای استفاده در خوراک حیوانات می‌تواند اثرات زیست محیطی مثبتی نیز داشته باشد در شکل ۲، زنجیره اقتصادی پودر حشرات در تولید غذا و خوراک دام، طیور و آبزیان آمده است. در واقع تولید حشرات موجب کاهش مصرف انرژی و اثرات مخرب زیست محیطی می‌شود (Makker et al., 2014). حشرات نیازمند فضای کمی برای پرورش می‌باشند. به عنوان مثال جیرجیرک و ملخ‌ها در یک فضای یک مترمربعی می‌توانند ۲ کیلوگرم ضایعات کشاورزی را به ۱ کیلوگرم پروتئین تبدیل کنند (شکل ۲). در حالی که، برای گاو این عدد ۸ کیلوگرم است. میزان تولید گازهای گلخانه‌ای به ازای تولید یک کیلوگرم حشره بین ۱ تا ۲۲ گرم بوده، درحالیکه این عدد برای افزایش یک کیلوگرم وزن گاو، بیش از ۲۸۰۰ گرم گاز گلخانه‌ای می‌باشد (Oonincx, 2010).

اگرچه داده‌های قابل استنادی برای درک میزان دقیق مصرف آب در شرایط تکثیر حشرات در دسترس نیست؛ اما با این وجود، مصرف آب در سیستم‌های پرورش حشرات بسیار کمتر از آب مورد نیاز برای پرورش گیاهان است. زیرا حشرات به طور معمول آب مورد نیاز خود را از رطوبت موجود در مواد غذایی تأمین می‌کنند. برای تولید یک کیلوگرم پروتئین حیوانی (به جز حشرات) نیاز به ۵ تا ۲۰ برابر آب بیشتر نسبت به تولید یک کیلوگرم پروتئین گیاهی می‌باشد. متوسط جهانی آب مورد نیاز برای تولید هر تن سویا ۲۱۵۰ مترمکعب و در مجموع ۳۶۰ میلیارد متر مکعب

(*Acipenser baerii*) و لبریا و همکاران (۱۴۰۴)، در جایگزینی سوپرورم (*Zophobas morio*) در جیره غذایی بچه‌ماهیان ازون‌برون (*Acipenser stellatus*) اشاره نمود. علاقه‌مندی محققان برای استفاده از پودر حشرات بعنوان بخشی از خوراک آبزیان سرعت افزایش یافته و اخیراً استفاده از آن‌ها توسط کمیسیون اروپا تأیید شده است (Magalhaes et al., 2017). در شکل ۱، تصویر برخی حشرات که بعنوان منبع غذایی ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرند ارائه شده است. این مزایا نشان می‌دهد که استفاده از حشرات در فرمولاسیون غذای ماهی علاوه بر اثرات مفید تغذیه‌ای، می‌تواند در تأمین پایدار مواد اولیه برای ساخت خوراک آبزیان نیز کمک کند.



شکل ۱- نمونه‌هایی از حشرات مورد استفاده به عنوان منبع جایگزین پروتئین در جیره غذایی آبزیان. الف- کرم ابریشم شرقی (*Bombyx mori*) - ب- ملخ مهاجر (*Locusta migratoria*) - پ- مگس سرباز سیاه (*Hermetia illucens*) - ت- لارو سوسک زرد (*Tenebrio molitor*)

مزایای استفاده از حشرات در خوراک آبزیان

حشرات دارای رشد سریع و تکثیر آسان هستند و بازده تبدیل خوراک به بافت آن‌ها بالا بوده، و می‌توانند از مواد غذایی دارای کیفیت پایین تغذیه کنند. به طور متوسط یک کیلوگرم زی‌توده حشرات می‌تواند از تغذیه دو کیلوگرم

در سال است. برای تهیه یک تن پودر سویا مقدار آب مورد نیاز به ۲۵۵۰ مترمکعب می‌رسد (Tschirner and Kloas, 2017). تاکنون ۱۵ گونه از ۵ راسته حشرات برای پرورش بیش از ۲۰ گونه ماهی پرورشی مورد ارزیابی قرار گرفته است. پودر ماهی با حشرات بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد متفاوت است (Rapatsa and Moyo, 2017). این تفاوت به گونه‌های ماهی و شرایط فیزیولوژیک تغذیه‌ای ماهیان بستگی دارد (Rapatsa and Moyo, 2017). برای مثال، در تاس ماهی سبیری تا ۱۵ درصد بهترین رشد و بهبود شرایط ایمنی و سلامت دستگاه گوارش را داشته است (Jozefiak, 2019). همچنین میزان ۱۰ درصد جایگزینی در جیره غذایی ازون‌برون بهترین عملکرد رشد را به همراه داشته است (لبریا و همکاران، ۱۴۰۴). ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، واکنش‌های متفاوتی را در برابر جایگزینی حشرات مختلف در جیره غذایی خود نشان می‌دهد (از ۱۰ تا ۷۵ درصد). ماهی آزاد اقیانوس اطلس، گربه ماهی آفریقایی و تیلایپای نیل از جمله گونه‌هایی هستند که می‌توان در پرورش آن‌ها بطور کامل پودر حشرات را به جای پودر ماهی استفاده نمود (Rapatsa and Moyo, 2017).



شکل ۲- زنجیره اقتصادی پودر حشرات در تولید غذا و خوراک دام، طیور و آبزیان (فانو، ۲۰۲۰)

مقایسه ترکیبات تشکیل دهنده پودر حشرات با پودر ماهی

برای ارزیابی بهتر امکان جایگزینی پودر حشرات با پودر ماهی، لازم است ترکیبات تشکیل دهنده آن‌ها مثل پروتئین خام، اسیدهای آمینه، مقدار چربی کل و نوع اسیدهای چرب و مقدار هیدرات‌های کربن و مواد معدنی با هم مقایسه شوند.

پروتئین و چربی

ترکیب شیمیایی پودر حشرات متفاوت است. برای مثال، پروتئین خام ملخ و جیرجیرک‌ها بین ۴۵ الی ۶۰ درصد متفاوت است که این مقدار قابل رقابت با پروتئین سایر ترکیبات گیاهی (کنجاله سویا، ذرت، کانولا، گندم و لوبیا) و جانوری (پودر صدف، خون و گوشت) به جای پودر ماهی می‌باشد. مقدار چربی بدن ملخ‌ها ۸/۶ درصد بوده که

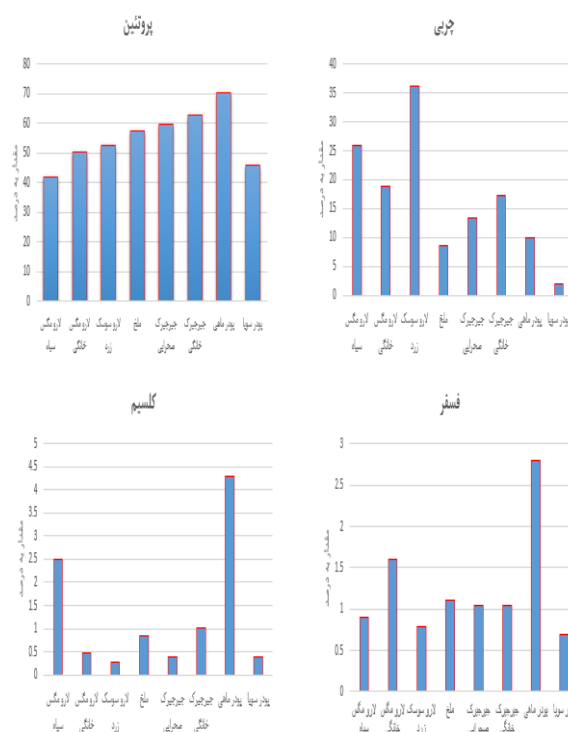
(Lindsay et al., 1984). مقدار کیتین در حشرات مختلف متغیر است و بستگی به نوع گونه و نحوه زندگی آن ها دارد. میزان ماده خشک در برخی حشرات بیش از ۱۰ درصد و در برخی دیگر از ۱ درصد نیز کمتر می باشد.

فعالیت آنزیم کیتیناز در گونه های مختلف ماهی متفاوت بوده و لذا توانایی ماهیان برای هضم کیتین یکسان نمی باشد (Rust, 2002). برای مثال، توانایی هضم کیتین توسط کیتیناز بستگی به گونه های ماهی و جنس باکتری همزیست در روده دارد. تحقیقات نشان داده است دمای ۸۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد می تواند در مدت زمان ۳۰-۲۰ دقیقه تا بیش از ۸۰ درصد قابلیت هضم کیتین را برای ماهی فراهم آورد که این روند برای ماهیان گیاهخوار به مراتب بالاتر نیز خواهد بود (Tran, 2015).

اسیدهای آمینه

در جدول ۱، میزان درصد های اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری در پودر حشرات مختلف در مقایسه با پودر ماهی و سویا آمده است. کاملاً مشخص است که مقدار اسیدهای آمینه متیونین، لوسین، ایزولوسین، اسپارتیک اسید و گلوتامیک اسید در حشرات بسیار نزدیک به پودر ماهی می باشد.

نسبت به سایر حشرات مانند لارو سوسک زرد (*Tenebrio molitor*)، مگس سرباز سیاه (*Hermetia illucens*) و مگس خانگی (*Musca domestica*) که حاوی تا ۳۶ درصد چربی اند، بسیار کمتر می باشد (به دلیل تفاوت مراحل زندگی و نوع رژیم غذایی). مقایسه ترکیب شیمیایی پودر حشرات با پودر ماهی و پودر سویا در شکل ۳، آمده است (Tran et al. 2015).



شکل ۳- مقایسه میزان پروتئین، چربی، فسفر و گلیسیم با آرد ماهی و آرد سویا (Tran, 2015)

کربوهیدرات:

حشرات در مقایسه با گیاهان دارای کربوهیدرات کمتری (کمتر از ۲۰ درصد) هستند. رایج ترین کربوهیدرات بدن حشرات، کیتین است. این ترکیب، پلیمری از گلوکوز آمین است که در اسکلت خارجی بدن حشرات یافت می شود

جدول ۱- پروفایل اسیدهای آمینه موجود در پودر حشرات در مقایسه با پودر ماهی و سویا (Tran, 2015)

اسیدهای آمینه (درصد)	لارو مگس سیاه	لارو مگس خانگی	لارو زرد	سوسک ملخ	جیرجیرک خانگی	جیرجیرک صحرائی	پودر ماهی	پودر سویا
اسیدهای آمینه ضروری								
متیونین	۲/۱	۲/۲	۱/۵	۲/۳	۱/۴	۱/۴	۲/۷	۱/۳۲
والین	۸/۲	۴	۶	۴	۵/۱	۶	۴/۹	۵/۴
ایزولوسین	۵/۱	۳/۲	۴/۶	۴	۴/۴	۴/۸	۴/۲	۴/۱۶
لوسین	۷/۹	۵/۴	۸/۶	۵/۸	۹/۸	۸	۷/۲	۷/۵
فنیل آلانین	۵/۲	۴/۶	۴	۳/۴	۳	۲/۵	۳/۹	۵/۱
تیروزین	۶/۹	۴/۷	۷/۴	۳/۳	۵/۲	۵/۲	۳/۱	۳/۳
هیستیدین	۳	۲/۴	۳/۴	۳	۲/۳	۳	۲/۴	۳/۰۶
لایزین	۶/۶	۶/۱	۵/۴	۴/۷	۵/۴	۵/۹	۷/۵	۶/۱
ترئونین	۳/۷	۳/۵	۴	۳/۵	۳/۶	۴/۲	۴/۱	۳/۷
تریپتوفان	۰/۵	۱/۵	۰/۶	۰/۸	۰/۶	۰/۶	۱	۱/۳۶
اسیدهای آمینه غیرضروری								
آرژنین	۵/۶	۴/۶	۴/۸	۵/۶	۶/۱	۵/۳	۶/۲	۷/۴
سرین	۳/۱	۳/۶	۷	۵	۴/۶	۴/۹	۳/۹	۵/۱۸
گلوتامیک اسید	۱۱/۹	۱۱/۷	۱۱/۳	۱۵/۴	۱۰/۴	۱۱/۷	۱۲/۶	۱۹/۹۲
آسپارتیک اسید	۱۱	۷/۵	۷/۵	۹/۴	۷/۷	۸/۸	۹/۱	۱۴/۱۴
پرولین	۶/۶	۶/۸	۶/۸	۲/۹	۵/۶	۶/۲	۴/۲	۵/۹۹
گلایسین	۵/۷	۴/۲	۴/۹	۴/۸	۵/۲	۵/۹	۶/۴	۴/۵۲
آلانین	۷/۷	۵/۸	۷/۳	۴/۶	۸/۸	۹/۵	۶/۳	۴/۵۴
سیستین	۰/۱	۰/۷	۰/۸	۱/۱	۰/۸	۰/۱	۰/۸	۱/۳۸

مزایای استفاده از پروتئین حشرات در جیره غذایی

ماهیان خاویاری

۱- پروتئین با کیفیت و کامل

پروتئین استخراج شده از حشرات دارای ترکیب مناسبی از اسیدهای آمینه ضروری است که می‌تواند نیازهای تغذیه‌ای ماهیان خاویاری را به خوبی تأمین کند. این پروتئین از لحاظ زیستی ارزشمند و مشابه پروتئین‌های پودر ماهی است (Tran, 2015).

۲- پایداری زیست محیطی

تولید پروتئین حشرات مصرف آب و انرژی بسیار کمتری نسبت به منابع موجود مانند پودر ماهی و سویا دارد. این موضوع باعث کاهش فشار بر منابع طبیعی و حفظ اکوسیستم‌های آبی می‌شود (Van Huis et al., 2013).

۳- کاهش هزینه‌های تولید

حشرات می‌توانند با استفاده از ضایعات کشاورزی و مواد آلی غیرمصرفی به سرعت رشد کنند و آن‌ها را به پروتئین مقرون به صرفه تبدیل نمایند. در واقع این کار، فرآیندی بیولوژیک در استفاده از پسماندهای غذایی است که به عنوان یک منبع پروتئین در جیره ماهیان تلقی شده و هزینه‌های خوراک را کاهش داده و با توجه به عدم آلودگی زیست محیطی، شدت دوستدار محیط زیست نیز می‌باشد (Rust, 2002).

۴- افزایش رشد و سلامت ماهیان

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که افزودن پروتئین حشرات به جیره غذایی ماهیان خاویاری موجب بهبود ضریب تبدیل غذایی، رشد بهتر و تقویت سیستم ایمنی می‌گردد. (لبریا، ۱۴۰۴).

چالش‌ها و ملاحظات استفاده از پروتئین حشرات

تعیین دوز بهینه

برای جلوگیری از اثرات منفی احتمالی، میزان استفاده از پروتئین حشرات باید بر اساس گونه ماهی و مرحله رشد آن به دقت تعیین شود.

کیفیت و ایمنی

لازم است پروتئین حشرات از حشرات سالم و تحت شرایط کنترل شده تولید شود تا از انتقال بیماری و آلاینده‌ها به ماهیان جلوگیری گردد.

هضم و جذب پروتئین

به دلیل وجود کیتین در پوسته حشرات، فرآوری مناسب جهت افزایش هضم و جذب پروتئین اهمیت دارد.

توصیه‌های ترویجی:

- مطالعه‌ای در سال ۱۴۰۴، نشان داد که پودر لارو سوپرورم را می‌توان تا ۱۰ درصد جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی بچه ماهیان ازون برون نمود.

بدون اینکه تأثیر منفی بر عملکرد رشد و ترکیب شیمیایی بدن داشته باشد. بنابراین پروتئین حشرات به عنوان یک منبع غذایی نوین، کارآمد و پایدار می‌تواند نقش مهمی در بهبود جیره غذایی ماهیان خاویاری ایفا کند.

- این منبع غذایی نه تنها به نیازمندی‌های تغذیه‌ای کمک می‌کند، بلکه از لحاظ اقتصادی و زیست محیطی نیز مزایای قابل توجهی دارد. در مطالعه‌ای در سال ۱۴۰۱، بیان نمودند که براحتی

- قزل‌آلال رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علمی شیلات ایران، شماره ۳۰، ۱۲-۱. لبریا، آ.، ارشاد لنگرودی، ه.، سجادی، م. م. و پزند، ذ. ۱۴۰۴. اثر جایگزینی سطوح مختلف پودر لارو سوپرورم (*Zophobas morio*) در جیره غذایی بر عملکرد رشد و ترکیبات شیمیایی بدن بچه ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*). مجله علمی توسعه آبی‌پروری، شماره ۱۹، ۴۹-۶۵.
- 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.
- Cohen, A.C., 2004. Essential dietary amino acids for growth of larvae of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. *L. Journal of Nutrition*, 105: 1071-1075.
- Emre, Y., Sevgili, H. and Diler, I., 2003. Replacing fish meal with poultry by-product meal in practical diets for mirror Carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3: 81-85.
- FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to Food Security and Nutrition for All. FAO, Rome, 200P.
- Jozefiak, A., Nogales-Mérida, S., Rawski, M., Kierończyk, B. and Mazurkiewicz, J., 2019. Effects of insect diets on the gastrointestinal tract health and growth performance of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869). *BMC Veterinary Research*, 15: 1-11.
- Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13: 17- 25.
- Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: A review. *Aquaculture Research*, 38: 551-579.
- Hilaire, S., Sheppard, C., Newton, L., Mosley, E. and Sealey, W., 2007. Fly prpupe as a feedstuff rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38.
- Magalhaes, R., Sanchez-Lopezb, A., Leal, R.S., Martinez-Llorens, S., Oliva-Teles, A. and Peres, H., 2017. می توان از ملخ صحرایی که به عنوان آفت زمین-های کشاورزی در کشورمان محسوب می شود تا ۳۰ درصد در جیره بچه ماهیان ماهی قزل‌آلالی رنگین کمان استفاده نمود
- با توسعه فناوری‌های فرآوری و استانداردسازی تولید (روش‌های تکثیر حشرات تا خشک کردن و پودر کردن)، می‌توان امیدوار بود که پروتئین حشرات جایگاه خود را در صنعت آبی‌پروری به خوبی تثبیت کند. بطوریکه برخی از کارخانجات تولید خوراک آبزیان مانند بیومار، از منابع حشرات در تولیدات خود بخوبی استفاده می‌کنند (FAO, 2020).
- با مدیریت و بهره‌وری مناسب، از پودر حشرات می‌توان بعنوان منبع پروتئین پایدار و مفید برای جایگزینی پودر ماهی استفاده نمود و به عنوان یک ماده اولیه بومی به بسیاری از کارخانجات کشور، حداقل جهت تولید خوراک آغازین تا رشد معرفی و توصیه نمود.

منابع

اسدی، ه.، خوش خلق، م.، نویریان، ح.، صفری، ر. و قیطاسی، ع.، ۱۴۰۱. ارزیابی شاخص‌های رشد، ایمنی و هماتولوژی سرم خون در جیره بچه ماهیان قزل‌آلالی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مبتنی بر پودر ملخ مهاجر (*Locusta migratoria*). مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۷۵، ۵۳۳-۵۲۱.

اسدی، ه.، نویریان، ح.، خوش خلق، م. ر. و صفری، ر.، ۱۴۰۰. اثرات سطوح مختلف جایگزینی پودر ملخ صحرایی (*Schistocerca gregaria*) بر عملکرد رشد، بقا، ترکیبات بیوشیمیایی و آنزیم‌های هضمی بچه ماهیان

- Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 476: 79-85.
- Oliva-Teles, A., Enes, P. and Peres, H., 2015. Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish, *Feed and Feeding Practice in Aquaculture*. Woodhead Publishing, Cambridge, 1250 pp.
- Oonincx, D.G.A. and DeBoer, I.J.M., 2012. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for human a life cycle assessment. *Plos one* 7(12): 411-451.
- Rapatsa, M.M. and Moyo, A.G., 2017. Evaluation of *Imbrasiabelina* meal as a fishmeal substitute in *Oreochromis mossambicus* diets: Growth performance, histological analysis and enzyme activity. *Aquaculture Reports*, 5: 18-26.
- Rust, M.B., 2002. Nutritional physiology. In: *Fish Nutrition*. The Academic Press, New York, USA, 368-446 p.
- Van Huis, A., Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P., 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security, 171. 187 P.
- Sotoudeh. E., Abedian Kenari, A. and Khodabande, S. 2013. Apparent lipid and fatty acid digestion, retention of lipid and growth performance in Caspian salmon (*Salmo trutta Caspius*) fry fed dietary n-3 highly unsaturated fatty acids and vitamin E. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 22 (3): 74-90.
- 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 hematological response of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Fish Physiology and Biochemistry*. 18: 51-94.
- Tran, G., Heuze, V. and Makkar, H.P.S. 2015. Insects in fish diets. *Animal Frontiers*, 5: 37-44.
- Tschirner, M. and Kloas, W. 2017. Increasing the Sustainability of Aquaculture Systems: Insects as alternative protein source for fish diets. *Fish Diets*, GAIA26/4: 332-340

Application of insect protein in aquatic animal diets with emphasis on sturgeon

*Hadi Asadi*¹, Ayoub Yousefi Jourdehi¹, Alinaghi Sarpanah², Mahmoud Mohseni¹, Ali Hallajian¹, Maryam Monsef¹*

- 1- International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran, P.O. Box: 41635-3464
- 2- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Corresponding Author : asadi.shil@gmail.com

Abstract

The aquaculture industry, as one of the largest sources of protein for the world's growing population, faces challenges such as providing quality and sustainable food raw materials. In recent years, Iran has faced numerous problems in providing soybean and fish meal, two valuable raw materials for providing dietary protein. The decrease in fish catch from the sea and the difficulty in providing some imported inputs have also exacerbated the problem. Sturgeon, which are known as economic species with high nutritional and commercial value, require feeding with a diet rich in protein and essential nutrients. In recent years, insect meal has been approved by researchers as a new, sustainable and economical alternative protein source, and has attracted the attention of producers. It can improve many economic, environmental and social issues. So far, many insect meal such as mealworm larvae, crickets, grasshoppers, soldier flies, and silkworms have been investigated and studied in the diets of farmed aquatic species such as rainbow trout, common carp, tilapia, and Vanami shrimp, and even Siberian sturgeon, Stellate sturgeon and Beluga. This extension study addresses the application and benefits of using insect protein in sturgeon diets.

Keywords: Protein, Insects, Sturgeon, Diet