مقاله علمی – ترویجی:

کرم خاکی به عنوان منبع جایگزین پروتئین در آبزی‌پروری

محمد امینی چرمهینی*[۱]

*m.amini@bkatu.ac.ir

۱- دانشگاه صنعتی خاتم الأنبیاء بهبهان، دانشکده منابع طبیعی، خوزستان، ایران، ٦٣٦١٦٤٧١٨٩

تاریخ دریافت: آذر ۱٤۰۲ تاریخ پذیرش: بهمن ۱٤۰۲

چکیده

در آبزی‌پروری تأمین غذای اقتصادی، مغذی و سازگار با محیط زیست همیشه از بزرگ‌ترین چالش‌ها بوده است. کرم خاکی با داشتن مقادیر مناسب از انواع مواد مغذی مثل پروتئین بالا با اسیدهای آمینه متعادل، چربی، مواد معدنی و ویتامین مناسب، یکی از گزینه‌های مطلوب برای جایگزینی منابع پروتئینی گران‌قیمت و کمیابی مثل پودر ماهی است که در حال حاضر، استفاده می‌شوند. پرورش این کرم ساده و کم‌هزینه بوده و با توجه به دامنه تحمل وسیع عوامل محیطی پرورش آن در بسیاری از مناطق بدون نیاز به تأسیسات ویژه امکان‌پذیر است. مزیت دیگر کرم خاکی این است که محصول جانبی تولید کود آلی (ورمی کمپوست) است. ورمی کمپوست از فضولات حیوانی یا دورریز خانگی یا کشاورزی تولید می‌شود و در نتیجه، تولید آن دوستدار محیط زیست است. علاوه بر این، کود آلی می‌تواند برای باروری استخرهای خاکی استفاده شود. فرآوری و چگونگی استفاده از آن در جیره آبزیان تنگنایی بوده که مانع توسعه استفاده تجاری آن شده است. در این مقاله علاوه بر ارزش غذایی کرم خاکی، روش‌های فرآوری و استفاده از آن در تغذیه آبزیان و از جمله آبزیان زینتی ارائه شده است.

کلمات کلیدی: کرم خاکی، تغذیه آبزیان، غنی‌سازی، فرآوری

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.2.45]

مقدمه

همه انواع فعالیت‌های آبزی‌پروری به کاهش هزینه‌های تولید، بهبود کارآیی سیستم‌های تولید و توسعه پایداری زیست محیطی تمرکز دارند. از آن‌جایی‌که تأمین غذا پرهزینه‌ترین بخش در فرآیند تولید آبزیان است، ضروری به‌نظر می‌رسد که در عین کامل بودن و برطرف کردن همه نیازهای غذایی آبزی، مقرون به صرفه و دوست‌دار محیط زیست باشد. پودر ماهی، به عنوان منبع پروتئین مورد علاقه در تغذیه آبزیان به دلیل محتوای بالای پروتئین، پروفایل اسید آمینه ضروری متعادل، مواد معدنی، ویتامین‌ها، جذابیت، طعم خوب و قابلیت هضم بالا شناخته شده است. با این‌حال، دسترسی به پروتئین پودر ماهی به طور پایدار کاهش یافته و هزینه آن به دلیل کاهش ذخایر ماهی وحشی، رقابت بالای صنایع مختلف (مصرف انسانی و حیوانی)، افزایش قیمت انرژی جهانی و تأمین نامعین افزایش یافته است. استفاده مداوم از پودر ماهی، نه‌تنها پایداری اکوسیستم‌های دریایی را تهدید کرده بلکه سودآوری مزارع پرورش آبزیان را نیز تحت تأثیر قرار داده است (Musyoka *et al*., 2019).

پژوهش‌های گسترده‌ای برای تولید جایگزین‌های ارزان، قابل اعتماد و دوست‌دار محیط زیست برای تغذیه آبزیان در حال انجام است. منابع پروتئین حیوانی برای تغذیه آبزیان با محدودیت‌هایی همچون ناکافی بودن اسید آمینه‌ها (کمبود متیونین در آرد گوشت و استخوان، کمبود لیزین در محصولات پروتئینی مرغ، کمبود سطح ایزولوسین و هضم ناکافی در آرد خون)، روبه‌رو است. علاوه‌براین، استفاده از منابع پروتئین حیوانی با چالش‌هایی همچون خطر آلودگی میکروبی و انتقال بیماری‌ها (از دام به ماهی و انسان، مانند بیماری جنون گاوی)، مواجه است. همچنین عواملی مانند حجم تولید، امکان آلودگی آب و فساد اسید چرب ناشی از منابع پروتئین حیوانی، پیچیدگی استفاده از آنها را افزایش می‌دهد. علاوه‌براین، محدودیت‌های فرهنگی و مذهبی نیز استفاده از منابع پروتئین حیوانی را در برخی جوامع به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، محدود می‌کند. یکی از گزینه‌ها برای جایگزینی پودر ماهی، استفاده از منابع پروتئینی گیاهی است. اما پروتئین گیاهی مانند سویا به دلیل سطح پایین متیونین و برخی عوامل دیگر با محدودیت‌هایی روبروست. به طور مشابه، کنجاله دانه آفتابگردان دارای کمبود لیزین، فنیل‌آلانین، متیونین و فسفر بوده و دارای محتوای بالایی از فیبر است و طعم مطلوبی نیز ندارد. به طور کلی، مشتقات پروتئین گیاهی با عدم تطابق در اسیدهای آمینه ضروری مواجه بوده، دارای عوامل ضد تغذیه درونی هستند و طعم خوبی ندارند که کارایی استفاده آنها در تغذیه آبزیان کاهش می‌دهد. اگر مقدار زیادی در جیره استفاده شوند، هضم، میزان تبدیل پروتئین به‌وسیله ماهیان و کیفیت پلت غذایی را کاهش می‌دهند (Musyoka *et al*., 2019).

در واقع، چالش‌های مرتبط با پایداری منابع پروتئینی در تغذیه آبزیان از نظر هزینه، ارزش تغذیه‌ای و منابع نیازمند تحقیقات بیشتری در زمینه جایگزینی منابع پروتئین حیوانی در جیره‌های تغذیه آبزیان شده است. بنابراین، منابع پروتئین غیر معمول (کرم خاکی)، به دلیل ارزش تغذیه‌ای نزدیک به پودر ماهی، توجه بسیاری را به‌خود جلب کرده است. اگرچه این کرم از قدیم به عنوان طعمه ماهیگیری، تغذیه ماهیان آکواریومی و سایر موجودات (اردک و مرغ) و حتی تغذیه انسانی نیز استفاده می‌شد (Sun and Jiang, 2017; Sonntag *et al*. 2023)، اما در سال‌های اخیر همزمان با گسترش تولید و استفاده از آن برای افزایش حاصلخیزی خاک و تولید کود[1] (Musyoka and Nairuti, 2021)، استفاده از آن به شکل‌های مختلف (کامل، پودر کرم، خمیر) در تغذیه انواع آبزیان مورد بررسی ویژه قرار گرفته است (Bhuvaneshwaran, 2019).

گونه‌های رایج کرم خاکی پرورشی

کرم‌های خاکی موجودات ساکن در زمین و متعلق به شاخه کرم‌های حلقوی[2]، رده کم تاران[3] هستند. موجودات همه‌چیزخوار حریصی هستند که از مواد آلی پوسیده و موجودات مرده تغذیه می‌کنند. سه گونه *Eisenia fetida*، *Lumbricus rubellus* و *Eisenia Andrei* بیشتر از سایر گونه‌ها برای تولید کود استفاده می‌شوند (Musyoka and Nairuti, 2021). اما تعداد بیشتری از گونه‌ها در مطالعات مختلف برای تغذیه انواع حیوانات از جمله آبزیان آزمایش شده‌اند (*Eudrilus eugeniae*، *Perionyx excavatus*، *Dendrobaena veneta*، *Hormogaster elisae*، *Libyodrilus violaceus*، *Allobophora longa*، *Hyperiodrilus africanus*، *Lumbricus terrestris*

1 - Vermicompost
2 - Annelida
3 - Polychaeta

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/11.2.45]

Dendrodrilus و *Libyodrilius vilaceous* (*subrubicundus* Musyoka et al., 2019; Sonntag *et al*., 2023). بی‌شک پرکاربردترین گونه *E. fetida* بوده است. اگرچه مقایسه کیفیت مواد مغذی گونه‌های مختلف به دلیل کمبود مطالعات مقایسه‌ای دشوار بوده ولی مشخص شده است که محتوای پروتئین، چربی و خاکستر گونه‌های مختلف که در شرایط یکسان پرورش داده شده‌اند، متفاوت است (Sonntag *et al*. 2023). بنابراین، در انتخاب گونه مناسب برای آبزی‌پروری باید دقت کافی صورت پذیرد.

گونه *E. fetida*

این گونه متعلق به خانواده Lumbericidea است. به دلیل نرخ تولید مثل بالا، هزینه کم تغذیه، سهولت تولید در اسارت و توانایی زنده ماندن در طیف گسترده‌ای از اقلیم‌ها، *E. fetida* کاربردهای بیوتکنولوژیک بسیاری پیدا کرده است. پژوهش‌ها و پیشرفت‌های تکنولوژیک استفاده گسترده از کرم خاکی را در فرمولاسیون خوراک طیور و آبزیان، تولید کود، داروسازی، بیواندیکاتور، فیزیولوژی، لوازم آرایشی- بهداشتی، مطالعات سم‌شناسی محیطی[1] و ژنتیک به‌همراه داشته است. مطالعات نشان داده است که این گونه دارای سطوح قابل توصیه پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری و لیپیدها، مشابه آنچه در پودر ماهی یافت می‌شود و مطابق با نیازهای غذایی آبزیان است. در بسیاری از ماهی‌ها تأثیر منفی بر رشد ندارد. به دلیل میزان بالای تغذیه از سرعت رشد بالایی (تا ۵۰ درصد اندازه بدن) برخوردار است. با مواد آلی مختلف موجود در بستر سازگار است. در مقایسه با اکثر گونه‌های کرم خاکی، نرخ تولید مثل نسبتاً بالایی دارد (سه نوزاد در هر تخم) و چرخه زندگی کوتاهی دارد. علاوه‌براین، در مقایسه با اکثر کرم‌های خاکی، تلفات کمی دارد. این گونه در شرایط دشوار (دمای پایین، سمی و محیط‌های شور)، مقاومت بالاتری نسبت به سایر گونه‌ها دارد. اما به نور و گرما حساس است. علاوه‌براین، بر خلاف گونه *L. terrestris* (کرم خاکی عمق‌زی)، *E. fetida* ساکن سطحی است. این پدیده برداشت کرم را تسهیل می‌کندو هزینه تولید آن را کاهش می‌دهد، زیرا برای تغذیه و چرخاندن مداوم بستر خود برای ارتقاء هوادهی به نیروی انسانی کمتری نیاز دارد. علاوه‌براین، می‌تواند در مقادیر زیاد در واحدهای تولیدی بسیار کوچک تا بزرگ با استفاده از فناوری‌های ساده به دلیل طبیعت مقاوم و سازگاری آن، نگهداری شود. با ضایعات خانگی، کشاورزی و صنعتی پرورش داده می‌شود. از نظر هزینه پرورش نیز با صرفه‌تر از انواع دیگر منابع پروتئینی هستند. با توجه به این ویژگی‌ها، یکی از بهترین گزینه‌ها برای جایگزینی پودر ماهی است (Sonntag *et al*., 2023).

ارزش غذایی کرم خاکی

کرم خاکی محصول تولید کود (ورمی‌کامپوست) است. تولید، رشد و بلوغ جنسی پیله کرم خاکی به کمیت، کیفیت تغذیه‌ای محیط کشت، اندازه ذرات غذایی، شرایط محیطی و تراکم کرم بستگی دارد. بنابراین، انتخاب محیط کشت مناسب برای کرم‌هایی که به منظور استفاده در آبزی‌پروری پرورش داده می‌شوند، اهمیت زیادی دارد. محیط کشت به چند طریق بر کیفیت مواد مغذی کرم تأثیر می‌گذارد، برای مثال، محیط غنی از چربی منجر به تولید کرم با درصد بالاتر اسیدهای چرب و میزان پروتئین کم‌تر می‌شود، زیرا مقدار چربی و پروتئین بدن رابطه معکوس دارند. علاوه‌براین، محیط کشت باید بافت مناسبی داشته باشد، در غیر این‌صورت مقدار کیتین بدن کرم افزایش می‌یابد و این باعث کاهش قابلیت هضم کرم در دستگاه گوارش آبزی می‌شود. البته مقدار کیتین بدن کرم به سن آن نیز بستگی دارد و هرچه کرم پیرتر باشد، کیتین آن بالاتر است. از سویی، باتوجه به این‌که کرم خاکی ۵۰-۳۰ درصد وزن خود تغذیه می‌کند، تخلیه یا عدم تخلیه محتویات روده بر ترکیب مواد مغذی کرم تأثیر زیادی دارد. اگر محتویات روده تخلیه نشده باشد، مقدار کل پروتئین می‌تواند تا ۳۰٪ پایین‌تر نشان‌داده شود. به‌جز ارزش غذایی، برای این‌که محیط کشت بتواند بیوماس کرم را افزایش دهد، باید قابل متابولیسم، خوش طعم، حاوی محتوای نیتروژن بالا (بیش از ۸/۳٪ وزن خشک)، حداقل میزان آلودگی احتمالی به مواد ناخواسته و حاوی کمترین مقدار مواد شیمیایی مهارکننده رشد و کربوهیدرات‌های غیر قابل هضم باشد. یکی از بهترین محیط‌های کشت برای پرورش کرم خاکی کود گاوی است (Musyoka *et al*. 2019; Parolini *et al*., 2020). توصیه می‌شود در مورد روش‌های پرورش و نحوه فراهم نمودن محیط مناسب، به منابع مربوط مراجعه شود.

1 - Ecotoxicology

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.2.45]

غنی‌سازی

تأثیرپذیری ترکیب مواد مغذی بدن کرم خاکی نشان‌دهنده قابلیت غنی‌سازی این موجود است. مطالعات محدود ولی امیدبخشی در این خصوص انجام شده است. Kumlu و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از امولسیون تجاری حاوی اسیدهای چرب امگا-۳ توانستند میزان DHA[1] کرم خاکی (*E. fetida*) را ۱۰-۹ برابر افزایش دهند. Kumlu و همکاران (۲۰۲۱) توصیه کردند، بهترین روش برای غنی‌سازی کرم خاکی *E. fetida* برای افزایش سریع اسیدهای چرب امگا-۳ با زنجیره طویل[2]، افزودن روغن ماهی به میزان ۱۰ گرم در هر ۱۰۰ گرم محیط کشت به مدت ۲۴ ساعت است. در صورت استفاده از مقادیر کمتر روغن ماهی در محیط کشت (۵-۲/۵ گرم)، باید مدت غنی‌سازی افزایش یابد (۴۸-۹۶ ساعت). Yue و همکاران (۲۰۱۹) سلنیت سدیم را به میزان ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم محیط کشت اضافه کرده و میزان سلنیوم کل غنی شده در بدن کرم را به‌ترتیب ۹۷/۷۸ و ۱۵۱/۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک محاسبه نمودند. طبق نتایج به‌دست آمده، نتیجه گرفتند که کرم خاکی غنی‌سازی شده می‌تواند منبع خوبی برای سلنیوم باشد. Sun و همکاران (۲۰۲۰) از کرم خاکی غنی‌سازی شده با سلنیت سدیم برای تغذیه مرغ‌های تخمگذار استفاده کرده و مشاهده نمودند که عملکرد ایمنی و سطح آنتی‌اکسیدانی مرغ‌ها بهبود یافت که نشان‌دهنده قابلیت کرم خاکی غنی‌شده به عنوان یک مکمل غذایی است.

ترکیب تقریبی

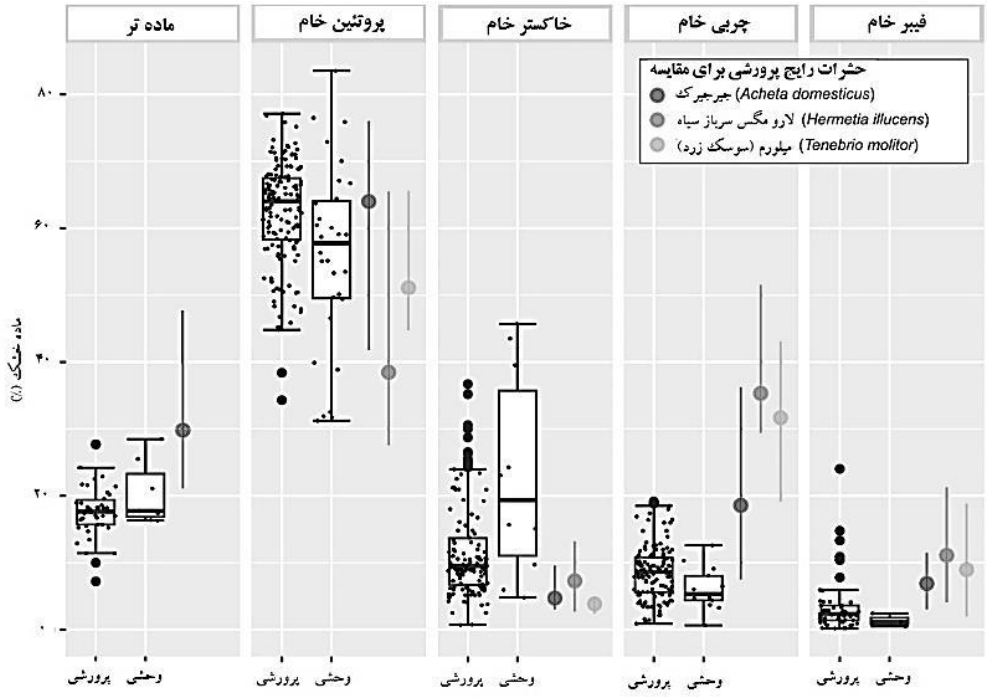
در جدول ۱ ترکیب تقریبی[3] کرم خاکی *E. fetida* در مقایسه با برخی منابع پروتئینی رایج ارائه شده است. اما ترکیب بدن کرم خاکی با توجه به گونه، شرایط پرورش، نوع فرآوری و ترکیب محیط کشت بسیار متغیر است. در مطالعه Garczynska و همکاران (۲۰۲۳) مقدار پروتئین گونه *D. veneta* را ۷۶/۸۲ درصد ماده خشک بیان کردند درحالی‌که در جدول ۱ و اغلب منابع، میزان پروتئین گونه‌های مختلف ۶۰-۵۰ درصد بیان شده است. مشخص شده است که کرم خاکی پرورشی به دلیل کیفیت بالاتر محیط کشت نسبت به کرم خاکی وحشی میزان پروتئین، چربی و فیبر بیشتری دارد. در مطالعات مختلف، میزان پروتئین تا ۱۴٪ بین گونه‌های مختلف که تحت شرایط یکسان پرورش داده شده‌اند، متغیر است (Sonntag *et al*. 2023). یکی دیگر از عوامل مؤثر بر ترکیب بدن کرم خاکی ترکیب محیط کشت آن است. Musyoka و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کرده‌اند که پرورش کرم خاکی با استفاده از محیط کشت متفاوت (پوست قهوه، ضایعات آبجوگیری و ضایعات آشپزخانه)، باعث تغییر ترکیب کرم به میزان مشخصی شد به‌طوری‌که میزان پروتئین برای این محیط‌های کشت به‌ترتیب ۵۱/۳۰، ۵۷/۵۳ و ۵۰/۵ درصد به‌دست آمد. این میزان تغییر چندان قابل‌توجه نیست، ولی مشخص شده است که استفاده از محیط کشت متفاوت (کود حیوانی، ضایعات میوه و سبزیجات، باقیمانده آشپزخانه، ...)، می‌تواند باعث ایجاد تغییر تا حدود ۲۰٪ ماده خشک شود. در واقع، ممکن است با افزایش مقدار خاکستر تاحدی باعث کاهش میزان پروتئین شوند. نکته حائز اهمیت این است که اگرچه محیط کشت‌های مختلف تأثیر قابل‌توجهی بر ترکیب مواد مغذی کرم خاکی نمی‌گذارند، ولی بر باروری محیط و میزان تولید کرم بسیار مؤثر هستند. بنابراین، فراهم کردن محیط کشت مناسب برای تولید اقتصادی و کارآمد کرم، حیاتی به‌نظر می‌رسد. در شکل ۱ ترکیب تقریبی کرم خاکی با سه نوع حشره رایج پرورشی (میلورم، مگس سرباز و جیرجیرک) مقایسه شده است. محتوای پروتئین خام در کرم های خاکی پرورشی حداقل به اندازه حشرات خوراکی پرورشی بالاست (میانگین ۶۲/۳٪ و ۹-۶۳٪ ماده خشک به‌ترتیب برای کرم خاکی پرورشی و جیرجیرک). باید توجه داشت که محتوای پروتئین حشرات اغلب به دلیل وجود نیتروژن غیر پروتئینی به صورت اسید اوریک، بتا-آلانین و اسکلت خارجی کیتینی بالا تخمین زده می‌شود. با تصحیح این مقادیر، میزان پروتئین واقعی لارو مگس سیاه، میلورم و جیرجیرک به‌ترتیب ۱۱/۲٪، ۶/۹٪ و ۱۱/۹٪ به‌دست می‌آید. بنابراین، با توجه به وجود لایه کیتینی بسیار نازک (فقط ۱۰-۵۰ میکرون در *L. rubellus*) میزان پروتئین کرم خاکی بسیار بیشتر از حشرات است. در شکل ۱ مقدار چربی کل کرم خاکی به طور میانگین ۸/۶٪ وزن خشک محاسبه شده که در مقایسه با حشرات پرورشی بسیار کمتر است. کرم‌های خاکی بیشتر به عنوان یک منبع پروتئین با محتوای چربی کم در نظر گرفته می‌شوند.

1 - Docosahexaenoic Acid
2 - n-3 LC-PUFA (Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids)
3 - Proximate composition

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/11.2.45]

جدول ۱: ترکیب تقریبی کرم خاکی *E. fetida* و برخی منابع پروتئینی گیاهی و حیوانی رایج (Sun and Jiang, 2017)

ماده غذایی	ماده خشک (٪)	پروتئین خام (٪)	چربی (٪)	خاکستر (٪)	میزان انرژی
کرم خاکی تازه	۱۵/۷	۱۱/۰۲	۱/۸۹	۱/۴	-
پودر کرم خاکی	۹۰/۶	۵۴/۶	۷/۳۴	۲۱/۲	۲/۹۹
پودر ماهی پرو	۹۰/۸	۶۲/۰	۹/۷	۱۴/۴	۲/۹۰
پودر ماهی چین	۸۸/۵	۵۳/۹	۹/۳	۱۸/۹	۲/۳۵
شیر گاو	۱۲/۷	۳/۵	۳/۵	۰/۷	۰/۶۵
تخم مرغ	۲۶/۳	۱۲/۹	۱۱/۵	۱/۰	۱/۶۳
پودر سویا	۸۸/۱	۴۳	۵/۴	۵/۹	۲/۶۴
پودر ذرت	۸۶/۵	۸/۶	۳/۵	۱/۴	۳/۳۲
پودر گندم	۸۲/۲	۱۴/۲	۲/۰	۴/۴	۱/۷۸



شکل ۱: ترکیب تقریبی کرم خاکی و سه نوع حشره رایج پرورشی (Sonntag *et al.*, 2023). باکس‌ها نشان‌دهنده کرم خاکی و دوایر نشان‌دهنده حشرات هستند. ماده خشک به صورت درصد ماده تر و سایر مواد مغذی به صورت درصد ماده خشک بیان شده‌اند.

از سویی، محتوای چربی و ترکیب اسیدهای چرب در حشرات به‌شدت تحت تأثیر مواد خوراکی، گونه، مرحله زندگی و عوامل محیطی قرار دارد. تأثیر این عوامل بر میزان چربی کرم خاکی باید بررسی شود، ولی با توجه به توضیحات بخش غنی‌سازی، می‌توان محتوای چربی یا اسیدهای چرب مورد نظر را در بدن کرم خاکی چندین برابر افزایش داد. کرم خاکی در مقایسه با حشرات پرورشی به‌ویژه نوع وحشی، خاکستر بالاتری دارد. اغلب به محیط کشت کرم‌های خاکی خاک اضافه شده که این امر باعث افزایش ذرات معدنی در روده آنها می‌شود (Sonntag *et al.*, 2023). علاوه‌براین، کرم خاکی دارای سطح فیبر خام قابل تحمل (۱۰/۹٪) است که به‌قدری بالا نیست که بر هضم در ماهی تأثیر بگذارد. در نتیجه، حضور سلولز در کرم خاکی موجب کارآیی بالای جذب پروتئین برای ماهی پرورشی می‌شود (Musyoka *et al.*, 2019).

به طور کلی، ترکیب کلی مواد مغذی کرم خاکی برای تغذیه آبزیان بسیار مناسب است و یک منبع عالی پروتئینی با مقادیر

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/11.2.45]

مناسبی چربی و خاکستر محسوب می‌شود. اما آیا ترکیب اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب این کرم مناسب است و می‌تواند نیاز آبزیان را برطرف کند؟

اسیدهای آمینه

در جدول ۲ آمینواسیدهای کرم خاکی در مقایسه با برخی مواد غذایی رایج ارائه شده است. پروفایل اسیدهای آمینه ضروری در فرمولاسیون رژیم‌های غذایی ماهی بسیار مهم است، زیرا این اسیدهای آمینه به رشد، افزایش نرخ تولیدمثل و بهبود مقاومت در برابر بیماری‌ها و ارتقاء فعالیت‌های رفتاری مناسب ماهی کمک می‌کنند. کرم خاکی پروفایل اسیدهای آمینه مشابه پودر ماهی دارد و می‌تواند نیازهای تغذیه‌ای آبزیان را تأمین نماید. *E. fetida* به عنوان گونه معمول دارای ۲۰ آمینواسید از مجموع ۲۴ آمینواسید از جمله ۱۰ آمینواسید ضروری است. این گونه حاوی مقدار قابل‌توجهی لایزین است که در بسیاری از منابع دیگر کمتر دیده می‌شود. همچنین مقادیر مناسبی متیونین، ایزولوسین، لوسین، والین و فنیل آلانین دارد (Gunya and Masika, 2022). در مطالعه Sonntag و همکاران (۲۰۲۳) کرم خاکی پروفایل اسیدهای آمینه ضروری مشابه با حشرات پرورشی (مگس سرباز، میلورم و جیرجیرک) دارد و می‌تواند برای تأمین لیزین، ترئونین، سیستئین، متیونین و تریپتوفان منبع بسیار خوبی باشد. در مطالعه Kavle و همکاران (۲۰۲۳) از کرم خاکی به دلیل داشتن پروفایل اسیدهای آمینه مناسب به‌ویژه لوسین و لایزین، به عنوان یک گزینه برای مصرف انسانی و رفع کمبود این اسیدهای آمینه در جوامع انسانی یاد می‌کنند.

جدول ۲: پروفایل اسیدهای آمینه کرم خاکی و چند ماده غذایی گیاهی و حیوانی رایج و نیازهای تیلاپیا نیل *Oreochromis niloticus* به اسیدهای آمینه ضروری (Sauvant *et al.*, 2004; Tacon *et al.* 2009; Sun and Jiang, 2017; Musyoka *et al.*, 2019).

آمینواسید	پودر کرم خاکی	پودر ماهی (پرو)	پودر ماهی (چین)	تخم مرغ	پودر سویا	شیر گاو خام	آرد گندم	نیاز تیلاپیا
ترئونین*	۲/۷۲	۲/۸۸	۲/۲۲	۲/۴۲	۱/۶۹	۱/۲۰	۰/۴۵	۳/۷۵
سرین	۲/۷۱	۲/۶۳	۲/۰۱	۳/۶۴	۲/۳۶	۱/۵۷	۰/۷۴	-
گلایسین	۳/۱۲	۴/۲۶	۳/۲۶	۱/۵۸	۱/۹۷	۰/۵۴	۰/۸۴	-
سیستئین	۰/۴۲	۰/۵۶	۰/۴۲	۱/۱۶	۰/۷۲	۰/۲۲	۰/۳۳	-
والین*	۲/۳۹	۲/۸۰	۲/۲۹	۳/۲۶	۲/۱۰	۱/۵۷	۰/۶۷	۲/۸
متیونین*	۱/۰۱	۱/۶۵	۱/۶۴	۱/۶	۰/۵۶	۰/۶۸	۰/۱۵	۳/۲۱
ایزولوسین*	۲/۴۰	۲/۴۲	۲/۲۳	۲/۹۹	۲/۰۷	۱/۲۸	۰/۳۷	۴/۲
لوسین*	۳/۹۴	۴/۲۸	۳/۸۵	۴/۲۰	۳/۲۹	۲/۵۸	۰/۸۰	۳/۳۹
تیروزین	۱/۷۳	۲/۱۲	۱/۶۳	۱/۹۸	۱/۴۱	۱/۲۸	۰/۵۲	-
فنیل‌آلانین*	۱/۱۲	۲/۶۸	۲/۱۰	۲/۷۳	۲/۱۱	۱/۴۶	۰/۴۸	۱/۷۹
لایزین*	۴/۲۶	۴/۳۵	۳/۶۴	۳/۳۲	۲/۷۶	۲/۱۱	۰/۴۷	۵/۲
هیستیدین*	۱/۳۶	۱/۶۶	۰/۹۰	۱/۱۶	۱/۱۳	۰/۷۲	۰/۳۵	۱/۷۲
آرژنین*	۳/۲۷	۳/۸۷	۳/۰۲	۲/۹۰	۳/۳	۰/۸۹	۰/۹۵	۴/۲

*اسیدهای آمینه ضروری برای ماهی و سایر آبزیان

اسیدهای چرب

در مطالعات مختلف میزان اسیدهای چرب گونه‌های مختلف کرم خاکی بررسی شده است (Kostecka *et al.*, 2022; Garczynska *et al.*, 2023; Kavle *et al.*, 2023). گونه‌های کرم‌های خاکی دارای انواع اسیدهای چرب اشباع SFA[1]، اسیدهای چرب تک غیراشباع MUFA[2] و اسیدهای چرب چند غیراشباع PUFA[3] هستند. *E. fetida* حدود ۴۵/۸٪ اسیدهای چرب اشباع، ۲۲/۲٪ اسیدهای چرب تک غیراشباع، ۳۱٪ اسیدهای چرب چند غیراشباع (۲۳/۵ از ω-6 و ۸/۳ از ω-3)

1 - Saturated Fatty Acid

2 - Monounsaturated Fatty Acid

3 - Polyunsaturated Fatty Acid

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.2.45]

دارد (Musyoka *et al.*, 2019). میانگین مقادیر گزارش شده اسیدهای چرب ضروری مهم در کرم خاکی از ۱۴ پژوهش مختلف، در جدول ۳ ارائه شده است. اسیدهای چرب ضروری لینولئیک، آراشیدونیک و ایکوزاپنتانوئیک در کرم‌های خاکی به‌ترتیب حدود ۰/۷٪، ۱/۰٪ و ۱/۲٪ از ماده خشک کل وجود دارند. این مقادیر PUFA می‌تواند برای فرمولاسیون رژیم‌های غذایی بسیاری از گونه‌های ماهی نقش بسیار مهمی ایفاء کند زیرا این اسیدهای چرب در بدن موجودات آبزی حیاتی هستند. نسبت لینولنیک در کرم‌های خاکی بیشتر از لارو مگس سیاه، جیرجیرک و میلورم بوده درحالی‌که نسبت لینولئیک با لارو مگس سیاه قابل مقایسه و کمتر از جیرجیرک و میلورم است (Sonntag *et al.*, 2023).

جدول ۳: اسیدهای چرب ضروری در کرم‌های خاکی (درصد از کل چربی‌ها) (Sonntag *et al.*, 2023)

اسید چرب			میانگین
لینولئیک	LA	C 18:2	۷/۷۵
لینولنیک	ALA	C 18:3	۳/۸۹
آراشیدونیک	ARA	C 20:4	۱۱/۰۰
ایکوزاپنتانوئیک	EPA	C 20:5	۱۳/۵۴
دوکوزاهگزانوئیک	DHA	C 22:6	۰/۸۹

مواد معدنی

در جدول ۴، مقدار میانگین مواد معدنی موجود در کرم‌های خاکی ارائه شده است. کرم خاکی دارای مقادیر بسیار قابل‌توجهی از مواد معدنی مورد نیاز آبزیان است، برای مثال، به دلیل وجود هموگلوبین در بدن کرم خاکی، چندین برابر نیاز ماهی آهن دارد. این مقدار آن بسیار بیشتر از آن موجود در سویا یا حتی پودر ماهی است (Musyoka *et al.*, 2019). البته گزارش شده است که فلزات سنگین در بدن کرم خاکی با توجه به گونه، فلز و غلظت مواد در محیط کشت تجمع می‌یابد. در برخی موارد، فلزات سنگینی که نگرانی‌های ایمنی غذایی دارند (کادمیوم و سرب)، در کرم‌های خاکی پرورشی بیش از حد مجاز برای مصرف انسانی یافت شده‌اند. محتوای کلسیم در کرم‌های خاکی کمتر از لارو مگس سیاه و بیشتر از جیرجیرک و میلورم دیده می‌شود. مقدار ید و آهن در کرم‌های خاکی بیشتر از سه گونه از حشرات خوراکی و میزان روی، گاهی اوقات برابر است، اما ممکن است در حشرات خوراکی بیشتر یا کمتر باشد. به طور کلی، کرم‌های خاکی پرورشی اگر به میزان کافی در مواد غذایی آلی محیط کشت حضور داشته باشند و آلودگی با فلزات سنگین کنترل شود، می‌توانند مواد معدنی مهمی را برای آبزیان فراهم کنند (Sonntag *et al*. 2023).

جدول ۴: مقدار میانگین مواد معدنی موجود در کرم‌های خاکی و نیاز ماهی‌ها

ماده معدنی	میانگین (Sonntag *et al.*, 2023)	نیاز ماهی‌ها (Musyoka *et al.*, 2019)
عناصر معدنی پرنیاز (درصد وزن خشک)		
کلسیم	۰/۶۶۲	۵ g
پتاسیم	۰/۶۵۱	۱-۳ g
منیزیم	۰/۲۲۹	۵۰۰ mg
سدیم	۰/۷۲۱	-
فسفر	۰/۸۴۷	۷ g
عناصر معدنی کم‌نیاز (mg/kg)		
مس	۴۳۲/۹	۱-۴ g
آهن	۳۸۳۶/۱	۵۰-۱۰۰ mg
ید	۱۲۵۲/۳	-
منگنز	۱۵۹۶/۷	۲۰-۵۰ mg
سلنیوم	۴/۰	-
روی	۱۷۵/۲	۳۰-۱۰۰ mg

ویتامین‌ها

در جدول ۵، مقدار میانگین ویتامین‌های موجود در کرم‌های خاکی ارائه شده است. مطالعات کمی در مورد مقدار ویتامین‌ها در کرم‌های خاکی انجام شده است، ولی در مجموع مقدار ویتامین‌ها در محدود توصیه شده برای ماهی‌ها قرار دارد و این کرم می‌تواند به عنوان منبع بسیار خوبی برای انواع ویتامین‌ها به‌ویژه نیاسین و کوبالامین باشد. در مقایسه با حشرات پرورشی (مگس سرباز، جیرجیرک و میلورم)، ویتامین‌های A، تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و کوبالامین در کرم خاکی بیشتر است درحالی‌که حشرات پرورشی میزان ویتامین E، فولیک اسید، پیریدوکسین و پانتوتنیک اسید بالاتری دارند. میزان بیوتین در هر دو تقریباً یکسان است (Sonntag *et al.*, 2023).

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.2.45]

جدول ۵: مقدار میانگین ویتامین‌های مختلف در کرم‌های خاکی و نیاز ماهی کپور و قزل‌آلا (Webster and Lim, 2002; Sonntag *et al.*, 2023)

ویتامین	میانگین	نیاز قزل‌آلا (در کیلوگرم غذا)	نیاز کپور معمولی (در کیلوگرم غذا)
ویتامین‌های محلول در چربی (IU/g)			
ویتامین A	۴/۰۱	۲۵۰۰	۴۰۰۰
ویتامین E	۳۸/۸۱	۵۰	۱۰۰
ویتامین‌های محلول در آب (mg/kg)			
تیامین (B1)	۱۴/۵۰	۱۰	۰/۵
ریبوفلاوین (B2)	۱۵۲/۰۰	۴	۷
نیاسین (B3)	۵۰۷/۰۰	۱۰	۲۸
پانتوتنیک اسید (B5)	۱۷/۰۰	۲۰	۳۰
پیریدوکسین (B6)	۴/۵۰	۳	۶
بیوتین (B_7)	۰/۶۸	۰/۱۵	۱
فولیک اسید (B_9)	۱/۲۵	۱	-
کوبالامین (B_{12})	۴/۰۰	۰/۰۲	-

فرآوری کرم خاکی

دستکاری و فرآوری کرم خاکی یکی از محدودیت‌های اصلی تولید تجاری آن بوده است، زیرا این کرم‌ها لزج، چسبنده و مرطوب هستند. برداشت، دستکاری، فرآوری و نگهداری کرم‌های خاکی بسیار مهم است، زیرا نه‌تنها بر کیفیت تغذیه‌ای بلکه بر خوش‌خوراکی، خطرات میکروبی و احتمال سمیت آن نیز تأثیر می‌گذارند. برخی از روش‌های برداشت (برداشت با دست و برداشت مکانیکی از طریق گریز از مرکز)، به کرم‌های خاکی تنش وارد کرده و آنها را وادار به ترشح مایع سلومیک[1] می‌کنند. مایع سلومیک به دلیل پروتئین لایزنین[2] که با اسفینگومیلین[3] و سایر فسفولیپیدهای غشاء سلولی پیوند می‌خورد، برای مهره‌داران سمی است، زیرا باعث انقباض عضلات صاف و تجزیه سلول‌های قرمز خون می‌شود و در نتیجه، اسپرماتوزوآ مهره‌داران را می‌کشد. بنابراین، هنگام فرآوری کرم خاکی برای خوراک ماهی، توصیه می‌شود، کرم‌های خاکی به طور کامل تمیز شوند تا مایع سلومیک حذف شود. این مایع علاوه بر سمی بودن، به دلیل بوی نامطبوع سیر فاسد شده، باعث کاهش خوش‌خوراکی کرم برای ماهی‌ها می‌شود. از آن‌جایی‌که لایزنین یک پروتئین حساس به حرارت است، بلانچ کردن[4] کرم در آب داغ یا پختن خوراک کرم باعث کاهش سمیت مایع سلومیک برای ماهی می‌شود. در جدول ۶ برخی روش‌های فرآوری و تهیه پروتئین کرم خاکی ارائه شده است.

با توجه به این‌که کرم تا نصف وزن بدن خود تغذیه می‌کند، کرم باید حداقل ۳ ساعت در ظرف خالی نگهداری شود تا محتوای باقی‌مانده هضم‌نشده روده آنها تخلیه شود. پس از برداشت و تخلیه روده، کرم معمولاً چندین بار شسته شده و سپس با لیوفیلیزاسیون[5]، شوک اسمزی یا بلانچ کردن در آب داغ کشته می‌شود. بلانچ کردن روش مطلوب‌تری برای کشتن کرم نسبت به لیوفیلیزاسیون و شوک اسمزی است، زیرا ارزش غذایی را حفظ می‌کند. علاوه‌براین، خوش‌خوراکی را افزایش داده و سمیت مربوط به لایزنین حساس به حرارت و عوامل همولیتیک موجود در مایع سلومیک را کاهش می‌دهد.

برای افزایش عمر مفید و کاهش هزینه‌های انبار و حمل و نقل، کرم‌ها معمولاً با یکی از روش‌های خشک‌کردن در آفتاب، خشک‌کردن در کوره یا لیوفیلیزاسیون آبگیری می‌شوند.

1 - Coelomic fluid
2 - Lysenin
3 - Sphingomyelin
4 - Blanching
5 - Lyophilization

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.2.45]

جدول ۶: روش‌های فرآوری و تهیه پروتئین کرم خاکی (Antonova *et al.*, 2021)

روش	توضیح
بلانچ کردن	غوطه‌ور کردن کرم های خاکی در آب جوش به مدت ۱ دقیقه، سپس مخلوط کردن آنها در ۳۰٪ ملاس همراه با ۰/۳ ٪ سوربات پتاسیم برای تولید خمیر کرم، خمیر می تواند برای مدت طولانی در دمای اتاق نگهداری می شود زیرا فعالیت آب (Aw) به ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۶۵توسط ملاس و سوربات پتاسیم کاهش می یابد، در نتیجه رشد مخمرها و کپک ها مهار می‌شود.
تیمار اسید فرمیک	با ترکیب ۳ درصد اسید فرمیک با کرم‌های خاکی، و همگن سازی کامل آنها یک خمیر یا مایع بسیار پایدار تولید می‌شود
پودر کرم خشک	• کرم های خاکی را در آب جوش به مدت ۱ دقیقه غوطه‌ور شده و سپس خشک و آسیاب می‌شوند • کرم های خاکی به سرعت منجمد شده، سپس به روش خشک کردن انجمادی خشک شده و به پودر تبدیل می‌شوند • کشتن کرم های خاکی در استون به مدت ۱ ساعت، سپس خشک کردن کامل در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد قبل از آسیاب کردن • غوطه‌ور کردن کرم‌های خاکی در آب جوش، سپس خشک کردن آنها در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد قبل از آسیاب آنها
استخراج پروتئین	همگن سازی زیست توده کرم خاکی بدون چربی، مخلوط کردن با محلول قلیایی ۰/۰۱-۰/۵ ٪ با نسبت جرمی ۱:۳-۱:۱۱، هم زدن به طور مداوم به مدت ۱۰-۶۰ دقیقه در دمای ۴۰-۱۰۰ درجه سانتیگراد برای استخراج پروتئین، حذف اجزای حل نشده، رسوب دادن پروتئین در نقطه ایزوالکتریک. این محصول حاوی ۷۸-۹۳ درصد پروتئین و ۴۶/۵-۴۸/۶ ٪ اسیدهای آمینه ضروری است.
کود آلی	قرار دادن کرم‌های خاکی در یک مخزن آب گرم با دمای ۵۰-۶۰ درجه سانتیگراد، سپس در آون با دمای ۹۰-۸۰ درجه سانتیگراد تا حداکثر رطوبت ۵ درصد خشک می‌شوند. حداق ۵کیلوگرم کرم برای تولید ۱ کیلوگرم کود نیاز است.

درجه حرارت استفاده شده در طول خشک کردن کرم بر میزان پروتئین خام کرم مؤثر است به‌طوری‌که خشک کردن در دمای ۶۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد باعث به‌دست آمدن به‌ترتیب ۶۲/۵٪ و ۶۱/۵٪ پروتئین خام در ماده خشک می‌شود. بالا رفتن دمای خشک کردن تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد میزان پروتئین خام را تا ۲۳٪/۱۴ کاهش می‌دهد. برای حفظ میزان پروتئین کرم‌ها طی فرآیند خشک‌کردن، لیوفیلیزاسیون ایده‌آل‌ترین روش، پس از آن خشک‌کردن در کوره و سپس خشک‌کردن در آفتاب است. یخ‌زدگی، پایداری طولانی‌مدت پروتئین‌ها و حفظ ماکرومغذی‌ها را تضمین می‌کند. علاوه‌براین، روش لیوفیلیزاسیون عمر مفید کرم را طولانی‌تر می‌کند و مانع از دست رفتن مواد شیمیایی فرار و مواد مغذی حساس به حرارت شده که به عملکرد رشد بهتر ماهی‌های تغذیه شده با کرم خاکی منجر می‌شود. با این‌حال، هنگامی که کرم در فر خشک می‌شود، نسبت به لیوفیلیزاسیون میزان اسیدهای چرب بیشتری خواهد داشت. از این‌رو، فرآیند خشک‌کردن در فر همچنان یکی از بهترین روش‌هاست، زیرا کمترین کاهش ماده خشک را باعث می‌شود و بوی نامطبوع و طعم ناخوشایند کرم‌ها را کاهش می‌دهد.

از کیتین به عنوان یکی از دلایل کاهش رشد در بیشتر ماهی‌ها عنوان نام برده شده است. وجود کیتین به اندازه ۲٪ باعث کاهش رشد، کاهش هضم خوراک و جذب ضعیف در ماهی می‌شود و در نتیجه، به دلیل استفاده ضعیف از خوراک و افزایش ضریب تبدیل خوراک تأثیرات اقتصادی منفی در فرآیند پرورش دارد. روش کلدال[1] برای اندازه‌گیری مقدار پروتئین کرم ممکن است گمراه‌کننده باشد، زیرا این روش همه ترکیبات نیتروژنی که به طور درونی یا از طریق تعامل بین میکروارگانیسم‌ها در روده کرم خاکی در طول تولید کود ایجاد می‌شود، در نظر می‌گیرد. علاوه‌براین، روش کلدال ترکیبات نیتروژنی غیرقابل هضم مانند کیتین را نیز در نظر می‌گیرد. بنابراین، توصیه می‌شود از روش‌هایی استفاده شود که محتوای پروتئین واقعی در کرم‌های خاکی را اندازه‌گیری می‌کنند(روش لوری (فولین)[2] (Shen, 2019)، در غیر این صورت، توصیه می‌شود از آنزیم‌های کیتیناز[3] و کیتوبیاز[4] برای هضم کیتین استفاده شود. هرچند محققین

1 - Kjeldahl
2 - Lowry (Folin)
3 - Chitinase
4 - Chitobiase

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/11.2.45]

هشدار می‌دهند که افزودن این دو آنزیم تضمینی برای هضم کامل کیتین نیست.

کرم پس از تجزیه‌وتحلیل و مشخص شدن مقدار پروتئین می‌تواند با مخلوط کردن با ملاس برای تشکیل خمیر یا با خشک‌کردن در هوا برای ایجاد خوراک خشک به خوراک ماهی تبدیل شود. روش فرآوری و استفاده از کرم خاکی (کامل یا پلت‌شده) بستگی به میزان مصرف و نوع استفاده در ماهی دارد. توصیه می‌شود کرم خاکی به‌صورت پلت‌شده فرآوری شود تا از شسته شدن پروتئین و لیپید در آب، جلوگیری شود. بهتر است خوراک نهایی فرموله شده با حرارت فرآوری شود تا عوامل ضدتغذیه‌ای در کرم مهار شوند.

استفاده از کرم خاکی در خوراک آبزیان

در سال‌های اخیر، چندین مطالعه در مورد استفاده از کرم خاکی در تغذیه آبزیان، طیور ، پستانداران و حتی به عنوان محیط کشت میکروارگانیسم‌ها صورت گرفته است (Antonova *et al.*, 2021). علاقه‌مندی به استفاده از کرم خاکی به عنوان خوراک حیوانات به‌ویژه در رژیم غذایی ماهی عمدتاً به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای برتر آن، از جمله میزان پروتئین بالا، پروفایل خوب اسید آمینه و ترکیبات مناسب است که در این مقاله به آنها پرداخته شده است. بسیاری از این مطالعات، کارآیی کرم خاکی (به‌تنهایی یا به همراه سایر مواد)، در ارتقاء عملکرد رشد ماهی، افزایش تولید مثل، بهبود قابلیت هضم، کاهش استرس، بهبود بقا، کاهش نسبت تبدیل خوراک و بهره‌وری و کارآیی جذب خوراک را گزارش کرده‌اند (جدول ۷).

جدول ۷: مطالعات انجام شده در خصوص جایگزینی پودر کرم خاکی به جای پودر ماهی (Musyoka *et al.*, 2019)

گونه ماهی	موارد مورد بررسی	سطح جایگزینی
قزل آلا (*Salmo gairdneri*)	رشد و کارایی مصرف غذا	زیر ۵۰٪
روهو (*Labeo rohita*)	رشد و مصرف غذا بچه ماهی‌ها	۴۰ ٪
تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)	رشد و کارایی مصرف غذا لاروها	۳۳۹ گرم در کیلوگرم غذا
قزل آلا (*Oncorhynchus mykiss*)	رشد	٪۲۵
گربه ماهی وایناد (*Mystus montanus*)	رشد و مصرف غذا	۴۰ ٪
مار ماهی (*Anguilla angullia*)	رشد	۲۵ ٪
کپور هندی مریگال (*Cirrhinus mrigala*)	رشد و مصرف مواد مغذی	-
گوپی (*Poecilia reticulata*)	تولید مثل و بقاء	۱۰۰ ٪
ماهی قرمز (*Carassius auratus*)	رشد و کارایی	٪۱۰
تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*)	رشد و مصرف غذا	٪۳۲/۲
کپور ماهیان هندی کاتلا، روهو و مریگال (*Catla catla*), (*Labeo rohita*) (*Cirrhinus mrigala*)	رشد و مصرف غذا	۵۰ ٪
سرماری تیره (*Parachanna obscura*)	رشد و مصرف غذا در بچه ماهیان	۲۵ ٪ و ۵۰ ٪
گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*)	رشد و مصرف غذا در بچه ماهیان انگشت قد	نسبت ۲:۵ مخلوط با لارو مگس[1]
قزل آلا (*Oncorhynchus mykiss*)	رشد	۲۵ ٪ و ۵۰ ٪
کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)	رشد و آرایی غذا	۱:۱ با لارو مگس
میگوی چینی (*Penaeus chinensis*)	رشد و بقاء	-
میگوی پاسفید غربی (*Penaeus vannamei*)	و خواص تغذیه‌ای عضلات	-
گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*)	رشد و بقاء	-
تیلاپیا (*Oreochromis mossambicus*)	رشد بچه ماهیان	٪۳۶ کود مایع حاصل از کرم خاکی

[1] *Musca domestica*

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.2.45]

کمترین سطح جایگزینی ۱۰٪ جیره بوده و بالاترین میزان (۱۰۰٪، یعنی تغذیه کامل ماهی با کرم خاکی) بر گوپی (*Poecilia reticulata*)آزمایش شده است. به رغم محتوای پروتئین بالا و خواص تغذیه‌ای قابل‌توجه، بیشتر مطالعات نشان داده‌اند که کرم خاکی به طور میانگین تنها می‌تواند تا ۵۰٪ جایگزین پودر ماهی شود. در بیشتر مطالعات با افزایش بیش از ۲۵٪ کرم خاکی به جای پودر ماهی، کاهش رشد مشاهده گردید. علت آن را کیتین غیر قابل هضم و مایع بدبو سلوم دانستند که باعث کاهش قابلیت هضم و خوش‌خوراکی غذا می‌شود. به رغم همه مطالعات انجام شده در مورد کرم‌های خاکی، هنوز خوراک کرم خاکی به طور معمول تولید تجاری نشده است. بنابراین، موفقیت در تولید خوراک ماهی با استفاده از کرم خاکی می‌تواند از طریق روش‌های نوآورانه به منظور غلبه بر محدودیت‌های مختلف مربوط به کاربرد کرم در فرمولاسیون رژیم‌های غذایی بهبود یابد. همچنین به توسعه فناوری‌های برداشت نیاز است که می‌توانند کرم‌های بدون کولوم و محیط کشت را به منظور کاهش عدم خوش‌خوراکی، جلوگیری از سمی بودن و شستشوی مداوم غیرضروری بازیابی کنند. فناوری‌های برداشت ساده‌ای مانند استفاده از تورهای ریزمش باید برای برداشت آرام کرم عاری از محیط کشت و کولوم توسعه یابد. با استفاده از حساسیت‌های کرم خاکی به نور، می‌توان یک تور را در جهت مخالف منبع نور قرار داد. نور می‌تواند کرم‌ها را تحریک کند تا از طریق تور به سمت ظرف جمع‌آوری فرار کنند. همچنین این تور می‌تواند برای جابه‌جایی کرم‌ها به محیط کشت جدید استفاده شود. با قرار دادن تور بالای بستر قدیمی، کرم‌ها می‌توانند به‌راحتی از طریق تور به محیط کشت جدید منتقل شوند، این می‌تواند از دست‌کاری غیرضروری که باعث استرس می‌شود، جلوگیری کند. با دانستن این که سطح کیتین در کرم‌ها مستقیماً متناسب با سن کرم‌ها است، تور می‌تواند طوری طراحی شود که تنها کرم‌های با سن متوسط برداشت شوند. علاوه‌براین، جداسازی کیتین از کرم خاکی می‌تواند به طور قابل‌توجهی هضم و جذب خوراک آن را در ماهی بهبود بخشد. محیط کشت با خواص تغذیه‌ای کامل و با بافت نرم تا حد زیادی به کاهش کیتین کمک می‌کند. پژوهش در این زمینه می‌تواند بسیار مفید باشد. علاوه‌براین، یک محیط کشت غنی نیاز به تخلیه روده را از بین می‌برد. زیرا وارد شدن محیط کشت به محصول نهایی (پودر کرم)، ممکن است به طور قابل‌توجهی کیفیت تغذیه‌ای آن را تحت تأثیر قرار ندهد. از این‌رو، هنگام تحلیل یا فرمولاسیون خوراک مشکلی ایجاد نمی‌کند. از سویی، یک محیط کشت مغذی با بافت نرم به معنای کاهش رشد کیتین غیر قابل هضم در اسکلت خارجی کرم خواهد بود. چنین محیطی باعث کاهش حرکت غیرضروری و حفاری در جستجوی مواد غذایی خواهد شد. مخلوط کردن کرم با سایر مواد خوراکی (سویا یا جو) هنگام فرمولاسیون خوراک ماهی، می‌تواند گزینه‌ای برای تعادل پروفایل‌های اسید آمینه ضروری باشد.

تولید کوچک‌مقیاس کرم خاکی در خانه‌ها، آموزشگاه‌ها و مزارع کشاورزی با استفاده از جعبه‌های اکولوژیک باعث کاهش هزینه‌های تولید ماهی در حوضچه‌های کوچک و آکواریوم‌ها خواهد شد. از آن‌جایی‌که این کرم در مناطقی برای تولید کود (ورمی‌کمپوست) پرورش داده می‌شود، کرم حاصل از این فرایند می‌تواند به دو طریق برای تغذیه ماهی نیز استفاده شود (به طور مستقیم از طریق پروتئین کرم خاکی و به طور غیرمستقیم با استفاده از کود)، در نتیجه، موجب افزایش تولید اولیه در حوضچه‌های نیمه متراکم ماهی و کاهش استفاده از رژیم‌های غذایی متداول می‌گردد. علاوه‌براین، فرایند تولید کود دارای مزایای زیست‌محیطی مختلفی است، زیرا کرم مواد آلی زائد را تبدیل به کود می‌کند که کاهش دفن زباله، جلوگیری از آلودگی ثانویه و صرفه‌جویی در منابع انرژی را به‌همراه دارد. استفاده از مواد آلی بی‌مصرف (ضایعات آشپزخانه و کارخانه‌های فرآوری محصولات کشاورزی و پسماند قهوه)، منجر به کاهش هزینه تولید خواهد شد و همچنین دوست‌دار محیط زیست است.

نتیجه‌گیری

کرم خاکی به دلیل دارا بودن مواد مغذی مورد نیاز آبزیان می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی برای پودر ماهی باشد. قابلیت غنی‌سازی بالایی دارد. چالش‌هایی که در مورد استفاده از آن وجود دارد شامل: روش‌های پرورش، برداشت و فرآوری به‌نحوی‌که مواد نامطلوب آن حذف یا بی‌اثر شود و خوش‌خوراکی مناسب برای ماهی داشته باشد. با توجه به سادگی و هزینه کم پرورش و دامنه تحمل وسیع نسبت به عوامل محیطی، پتانسیل بالایی برای استفاده تجاری به عنوان جایگزین منابع پروتئینی گران‌قیمت نظیر پودر ماهی دارد.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.2.45]

منابع

Antonova, E., Titov, I., Pashkova, I. and Stom, D., 2021. Vermiculture as a source of animal protein. E3S Web Conf. 254: 08006. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125408006.

Bhuvaneshwaran, T., Sanjay, G., Jayakumar, N., Ahilan, B., Felix, N. and Prabu, E., 2019. Potentiality of Earthworm as a Replacement for Fish Meal and its Role in Aquaculture. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 34:115–127. http://doi.org/10.32381/JAT.2019.34.1-2.10.

Garczynska, M., Kostecka, J., Paczka, G., Mazur-Paczka, A., Cebulak, T. and Butt, K.R., 2023. Chemical Composition of Earthworm (*Dendrobaena veneta* Rosa) Biomass Is Suitable as an Alternative Protein Source. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4):3108. https://doi.org/10.3390/ijerph20043108.

Gunya, B. and Masika, P.J., 2022. *Eisenia fetida* worm as an alternative source of protein for poultry: a review. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42:1–8. https://doi.org/10.1007/s42690-021-00531-6.

Kavle, R.R., Nolan, P.J., Carne, A., Agyei, D., Morton, J.D. and Bekhit, A.E.-D.A., 2023. Earth worming - an evaluation of earthworm (*Eisenia andrei*) as an alternative food source. *Foods*, 12:1948. https://doi.org/10.3390/foods12101948.

Kostecka, J., Garczyńska, M., Pączka, G. and Mazur-Pączka, A., 2022. Chemical composition of earthworm (*Eisenia fetida* Sav.) biomass and selected determinants for its production. *Journal of Ecological Engineering*, 23:169-179. https://doi.org/10.12911/22998993/149940.

Kumlu, M., Beksari, A., Eroldoğan, O.T., Yılmaz, H.A., Sarıipek, M., Kınay, E. and Turchini, G.M., 2018. DHA enrichment of the red earthworm *Eisenia fetida* for improving its potential as dietary source for aquaculture. *Aquaculture*, 496:10-18. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.005.

Kumlu, M., Beksari, A., Yilmaz, H. A., Sariipek, M., Kinay, E., Turchini, G.M. and Eroldogan, O.T., 2021. n-3 LC-PUFA Enrichment Protocol for Red Earthworm, *Eisenia fetida*: A Cheap and Sustainable Method. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21:333-346. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v21_7_03.

Musyoka, S.N., Liti, D.M., Ogello, E. and Waidbacher, H., 2019. Utilization of the earthworm, *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) as an alternative protein source in fish feeds processing: A review. *Aquaculture Research*, 50:2301–2315. https://doi.org/10.1111/are.14091.

Musyoka, S.N., Liti, D.M., Erick, O.O., Meulenbroek, P. and Waidbacher, H., 2020. Using earthworm, *Eisenia fetida*, to bio-convert agro-industrial wastes for aquaculture nutrition. *BioResources*, 15:574-587. https://DOI: 10.15376/biores.15.1.574-587.

Musyoka, S.N. and Nairuti, R., 2021. Application of Vermicompost Fertilizer in Aquaculture Nutrition: Review. *IntechOpen*. DOI:10.5772/intechopen.100326.

Parolini, M., Ganzaroli, A. and Bacenetti, J., 2020. Earthworm as an alternative protein source in poultry and fish farming: Current applications

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.2.45]

and future perspectives. *Science of the Total Environment*, 734:139460. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139460.

Shen, C.H., 2019. Quantification and analysis of proteins. In: Diagnostic molecular biology. (Ed. by: Shen, C.H), pp. 187-214, Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802823-0.00008-0.

Sauvant, D., Perez, J.M. and Tran, G., 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials: Pig, poultry, sheep, goats, rabbits, horses, fish. *Wagening Academic Publishers*, 304P. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-668-7.

Sonntag, E., Vidal, A., Grimm, D., Rahmann, G., van Groenigen, J.W., van Zanten, H. and Parodi, A., 2023. Positioning earthworms in the future foods debate: a systematic review of earthworm nutritional composition in comparison to edible insects. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(5):733-756. https://doi.org/10.1163/23524588-20230163.

Sun, Z. and Jiang, H., 2017. Nutritive evaluation of earthworms as human food. In: Future foods. (Ed. by Mikkola, H.), pp. 127-141, InTech. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70271.

Tacon, A.G.J., Metian, M. and Hasan, M.R., 2009. Feed ingredients and fertilizers for farmed aquatic animals: sources and composition. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, No. 540, Rome, FAO. 209P.

Webster, C.D. and Lim, C.E., 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing, Wallingford, Oxon. 418P.

Yue, S., Zhang, H., Zhen, H., Lin, Z. and Qiao, Y., 2019. Selenium accumulation, speciation and bio accessibility in selenium-enriched earthworm (Eisenia fetida). Microchemical Journal, 145:1-8. https://doi:10.1016/j.microc.2018.10.015.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.2.45]

Earthworm as an Alternative Protein Source in Aquaculture

Mohammad Amini Chermahini[1*]

*m.amini@bkatu.ac.ir

1- Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Khouzestan, Iran, 6361647189

Abstract

In aquaculture, providing economical, nutritious, and environmentally friendly feed has always been one of the biggest challenges. Earthworms, with their high protein content featuring balanced amino acids, as well as suitable fats, minerals, and vitamins, are an optimal option for replacing expensive and scarce protein sources such as fish meal currently in use. Cultivating these worms is simple and low-cost, and given their wide tolerance range of environmental factors, their cultivation is feasible in many areas without the need for special facilities. Another advantage of earthworms is that they are a byproduct of producing organic fertilizer (vermicompost). Vermicompost is made from animal manure or household and agricultural waste, making its production environmentally friendly. Additionally, organic fertilizer can be used to fertilize earthen ponds. Processing and utilizing earthworms in aquaculture feed has been a constraint that has hindered their commercial use. This article presents the nutritional value of earthworms, as well as methods of processing and utilizing them in aquaculture diets.

Keywords: Earthworm, Aquatics Nutrition, Enrichment, Processing

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.2.45]