تاریخ: ۱۴۰۲/۰۲/۱۰.....
شماره: .الف/خ/۰۱۲:۲:۰۴۱
پیوست: .....

پژوهشگر/پژوهشگران ارجمند **محمدجواد نورآبادی-امید صفری**

موضوع: **پذیرش مقاله**

سلام علیکم

با احترام و مسرت به استحضار می‌رساند، مقاله شما با عنوان **مروری بر کارائی استفاده از پودر حشرات در صنعت آبزی پروری: اثرات تعدیل کننده ایمنی و فیزیولوژیکی** در دهمین کنفرانس ملی و دومین کنفرانس بین المللی ماهی شناسی ایران به صورت ارائه **پوستر** مورد پذیرش قرار گرفته است.

امید است با حضور گرم خود و ارائه دستاوردهای علمی تان درجهت افزایش سطح علمی این کنفرانس یاریگرمان باشید.

با تجدید احترام

صابر وطن دوست

دبیر علمی کنفرانس

(۰۱۱) ۳۲۴۱۵۰۲۶
isi.conferences10.ir@gmail.com
http://isi-conferences10.ir

آدرس دبیرخانه: دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل

مروری بر کارائی استفاده از پودر حشرات در صنعت آبزی پروری: اثرات تعدیل کننده ایمنی و فیزیولوژیکی

محمد جواد نورآبادی[1*]، امید صفری[2]

[1]گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

[2]گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

Email: nourabadi.mohammadjavad@mail.um.ac.ir

چکیده

حشرات خوراکی در سال‌های اخیر نه تنها به‌عنوان میان‌وعده، بلکه به‌عنوان یک غذای جانبی یا ماده‌ای برای تولید سایر غذاها توسط تعداد فزاینده‌ای از مصرف‌کنندگان پذیرفته شده‌اند. بیشتر حشرات خوراکی متعلق به یکی از این دسته از حشرات مانند کرم، پروانه، زنبور، سوسک، جیرجیرک، ملخ، زنبور عسل و مورچه هستند. خواص حشرات در مقالات بررسی شده در اینجا مورد تجزیه و تحلیل و گزارش قرار گرفته است و یکی از ویژگی های مشترک، محتوای مغذی است که یکی از مهمترین ویژگی های ذکر شده به ویژه پروتئین‌ها، لیپیدها، فیبر و مواد معدنی است. از سوی دیگر، حشرات به دلیل محتوای زیاد پروتئین، لیپید و فیبر می‌توانند به عنوان جایگزینی برای آرد غلات برای غنی سازی تنقلات استفاده شوند. هنگامی که این ترکیبات مشتق شده از حشرات اضافه می شوند و تجزیه و تحلیل حسی رضایت بخش است، خواص تکنولوژیکی تغییر نمی‌کند و تنها در برخی موارد، تغییر رنگ رخ می‌دهد. حشرات را می توان به عنوان مواد جایگزین در محصولات گوشتی استفاده کرد. محصولات به‌دست‌آمده دارای محتوای معدنی بالاتری نسبت به محصولات سنتی هستند و برخی از ویژگی‌های بافت (مانند خاصیت ارتجاعی) را می‌توان بهبود بخشید. در محصولات اکسترود شده، حشرات منبع جایگزین پروتئین برای تغذیه دام هستند که ویژگی های مطلوبی از خود نشان می دهند.ایزوله های پروتئین های حشرات فعالیت زیست فعالی را نشان داده‌اند و می توان از آنها برای بهبود فرمولاسیون مواد غذایی استفاده کرد.

کلمات کلیدی: حشره خوراکی، ترکیبات زیست فعال، تحریک کننده ایمنی، لارو، تنش های اکسیداتیو

A review of the efficiency of using insect meal in the aquaculture industry: the effects of immunomodulatory and physiological effects

Mohammed Javad Nourabadi[1*], Omid Safari[2]

[1]Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad
[2]Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad

E-mail: nourabadi.mohammadjavad@mail.um.ac.ir

Abstract

In recent years, edible insects have been accepted by an increasing number of consumers not only as a snack, but also as a side dish or ingredient for the production of other foods. Most edible insects belong to one of these classes of insects such as worms, moths, butterflies, bees, beetles, crickets, grasshoppers, bees, and ants. The properties of insects have been analyzed and reported in the articles reviewed here, and one common feature is nutrient content, which is one of the most important features listed, especially proteins, lipids, fiber and minerals. On the other hand, insects can be used as a substitute for cereal flour to enrich snacks due to their high protein, lipid and fiber content. When these insect-derived compounds are added and the sensory analysis is satisfactory, the technological properties do not change and only in some cases, a color change occurs. Insects can be used as substitutes in meat products. The obtained products have a higher mineral content than traditional products and some texture properties (such as elasticity) can be improved. In extruded products, insects are an alternative source of protein for animal nutrition that show favorable characteristics. Insect protein isolates have shown bioactive activity and can be used to improve food formulations.

Key words: Edible insects, Bioactive compounds, Immunestimulant, Larvae, Oxidative stress

مقدمه

افزایش تقاضا و عرضه دائمی پودر ماهی (FM) منجر به فشار زیادی بر منابع شیلات وحشی شده است که اکوسیستم دریایی و ذخایر ماهی جهانی را به خطر می اندازد .(Lalander *et al*., 2015) بسیاری از مطالعات نشان داده اند که پروتئین گیاهی می تواند جایگزینی برای جایگزینی پودر ماهی در آبزیان باشد. با این حال، برخی از مضرات تغذیه ای پروتئین های گیاهی اصلی اغلب با کمبود مواد مغذی، جذب ضعیف مواد مغذی و مهمتر از همه، استفاده از آن به عنوان منبع غذایی اولیه برای بشر را نمی توان نادیده گرفت (Gai *et al*., 2012). از آنجایی که گروه عمده گونه های ماهی تجاری در آبزی پروری یا گوشتخوار یا همه چیزخوار هستند، بنابراین، جستجوی یک منبع پروتئینی پایدار و سازگار با محیط زیست با در دسترس بودن زیاد و کارآمد از نظر هزینه و پتانسیل تبدیل انرژی مانند پروتئین حشرات ضروری است.

در سال های اخیر، محققان به حشرات به عنوان منبع بالقوه پروتئین های جایگزین نگاه می کنند. واضح است که رشد تصاعدی جمعیت، چالش اجتماعی برای اطمینان از تغذیه منا سب آنها را ایجاد می کند و در نتیجه تقا ضای جهانی برای گو شت افزایش می یابد. امروزه در سرتاسر جهان بیش از ۲۰۰۰ گونه حشره عمدتاً در کشورهای گرمسیری مصرف می شود. محتوای پروتئین حشرات قابل توجه است و در بسیاری از گونه ها به حدود ۷۷ درصد می رسد. حشرات منبع پروتئین های با ارزش هستند. درصد ا سید آمینه ضروری آنها بین ۴۶ تا ۹۶ درصد است. علاوه بر این، حشرات دارای مواد معدنی زیادی مانند مس(Cu) ، سلنیوم(Se) ، آهن(Fe) ، روی(Zn) ، کلسیم(Ca) ، منیزیم(Mg) ، منگنز (Mn) و فسفر (P) و همچنین ویتامین هایی مانند بیوتین، ریبوفلاوین، اسید پانتوتنیک و اسید فولیک می‌باشند.

حشرات به عنوان یک منبع پروتئین جایگزین عمدتاً به دلیل محتوای بالای پروتئین، تأثیر زیست محیطی اندک آنها از نظر انتشار گازهای گلخانه ای و بازده تولید از نظر مقدارم ساحت زمین مورد نیاز، گزینه بسیار منا سبی به شمار می‌روند. حشرات به عنوان یکی از منابع اصلی پروتئین در آینده برای مصرف انسان یا به عنوان غذای حیوانات خانگی و ماهی و خوراک دام دیده می شوند. حشرات را می توان به عنوان یک ماده غذایی برای افزایش محتوای غذایی وعده های غذایی مختلف در سراسر جهان، با اهداف خاصی مانند بهبود تغذیه مصرفی جمعیت در کشورهایی که دستر سی به منبع پروتئین کمیاب ا ست، ا ستفاده کرد. ارائه محصولاتی با محتوای پروتئین بالا که مکمل رژیم غذایی انسان هستند، با توجه به افزایش تقا ضا برای منابع جایگزین پروتئین یا تو سعه محصولات غذایی، امری ضروری به شمار می‌رود. علاوه بر فواید تغذیه‌ای، یافته‌های برخی مطالعات نشان می‌دهد که حشرات از طریق ترکیبات فعال زیستی (مانند فیتواسترول‌ها، پلی‌کوسانول‌ها) فواید سلامتی متعددی دارند.

پروتئین حشرات به دلیل راندمان تبدیل انرژی بالا، کیفیت غذایی خوب و مزایای آن در رشد و ارتقای سلامت در ماهی و صدف، توجه تحقیقاتی قابل توجهی را به خود جلب کرده ا ست. علاوه بر این، رشد سریع و باروری بالا همانطور که در اکثر حشرات نشان داده شده ا ست نیز یک معیار مهم برای کشف پتانسیل یک وعده غذایی مبتنی بر حشرات ا ست. کنجاله حشرات (IM) غنی از ا سیدهای آمینه (AA)، لیپیدها، ویتامین ها و مواد معدنی ا ست، این مزایا آنها را به منبع انرژی در حال ظهور برای بخش های کشاورزی تبدیل می کند (Premalatha *et al*. 2011). برخی از مطالعات نشان داد که استفاده از ۰/۱ درصد کیتین و کیتوزان در جیره غذایی به طور قابل توجهی پارامترهای خونی را افزایش می دهد. گلبول های قرمز (RBCs)، گلبول های سفید (WBCs)، سطح هموگلوبین (HB)، لنفوسیت‌ها، مونوسیت‌ها و نوتروفیل ها در کلپ هامور، *Epinephelus bruneus*، و مقاوم به بیماری در برابر انگل تک یاخته *Philasterides dicentrarchi*.تعدیل ایمنی را می توان تا حد زیادی به تنظیم میکروبیوم روده نسبت داد (Loh *et al*., 2020).

مگس سرباز سیاه (*Hermetia illucens*)

مگس سیاه سرباز (BSF) مهمترین و در عین حال رایج ترین حشره پرورشی برای صنعت خوراک دام است که به طور گسترده ای به عنوان یک مبدل زیستی در مدیریت زباله های آلی استفاده می شود و علاوه بر آن به عنوان یک منبع پروتئین جایگزین در دام و آبزی پروری عمل می کند. یافته‌های متعددی در مورد اثرات تحریک‌کننده ایمنی جیره غذایی حاوی مگس سرباز سیاه بر روی حیوانات خشکی‌زی مانند جوجه‌های گوشتی و خوک وجود دارد. با این حال، یافته ها در آبزی پروری هنوز در مراحل اولیه هستند. تحقیقات نشان داد که جیره غذایی حاوی BSF می‌تواند مشخصات میکروبیوتای روده و توانایی کلونی‌سازی باکتری‌های مفید در روده خرچنگ (*Cherax cainii*) را بهبود بخشد. جالب است بدانید که عصاره لارو BSF می‌تواند تعداد باکتری‌های گرم منفی را کاهش دهد، البته اثر بازدارندگی مشابهی روی میکروب‌های گرم مثبت مشاهده نشد (Choi *et al*., 2012). در مطالعه ای که توسط Lalander و همکاران انجام شد (۲۰۱۵)، پودر مگس سیاه منجر به کاهش تعدادSalmonella sp ، برخی از ویروس‌ها از جمله رئوویروس، آدنوویروس و انترو ویروس و همچنین برخی از کلیفرم‌های مقاوم به حرارت در فرآیند بازیافت زباله موثر بود. این پاسخ ضد میکروبی می تواند به دلیل تعامل بین عامل فعال در BSF و اجزای سلول باکتری باشد.

به عنوان مثال، محتوای بالای اسید چرب با زنجیره متوسط در مگس سیاه سرباز (به عنوان مثال اسید لوریک) باعث آسیب به غشای سلولی می شود و ورود ترکیبات ضد میکروبی به سیتوپلاسم را تسریع می کند و در نتیجه باکتری ها را از بین می برد. با این حال، مطالعات بیشتری برای روشن شدن مکانیسم مهار میکروبی و مواد خاصی که ممکن است به عنوان عوامل ضد باکتری کمک کنند، مورد نیاز است. افزایش فعالیت لیزوزیم (LZM) باعث تحریک سیستم ایمنی ماهی می شود و ممکن است به مقاومت در برابر پاتوژن های عفونی کمک کند (Misra *et al*., 2006). به عنوان مثال، گنجاندن عصاره مگس سیاه سرباز در جیره غذایی می تواند پارامترهای خونی سیستم ایمنی را در ماهی کپور معمولی (*C. carpio*) با *A. hydrophila* فعال کند (Nurin *et a.l*,2018). مطالعه‌ای نشان داد که اتوکسی رزوروفین-ا-دی اتیلاز (EROD)، گلوتاتیون اس-ترانسفراز (GST) و گلوتاتیون (GLU) موجود در مگس سرباز سیاه می تواند اثرات محافظتی در برابر فرآیند اکسیداتیو در *O. mykiss* را افزایش دهد (Elia *et al*., 2018) . شواهد نشان داد که ترکیب اسیدهای چرب، اثرات تعدیل کننده ایمنی (به عنوان مثال ایمنی سازنده و القایی)، و فعالیت ضد میکروبی کنجاله حشرات) (IM وابسته به جیره غذایی است (Baroso *et al*., 2014; Vogel *et al*., 2018). به عنوان مثال، گزارش شده است که تغذیه لاروهای مگس سیاه سرباز در جیره های مکمل با روغن آفتابگردان، بیان AMPs را القا کرده و تعداد این پپتیدها را به حداکثر می رساند(Vogel et al. 2018) .اصلاح جیره غذایی می تواند اسیدهای چرب ضروری (EFAs) این حشرات را بهبود بخشیده که به نوبه خود برای عوامل ارتقاء دهنده سلامتی مفید است.

Yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) and superworm (*Zophobas morio*)

کرم آرد زرد (Tenebrio molitor) و ابر کرم (Zophobas morio) گروه دیگری ازجیره غذایی رایج مبتنی بر حشـــرات برای خزندگان ، پرندگان و حیوانات کوچک ه ستند. این لارو سو سک تیره به عنوان خوراک جایگزین در بسیاری از گونه های ماهی ا ستفاده شده است. برخی گزارش‌ها نشان می‌دهند که T. molitor شاخص‌های هضم و رشد را در ماهی نسبت به گروهی که با پودر ماهی تغذیه می شوند بهبود می‌بخ شد.(Henry 2015; 2018) .مانند مگس سرباز سیاهBSF ، مطالعه ای در مورد کرم آرد زرد (YMW) و ابر کرم (SW) در مورد جنبه های ایمنی و وضعیت سلامتی در آبزی پروری هنوز وجود ندارد. تنها چند مطالعه ا سترس اکسیداتیو و پا سخ های التهابی) مانند سرولوپلاسمین، میلوپراکسیداز و (NO را در ماهی پس از تغذیه با جیره های غذایی حاوی لارو این سوسک ها مورد بحث قرار دادند(Henry et al. 2018) . طبق تحقیقات انجام شده، موش‌هایی که YMW دریافت کردند، مقاومت بی شتری در برابر بیماری‌ها و عوامل پاتوژن زای مختلف از خود نشان دادند .این نتیجه نشان میدهد که YMW می‌تواند به طور بالقوه به عنوان پپتیدهای فعال زیستی و عوامل ضد باکتری طبیعی، از طریق تحریک عملکردهای فاگوسیتیک غیر اختصا صی و افزایش همولیزین ا ستفاده شود . Tang *et al*. (2012) برخی از مطالعات نشان داد که جیره غذایی YMW می تواند میکروبیوتا و باکتری های غالب در سیستم روده شانک ماهی، ماهی باس، قزل آلای رنگین کمان و میگو را تعدیل کند(Choi *et al*., 2018) .

با این حال، گنجاندن بالای YMW (بیش از ۲۵٪) در ماهی سیم دریایی (*Sparus aurata*) ن شان داد که در جذب مواد مغذی بی اثر است که به نوبه خود باعث عملکرد نامطلوب رشد و استفاده از مواد مغذی می شود (Piccolo *et al*. 2017).همچنین در مطالعه ای که بر روی بچه ماهیان باس دریایی اروپایی (Dicentrarchus labrax) انجام شد نشان داد که مکمل YMW به میزان یک درصد باعث بهبود سطح پروتئین، قابلیت هضم پروتئین و آمینو اسید های(EAA) قابل هضم در ماهی می شود.

Housefly (*Musca domestica*)

مگس خانگی به عنوان یک عامل در حال ظهور برای کنجاله حشـــرات در پرورش آبزی پروری اســـت. در یک مطالعه اخیر که روی قورباغه گاو نر Rana catesbeiana انجام شـــد، نشـــان داد که گنجاندن کنجاله مگس خانگی (HFMM) در جیره غذایی منجر به افزایش فعالیتSOD ، CATو ظرفیت آنتی اکسیدانی کل (T-AOC) می شود(Li *et al*. 2019). تحت تنش های اکسیداتیو، اکثر مهره داران مواد آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی تولید می کنند تا از این تنش ها محافظت کنند. بنابراین، توانایی آنتی اکسیدانی در کبد و روده نشانه مهمی از وضعیت سلامت کلی میزبان است. آزمایشات مربوطه نشان داد که افزایش سطح HFMM در گربه ماهی بگرید، Pelteobagrus fulvidracoمنجر به افزایش پلاسما و فعالیت‌های SOD هپاتوپانکراس می شود. همچنین در تحقیقات دیگر نشـــان داد که تغذیه *L.vannamei* با جیره های غذایی حاوی HFMM و ترکیب با لســـیتین، کیتوزان و ویتامین ها می تواند به طور قابل توجهی فعالیت های سـرمیSOD ، AKP، ACP، پراکسـیداز (POD) و MDA را افزایش دهد. از نظر افزایش هماتولوژیک نیز بیان شد که که افزودن سطوح پایین HFMM در جیره های ماهی قرمز (*Pagrus major*) فعالیت فاگو سیتی لکو سیت صفاقی را بهبود می بخشد(Ido et al. (2015) , .این سیستم ایمنی ذاتی فعال از ماهی در برابر - *Edwardsiella tarda* یک عامل بیماریزای شایع در گونه های ماهی محافظت می کندکه این اثر را به AMP هایی که شامل دفنسین، سکروپین، آتاسین و دیپتریسین هستند می‌توان نسبت داد. افزودن HFMM ۲,۵ درصد در رژیم غذایی *M. piceus* منجر به مقاومت بالا در برابر *A. hydrophila* و همچنین افزایش رشد و ظرفیت آنتی اکسیدانی شد. (Ming et al. 2013

ایمنی ذاتی (غیر اختصاصی) پاسخی فوری از ایمنی خاص است که نقش اساسی در سیستم ایمنی استخوانی دارد. برای مثال فاگوسیتوز به عنوان یکی از اساسی ترین جنبه های ایمنی ذاتی در سیستم دفاعی میزبان در برابر مهاجمان بیماری زا شناخته شده اســـت. همچنین در تحقیق دیگری نشـــان داد که جایگزینی HFMM در جیره غذایی به مقدار ۱۸۰ گرم درکیلوگرم تأثیر مثبتی بر کیفیت گوشت و وضعیت سلامت O. niloticus داشته است Wang et al. (2017) با این حال، جایگزینی کامل پودر ماهی توسط HFMMمنجر به کاهش بروز فاگوسیتوز ماکروفاژ در قسمت قشری کلیه *O. niloticus* شد (Wang *et al.* 2017).

Silkworm (*Bombyx mori*) pupae

از شفیره کرم ابریشم (SWP) به عنوان کنجاله حشرات برای برخی از موجودات آبزی، از جمله گربه ماهی آفریقایی استفاده شده است ,(Kurbanov *et al*. 2015) .پلی ساکاریدهایی مانند سیلکروز یا دیپتروز استخراج شده از کرم ابریشم دارای اثرات محرک ایمنی هستند که می تواند وضعیت سلامت پستانداران و گونه های آبزی را بهبود بخشد (Motte *et al*. 2019) جایگزینی SWP (۶۸ تا ۹۰ درصـــد) در جیره های ماهی کپور جیان (*C. carpio*) کاهش غلظت کلســـترول لیپوپروتئین با چگالی بالا(HDLc) ، کلســـترول لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL) و TCHO را در ماهی نشـــان داد. این خواص بیوشـــیمیایی برخی از شـــاخص های مهم برای عوامل استرس زا هستند که اثرات ایمنی تحریک‌کننده IM تا حدی به کیتین نسبت داده می شود که عمدتاً در کرم ابریشم به شکل کیتوزان یافت می شود.کیتین و کیتوزان موجود در پودر حاصل از این حشره باعث کاهش غلظت TCHO و تری گلیسرید (TG) پلاسما در پلاسما و کبد ماهی کپور شده اند .(Xia *et al*. 2011; Sankian *et al*. 2018).کیتین و مشتقات آن از طریق تأثیر بر چرخه کبدی اسید صفراوی، هضم و جذب لیپیدها و همچنین فرآیند تولید اسیدهای چرب در کبد، نقش تعدیل‌کننده‌ای در متابولیسم لیپید دارند. مطالعه ای بر روی ایمنی ذاتی خیار دریایی، *Apostichopus japonicus* نشان داد که جایگزینی پودر ماهی در جیره غذایی به میزان پنج درصـد با کنجاله کرم ابریشـم، فاگوسـیتوز را کمی کاهش می‌دهد اما فعالیت LZM را افزایش داده در حالی که AKP سـرم هیچ تفاوت معنی داری را در بین گروه های درمان نشان نداد. (Sun *et al*. 2014).

حشرات: منبع ترکیبات زیست فعال

علاوه بر فواید تغذیه ای، برخی مطالعات نشان می دهد که حشرات از طریق ترکیبات زیست فعال فواید سلامتی بی شماری را ارائه می دهند. ترکیبات زیست فعال هم در محصولات گیاهی و هم در محصولات حیوانی یافت می شوند. مواد فعال زیستی که به طور طبیعی در مواد غذایی یافت می شوند، علاوه بر ارزش غذایی اولیه محصولات، فواید سلامتی نیز دارند. ترکیبات زیست فعال ترکیبات غذایی هستند که بر فعالیت های فیزیولوژیکی یا سلولی حیوانات یا انسان هایی که آنها را مصرف می کنند تأثیر می گذارند (۳۹). فعالیت زیستی ترکیبات می تواند از ترکیبات آنتی اکسیدانی، محافظت کننده قلبی، ضد میکروبی، ضد قارچی، ضد التهابی و ضد تومور، در میان سایر موارد متغیر باشد (۱۶، ۴۰-۴۵). در جدول ۱، ترکیبات زیست فعال مختلفی که در حشرات شناسایی شده اند ارائه شده است.

جدول۱. برخی از ترکیبات زیست فعال موجود در حشرات

حشره	ترکیب زیست فعال	فعالیت بیولوژیکی
Holotrichia parallela Motschulsky	عصاره های آبی و اتانولی	فعالیت کیلات فلزی و مهار پراکسیداسیون لیپیدی.
Lucanid beetle (Serrognathus platymelus castanicolor Motschulsky)	عصاره های متانولی	اثرات پاکسازی روی ABTS•+. اثرات مهاری به ترتیب شفیره، بالغ و لارو با عصاره مرحله شفیره باعث افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی می شود.
Zophobas morio	هیدرولیز پروتئین	فعالیت ضد رادیکال علیه ABTS+

نتیجه گیری

هنگامی که حشرات به عنوان یک غذای کامل یا به عنوان مواد تشکیل دهنده استفاده می شوند، با افزایش کمیت و کیفیت پروتئین ها، چربی ها و ریزمغذی ها تأثیرات مثبتی بر ارزش غذایی دارند. غنی‌سازی غذای اصلی غلات با حشرات، نسبت پروتئین و چربی را افزایش می‌دهد و برای جلوگیری از کمبودهای تغذیه‌ای در جمعیت‌هایی که دسترسی دشواری به غذاهای غنی از پروتئین دارند، امکان‌پذیر و راحت است. گونه های مختلف حشرات به عنوان خوراک جایگزین برای گاو، طیور، خوک و ماهی در دو دهه گذشته مورد بررسی قرار گرفته اند. این روند عمدتاً به دلیل تقاضای قابل توجه پروتئین و سایر محتویات غذایی EFA و پپتیدهای عملکردی در حال رشد است. در بررسی های صورت گرفته از نقش برجسته کنجاله های حشرات به عنوان عوامل تحریک‌کننده ایمنی و مروج سلامت در آبزی پروری یاد شده است و به طور موثری وضعیت ایمنی جانوران آبزی را بهبود می بخشد که از جمله می‌توان به پاسخ های ایمنی هومورال، بهبود سیستم ایمنی، مقاومت در برابر عوامل بیماری زا، بیان ژن های ایمنی و پاسخ های آنتی اکسیدانی اشاره نمود.

منبع

Barroso FG, de Haro C, Sánchez-Muros MJ, 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.

Choi WH, Yun JH, Chu JP, Chu KB (2012) Antibacterial effect of extracts of *Hermetia illucens* (Diptera: S. tratiomyidae) larvae against Gram negative bacteria. Entomol Res 42(5): 219-226.

de Castro RJS, Ohara A, Aguilar JGdS, Domingues MAF.Nutritional, functional and biological properties of insect proteins:processes for obtaining, consumption and future challenges.Trends Food Sci Technol. (2018) 76:82–9. doi: 10.1016/j.tifs.2018.04.006.

Elia AC, Capucchio MT, Caldaroni B, Magara G, Dörr AJM, Biasato I, Gai F (2018) Influence of Hermetia illucens meal dietary inclusion on the histological traits, gut mucin composition and the oxidative stress biomarkers in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 496: 50-57.

Foysal MJ, Nguyen T, Chaklader MR, Siddik M, Tay CY, Fotedar R, Gupta SK (2019) Marked variations in gut microbiota and some innate immune responses of freshwater crayfish, marron (*Cherax cainii*, Austin 2002) fed dietary supplementation of Clostridium butyricum. PeerJ 7:e7553. https://doi.org/10.7717/peerj.7553.

Gai, F, Gasco L, Daprà, F., Palmegiano, G. B., Sicuro, B. (2012) Enzymatic and histological evaluations of gut and liver in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed with rice protein concentrate based diets. J World Aquacult Soc. 43(2): 218-229.

Henry M, Gasco L, Piccolo G, Fountoulaki E (2015) Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. Anim Feed Sci Tech 203: 1-22.

Kaur KD, Jha A, Sabikhi L, Singh AK. Significance of coarse cerealsin health and nutrition: a review. J Food Sci Technol. (2014) 51:1429–41. doi: 10.1007/s13197-011-0612-9.

Lalander, C. H., Fidjeland, J., Diener, S., Eriksson, S., Vinnerås, B. (2015) High waste-to-biomass conversion and efficient Salmonella spp. reduction using black soldier fly for waste recycling. Agron Sustain Dev. 35(1): 261-271.

Li X, Rahimnejad S, Wang, L., Lu, K., Song, K., & Zhang, C. (2019). Substituting fishmeal with housefly (*Musca domestica*) maggot meal in diets for bullfrog Rana (Lithobates) catesbeiana: Effects on growth, digestive enzymes activity, antioxidant capacity and gut health. Aquaculture, 499: 295-305.

Loh JY, Chan HK, Yam HK, In LLA, Lim CSY (2020). An overview of the immunomodulatory effects exerted by probiotics and prebiotics in grouper fish. Aquacult Int 28:729-750.

Misra CK, Das BK, Mukherjee SC, Pattnaik P (2006) Effect of multiple injections of β-glucan on non-specific immune response and disease resistance in *Labeo rohita* fingerlings. Fish Shellfish Immun 20(3): 305-319.

Nurin FN, Maftuch, Yanuhar U (2018) Larvae of Hermetia illucens promotes the immunocompetence of haematology and muscle histopathology of common carp (*Cyprinus carpio*) challenged with Aeromonas hydrophila. IJSTR 7(4): 126-131.

Piccolo C, Iaconisi V, Marono S, Gasco L, Loponte R, Nizza S, Bovera F, Parisi G (2017) Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, *in vivo* nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Anim Feed Sci Tech 226: 12-20.

Premalatha M, Abbasi T, Abbasi T, Abbasi SA (2011) Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. Renew Sust Energ Rev 15(9): 4357-4360.

Tang Q, Dai Y, Zhou B (2012) Regulatory effects of *Tenebrio molitor* Linnaeus on immunological function in mice. Afr J Biotechnol 11(33): 8348-8352.

Vogel H, Müller A, Heckel DG, Gutzeit H, Vilcinskas A (2018) Nutritional immunology: diversification and diet-dependent expression of antimicrobial peptides in the black soldier fly Hermetia illucens. Dev Comp Immunol 78: 141-148.