اثرات جایگزینی پودر کرم خاکی (*Eisenia foetida*) بجای پودر ماهی بر عملکرد رشد، کارآیی غذا و میزان بازماندگی ماهی آنجل (*Pterophyllum scalare*)

مریم نمایی کهل[۱]، ابوالقاسم اسماعیلی فریدونی [۲*]، ایمان حیاتی[۳]

[۱]دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
[۲]دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
[۳]کارشناس شرکت آبزی‌پروری زینتی هامون، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۰

چکیده

در این مطالعه تاثیر جایگزینی پودر کرم خاکی (*Eisenia foetida*) بجای پودر ماهی در جیره غذایی بر شاخص‌های رشد، عملکرد تغذیه و میزان بازماندگی ماهی زینتی آنجل (*Pterophyllum scalare*) بررسی شد. تعداد ۱۲۰ قطعه ماهی (با میانگین طول و وزن اولیه بترتیب ۴ سانتی‌متر و ۴/۲ گرم) در ۴ تیمار (هر کدام در سه تکرار و مجموعا در ۱۲ آکواریوم) شامل جیره حاوی پودر ماهی (شاهد) و جیره‌های حاوی سطوح مختلف جایگزینی (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد پودر کرم خاکی) در قالب طرح کاملا تصادفی به مدت ۸ هفته توزیع شد. نتایج نشان داد که میانگین نرخ رشد روزانه و ضریب رشد ویژه با افزایش سطح جایگزینی تا ۲۰ درصد بطور معناداری افزایش یافته ولی در سطح ۳۰ درصد کاهش یافت ($p\leq$۰/۰۵). بهترین ضریب تبدیل غذایی (۱/۶) در سطح جایگزینی ۲۰ درصد همراه با اختلاف معنادار با سایر گروه‌ها (بین ۲/۸۲-۲/۱۷) به ثبت رسید ($p\leq$۰/۰۵). میانگین درصد افزایش طول بدن در سطح جایگزینی ۲۰ درصد حدودا ۱/۸ برابر گروه شاهد و سطح جایگزینی ۳۰ درصدی و ۱/۵ برابر سطح جایگزینی ۱۰ درصد بود. مقادیر کارآیی غذا در محدوده بین ۶۲-۳۵ درصد قرار داشت و بالاترین مقدار در سطح جایگزینی ۲۰ درصد مشاهده شد ($p\leq$۰/۰۵). سطوح مختلف جایگزینی در مقایسه با گروه شاهد هیچ تاثیری بر میزان بازماندگی ماهیان نداشتند ($p\geq$۰/۰۵). بر اساس نتایج، جایگزینی ۲۰ درصدی پودر کرم *E. foetida* بجای پودر ماهی در جیره منجر به بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای شد. بنابراین استفاده از پودر کرم خاکی به میزان ۲۰ درصد در جیره عملیاتی ماهی آنجل پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: کرم *Eisenia foetida*، ماهی آنجل (*Pterophyllum scalare*)، رشد، تغذیه.

* نویسنده مسئول: a.esmaeili@sanru.ac.ir

مقدمه

با توجه به رشد صنعت آبزی‌پروری و توسعه پرورش متراکم آبزیان، میزان وابستگی به غذای کنسانتره افزایش یافته و برآورد شده است که حدود ۳۰ درصد از کل صید آبزیان برای تولید پودر و روغن ماهی مصرف می‌گردد (New and Wijkstrom, 2002; Turchini *et al.*, 2009). امروزه تهیه پودر ماهی (بعنوان منشاء تامین دو سوم از پروتئین حیوانی در جیره) به دلائلی از جمله افزایش تقاضا، نوسانات در صید و نهایتاً افزایش شدید قیمت به مهم‌ترین چالش تغذیه‌ای تبدیل شده است (Ogunji *et al.*, 2008; NRC, 2011). تلاش‌های گسترده‌ای در جهت جایگزینی پودر ماهی با سایر منابع پروتئینی (گیاهی و جانوری) انجام شد (Tacon and Metian, 2008; Tacon *et al.*, 2010). کاربرد بسیاری از منابع پروتئینی گیاهی در جیره غذایی ماهی به خاطر وجود مواد ضد-تغذیه‌ای (مهارکننده‌های تریپسین، لکتین و ساپونین) و پایین‌بودن قابلیت هضم‌پذیری با محدودیت-های عمده‌ای مواجه‌اند (Krogdahl *et al.*, 1994; Arndt *et al.*, 1999; Francis *et al.*, 2001)؛ در حالی که اکثر منابع پروتئینی جانوری مانند انواع کرم‌های کم‌تار و پرتار، لارو کرمی‌شکل سوسک، و پودر انواع حشرات کمتر با چنین محدودیت‌هایی مواجه‌اند (Barroso *et al.*, 2014; Djissou *et al.*, 2016; Belghit *et al.*, 2018). ارزش غذایی مناسب و برابری نسبی ارزش غذایی منابع پروتئینی جانوری با نیازهای انواع آبزیان (از نظر میزان پروتئین و چربی، داشتن انواع اسیدهای چرب و آمینه) اهمیت تولید انبوه آنها در محیط‌های مناسب پرورشی را دوچندان کرده است (Edwards *et al.*, 2010; Lock *et al.*, 2016; Musyoka *et al.*, 2020). کرم *Eisenia foetida* از کرم‌های خاکی حلقوی شاخه Annelida، خانواده Lumbricidae بوده که بدلیل سرعت رشد مناسب، نرخ بالای تولیدمثل، بلوغ زودرس، تراکم‌پذیری بالا و طول عمر بین ۲-۱ سال قابلیت بالایی جهت پرورش تجاری دارد (Edwards *et al.*, 2010; Fadaee, 2012). امکان تولید انبوه کرم خاکی (Vermiculture) روی بسترهای کم‌ارزش غذایی، انواع کودهای دامی و ضایعات کشاورزی در جهت تبدیل ضایعات و پسماندها به کود نیمه-بیولوژیک ورمی‌کمپوست (Vermicompost manure) وجود دارد (Edwards, 2004). میزان پروتئین خام، چربی و فیبر خام در بدن کرم خاکی به ترتیب در محدوده ۶۷-۵۰، ۹-۶ و کمتر از ۵ درصد (بر اساس وزن خشک) می‌باشد (Dong *et al.*, Ortega *et al.*, 1996; Dynes, 2003; 2010). همچنین، وجود ترکیب مناسب از اسیدهای آمینه ضروری (بغیر از تریپتوفان و کمبود احتمالی فنیل‌آلانین) همراه با مقادیر کافی از اسیدهای چرب (امگا ۳) زمینه استفاده از پودر کرم خاکی در جیره آبزیان را فراهم کرده است (Ng *et al.*, 2001; Isea-León *et al.*, 2019). بنابراین، میزان چربی نسبتاً کم همراه با مقادیر بالای پروتئین در بدن کرم خاکی در مقایسه با سایر غذاهای زنده، آن را در ردیف غذاهای باارزش جهت پوشش نیازهای تغذیه انواع آبزیان پرورشی خوراکی و ماهیان زینتی قرار می‌دهد (Musyoka *et al.*, 2019).

استفاده از پودر کرم خاکی نخستین بار از دهه ۱۹۸۰ در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) آغاز گردید (Tacon *et al.*, 1983). در سال‌های اخیر، پودر کرم خاکی به صورت جایگزین جزیی و یا کلی منابع پروتئینی جیره (پودر ماهی و کنجاله سویا) در رژیم غذایی حیوانات اعم از انواع آبزیان (قزل‌آلا، مارماهی، کپور معمولی، کپور روهو و تیلاپیای نیل)، خوک، دام و طیور گوشتی مطرح شد (Hilton, 1983; Edwards, 2004; Sogbesan and Ugwumba, 2008; Deborah Paripuranam *et al.*, 2011; Pucher *et al.*, 2014; Mohanta *et al.*, 2016; Musyoka *et al.*, 2020). در اکثر مطالعات مشخص شد که امکان جایگزینی (جزئی و در برخی موارد جایگزینی کامل) پودر کرم خاکی در جیره آبزیان بدون اثرات نامطلوب بر شاخص‌های رشد، ضریب تبدیل غذایی، کیفیت لاشه و سلامت ماهیان وجود دارد که این محدوده در جایگزینی جزیی بین ۵۰-۵ درصد گزارش گردید (Stafford and Tacon, 1984, 1985; Velasquez *et al.*, 1991; Cardenete *et al.*, 1993; Nguyen *et al.*, 2010; Rathinamala *et al.*, 2011; Fadaee,

2012; Pucher *et al.*, 2014; Mohanta *et al.*, 2016; Musyoka *et al.*, 2020). همچنین در برخی از مطالعات انجام شده در کشور ایران، امکان گنجاندن پودر کرم‌های خاکی و نرئیس در جیره گونه‌های ماهیان تجاری مانند تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) و قزل‌آلای رنگین‌کمان با مقادیر متفاوت از جایگزینی (بسته به نوع گونه و مرحله رشد) مطرح گردید (Tatina *et al.*, 2010; Allameh *et al.*, 2015; Soleymani *et al.*, 2015). بررسی تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که امکان جایگزینی پودر کرم *E. foetida* در مقیاس تجاری و بخصوص گنجاندن آن در سطوح بالا در جیره غذایی ماهیان تجاری دارای محدودیت‌های متعدد از جمله بالا بودن هزینه تولید جیره می‌باشد (Óscar Pereira and Gomes, 1995; Ogunji *et al.*, 2008; Soleymani *et al.*, 2015; Lock *et al.*, 2016; Belghit *et al.*, 2018). به همین دلیل به نظر می‌رسد که امکان گنجاندن آن در جیره غذایی ماهیان زینتی (بدلیل مصرف بمراتب کمتر غذا در دوره پرورش) امکان‌پذیر و اقتصادی می‌باشد (Ahmadifard *et al.*, 2016; Boaru *et al.*, 2016; Shahgholiyan and Fathollahi, 2016; Barandehnazhad *et al.*, 2017). ماهی زینتی سیچلید آنجل (*Pterophyllum scalare*) بعنوان نوعی ماهی مدل (اندیکاتور) با ظرفیت بالای تولیدمثل، سازگار با ماهیان صلح‌جو و دارای قابلیت تکثیر و پرورش می‌باشد. این ماهی بازارپسندی بالایی در میان ماهیان زینتی داشته و بخش مهمی از تولید ماهیان زینتی را در صنعت آبزی-پروری ماهیان زینتی بخود اختصاص می‌دهد. ماهی آنجل عمدتا رژیم تغذیه‌ای گوشتخواری داشته و بهمین دلیل استفاده از منابع پروتئینی حیوانی (بصورت غذای زنده و یا غذای غیرزنده) در جیره آن بمنظور افزایش سرعت رشد و بهبود شاخص‌های تغذیه‌ای و تولیدمثلی از اهمیت فراوانی از نظر جنبه‌های پرورش و یا مولدسازی برخوردار می‌باشد (Velasco-Santamaría and Corredor-Santamaría, 2011). با توجه به اینکه مطالعات نسبتا محدودی در زمینه گنجاندن پودر کرم *E. foetida* بجای پودر ماهی در جیره ماهیان زینتی انجام شده است (Lewbart, 1998; Reis *et al.*, 2003)؛ لذا در مطالعه حاضر، اثرات جایگزینی سطوح مختلف (جهت تعیین سطح و یا سطوح بهینه) از پودر کرم *E. foetida* بجای پودر ماهی بر شاخص‌های رشد، عملکرد تغذیه‌ای و میزان بازماندگی ماهی آنجل بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

مکان آزمایش

این مطالعه در بهار و تابستان سال ۱۳۹۶ در طی مدت ۸ هفته در کارگاه ماهیان زینتی هامون واقع در احمدآباد مستوفی (در شهرستان کرج- استان البرز) انجـام شـد.

تهیه و آماده‌سازی کرم‌ها

جهت تهیه پودر کرم خاکی، ابتدا توده زنده کرم از شرکت آریا پرتو (تهران، ایران، www.aryaparto.com) خریداری شد. بدین منظور بهترین اندازه کرم خاکی برای تغذیه آبزیان (در اوزان کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم به دلیل کمتر بودن میزان گل و لای و مواد آلی موجود در روده کرم‌ها) تهیه شد. برای خروج کرم‌های زنده از درون ذرات گل و لای و نظر به فتوپریودسیم منفی در آنها، از نوردهی با لامپ‌های فلورسنت در ظروف شفاف دارای درپوش منفذدار (به ابعاد ۱۵×۱۵ سانتی‌متر مربع) استفاده شد. برای تمیز شدن دستگاه گوارش، کرم‌ها به مدت کوتاه (۲۴ ساعت) بدون تغذیه نگهداری و سپس توده کرم جهت حذف آلودگی‌های باقی‌مانده در سطح پوست با آب سرد شسته و با غرق کردن در آب با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد کشته شدند. اجساد تازه کرم‌ها قطعه قطعه و توده حاصله در آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و بعد از آسیاب کردن به حالت کاملا پودری جهت افزودن به جیره‌های آزمایشی درآمد. ترکیب بیوشیمیایی پودر کرم خاکی مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۱ آمده است (AOAC, 2016).

جدول ۱: ترکیب بیوشیمیایی پودر کرم *Eisenia foetida*

ترکیب شیمیایی	مقدار (درصد)
ماده خشک	۹۴/۲
پروتئین خام	۶۹/۳
چربی خام	۸/۳
خاکستر	۱۴/۷

جیره‌های آزمایشی و پرورش بچه ماهیان

تعداد ۱۲۰ قطعه ماهی آنجل (*P. scalare*) بمدت ۱۰ روز و با تغذیه از غذای تجاری شرکت سرا در شرایط سازگاری اولیه قرار گرفت. ماهیان بعد از زیست‌سنجی (میانگین طول اولیه ۴ سانتی‌متر و وزن اولیه ۴/۲ گرم) به طور کاملا تصادفی در ۱۲ آکواریوم (ظرفیت ۸۰ لیتر) با تراکم ۱۰ قطعه ماهی در هر آکواریوم و در ۴ تیمار (هر کدام با سه تکرار) توزیع و با جیره‌های حاوی سطوح صفر (گروه شاهد)، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد پودر کرم خاکی بجای پودر ماهی بمدت ۸ هفته تغذیه شدند.

برای تهیه هر یک از جیره‌ها مقادیر مورد نیاز از مواد خام اولیه با ترازوی دیجیتالی (با دقت یک هزارم) آماده و با مخلوط‌کن به طور کامل ترکیب شدند. میزان پروتئین پودر ماهی و پودر کرم خاکی در مطالعه حاضر به ترتیب ۵۸ و ۶۹ درصد و میزان چربی به ترتیب ۴ و ۸/۳ درصد بود. سپس مخلوط غذایی ابتدا به شکل خمیر و سپس بصورت رشته‌ای درآمده و بمدت ۲۴ ساعت در آون ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. نهایتاً رشته‌های غذا بصورت پلت‌های ۳-۲ میلی‌متری درآمده و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. ساخت غذا در هر دو هفته یک‌بار صورت گرفت. میزان پروتیئن و چربی در ترکیب نهایی جیره‌های آزمایشی به ترتیب حدود ۳۴ و ۹/۵ درصد برآورد گردید (جدول ۲).

در تمام طول دوره پرورش، میزان درجه حرارت آب به طور ثابت در محدوده بین ۲۸-۲۶ درجه سانتی‌گراد توسط بخاری‌های اتوماتیک ۲۰۰ وات (شرکت آتمن) تنظیم شد. طول دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی توسط یک لامپ مهتابی ۴۰ وات در بالای هر آکواریوم با فاصله ۲۰ سانتی‌متر تنظیم شد. در هر دو روز یکبار میزان ۳۰ درصد از حجم آب هر آکواریوم با سیفون کردن تعویض گردید. فیلتراسیون هر یک از آکواریوم‌ها بوسیله بیوفیلترهای ابری و هوادهی لازم توسط سنگ هوا متصل به پمپ مرکزی انجام گرفت. غذادهی ماهیان بصورت دستی و سه نوبت در روز (۰۸:۰۰، ۱۳:۰۰ و ۱۸:۰۰) به میزان ۳ درصد از بیوماس کل (وزن بدن) انجام شد.

جدول ۲: ترکیب محتویات و اجزای جیره مورد استفاده در تیمارهای مختلف در طول دوره آزمایش

محتویات خام جیره	سطوح گنجاندن پودر کرم خاکی (بر حسب درصد) در جیره			
	۰ (شاهد)	۱۰	۲۰	۳۰
کرم خاکی	۰	۱۰	۲۰	۳۰
پودر ماهی	۳۶	۲۶	۱۶	۶
پودر کنجاله سویا	۲۶	۲۳	۲۰	۱۷
پودر گندم	۲۵	۲۳	۲۱	۱۹
ملاس	۳	۳	۳	۳
روغن کانولا	۶	۶	۶	۶
مخلوط ویتامینی	۲	۲	۲	۲
مخلوط مواد معدنی	۲	۲	۲	۲
ترکیب تقریبی جیره (درصد)				
پروتئین خام	۳۴/۳	۳۴/۷	۳۴/۴	۳۴/۱
چربی خام	۹/۳	۹/۴	۹/۳	۹/۵
کربوهیدرات کل*	۵۰	۴۹/۸	۵۰/۱	۵۰/۲
خاکستر	۶/۳۵	۶/۲	۶/۲	۶/۱
انرژی (کیلوژول بر گرم)**	۱۶/۱۱	۱۶/۰۳	۱۶/۲۵	۱۶/۳

* کربوهیدرات کل (درصد) = ۱۰۰ – [پروتئین خام (درصد) + چربی خام (درصد) + خاکستر (درصد)]

** میزان انرژی حاصل از کربوهیدرات، پروتئین و چربی به ترتیب ۱۱، ۲۰/۹ و ۳۵/۱ کیلوژول بر گرم می‌باشد (Brafield, 1985).

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد

در پایان دوره پرورش، ماهیان به مدت ۲۴ ساعت گرسنه نگه داشته شده و سپس توسط پودر گل میخک بیهوش و نمونه‌برداری از ماهیان در هر تکرار انجام گرفت. برای اندازه‌گیری طول و وزن ماهیان به ترتیب از کولیس مدرج و ترازوی یک‌هزارم (مدل AND EK600i) استفاده شد. شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن بدن، میانگین درصد افزایش وزن بدن (Weight growth rate; WGR)، افزایش طول بدن، میانگین درصد افزایش طول بدن (Length growth rate; LGR)، ضریب تبدیل غذایی (Feed conversion ratio; FCR)، متوسط نرخ رشد روزانه (Average daily growth rate; ADG)، ضریب رشد ویژه (Specific growth rate; SGR)، کارآیی غذا (Food efficiency)، فاکتور وضعیت (Condition factor; Cf) و میزان بازماندگی بر اساس روابط زیر محاسبه شد (Hardy and Barrows, 2002).

- افزایش وزن بدن = وزن نهایی (گرم) - وزن اولیه (گرم)
- میانگین درصد افزایش وزن بدن = وزن نهایی (گرم) - وزن اولیه (گرم) / وزن اولیه (گرم) × ۱۰۰
- افزایش طول بدن = طول نهایی (سانتی‌متر) - طول اولیه (سانتی‌متر)
- میانگین درصد افزایش طول بدن = طول نهایی (سانتی-متر) - طول اولیه (سانتی‌متر) / طول اولیه (سانتی‌متر) × ۱۰۰
- ضریب تبدیل غذایی = مقدار غذای خورده شده (گرم) / افزایش وزن بدن (گرم)

- متوسط نرخ رشد روزانه = وزن نهایی (گرم) - وزن اولیه (گرم) / طول دوره آزمایش (روز)
- ضریب رشد ویژه = لگاریتم وزن پایانی (گرم) - لگاریتم وزن اولیه (گرم) / طول دوره آزمایش (روز) × ۱۰۰
- کارآیی غذا = افزایش وزن بدن (گرم) / غذای خشک خورده شده (گرم) × ۱۰۰
- فاکتور وضعیت = [وزن نهایی (گرم) / (طول نهایی (سانتی‌متر)^{۳}] × ۱۰۰
- میزان بازماندگی (درصد) = تعداد ماهیان سالم باقیمانده / تعداد ماهیان سالم اولیه × ۱۰۰

آنالیز آماری

این مطالعه در قالب طرح کاملا تصادفی انجام و تحلیل داده‌ها با روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۰) صورت گرفت. ابتدا داده‌های حاصله بـا آزمـون کولموگروف -اسـمیرنوف بررسـی و نرمال شدند. برای مقایسه میانگین داده‌های حاصل از اجرای تیمارهای آزمایشی از آزمون توکی در سطح معنادار ۵ درصد ($p\leq۰/۰۵$) استفاده شد. پردازش داده ها و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج

مقایسه شاخص‌های رشد در طول دوره پرورش (جدول ۳) در تیمارهای مختلف نشان داد که بالاترین افزایش وزن و طول بدن در سطح جایگزینی ۲۰ درصد همراه با اختلافات معنادار نسبت به سایر سطوح جایگزینی به دست آمد ($p\leq۰/۰۵$). همچنین، میزان رشد طولی و وزنی بدن از سطح جایگزینی صفر تا ۲۰ درصد روند افزایشی داشته ولی در سطح ۳۰ درصد کاهش معنادار نشان داد ($p\leq۰/۰۵$). هیچ‌گونه اختلاف معناداری در گروه شاهد با سطح جایگزینی ۳۰ درصد از نظر افزایش وزن و طول بدن مشاهده نشد ($p\geq۰/۰۵$). مقادیر فاکتور وضعیت در محدوده بین ۲/۹-۲ برآورد شد و اختلاف معناداری در بین تیمارهای مختلف دیده نشد ($p\geq۰/۰۵$). میانگین درصد افزایش طول بدن در سطح جایگزینی ۲۰ درصدی پودر کرم خاکی حدودا ۱/۸ برابر گروه شاهد و سطح جایگزینی ۳۰ درصد بود؛ در حالیکه این میزان ۱/۵ برابر بالاتر از سطح جایگزینی ۱۰ درصدی بود. همچنین، هیچ-گونه اختلاف واضحی بین گروه شاهد با سطح جایگزینی ۳۰ درصد مشاهده نشد ($p\geq۰/۰۵$). متوسط رشد روزانه و ضریب رشد ویژه در تیمارهای مختلف اختلافات معناداری نشان داد ($p\leq۰/۰۵$)؛ به طوریکه مقادیر این شاخص‌ها با افزایش میزان جایگزینی تا سطح ۲۰ درصد افزایش و سپس روند نزولی را تا سطح ۳۰ درصد نشان داد.

جدول ۳: شاخص‌های رشد، تغذیه و میزان بازماندگی ماهی آنجل تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پودر کرم خاکی در طول دوره پرورش

تیمارها / شاخص‌ها	سطوح گنجاندن پودر کرم خاکی (درصد)			
	۰ (شاهد)	۱۰	۲۰	۳۰
وزن اولیه (گرم)	۴/۲±۰/۲	۴/۱±۰/۸	۴/۱±۰/۶	۴/۲±۰/۳
وزن نهایی (گرم)	۵/۹۷±۰/۲ c	۶/۳۷±۰/۶ b	۷/۲۳±۰/۳ a	۵/۹۴±۰/۳ c
افزایش وزن بدن (گرم)	۱/۸۴±۰/۰۳ c	۲/۲۱±۰/۰۴ b	۳/۰۲±۰/۰۲ a	۱/۷۱±۰/۰۶ c
افزایش وزن بدن (درصد)	۴۴/۵۴±۰/۶۳ c	۵۳/۲۱±۱/۱ b	۷۱/۷۹±۰/۸ a	۴۰/۴۸±۱/۷۱ c
طول اولیه (سانتی‌متر)	۴/۱۸±۰/۶	۴/۲۳±۰/۳	۴/۲±۰/۵	۴/۲۱±۰/۴
طول نهایی (سانتی‌متر)	۵/۸۸±۱/۲ c	۶/۳۷±۱/۴ b	۷/۲۳±۱/۱ a	۵/۹۹±۰/۶ c
افزایش طول بدن (سانتی‌متر)	۱/۷±۰/۲۳ c	۲/۱۵±۰/۶۱ b	۳±۰/۵ a	۱/۷۶±۰/۴۱ c
افزایش طول بدن (درصد)	۴۰/۶۷±۲/۸ c	۵۰/۵۹±۳/۲ b	۷۲/۱۴±۵/۳ a	۴۲/۲۸±۲/۶ c
فاکتور وضعیت	۲/۹۳±۰/۴	۲/۴۶±۰/۴۵	۲±۰/۳	۲/۷۶±۰/۶
ضریب تبدیل غذایی	۲/۶۱±۰/۰۴ c	۲/۱۷±۰/۰۴ b	۱/۶±۰/۰۳ a	۲/۸۲±۰/۱ c
متوسط نرخ رشد روزانه	۰/۰۵±۰/۰۱ c	۰/۰۶±۰/۰۲ b	۰/۰۸±۰/۰۳ a	۰/۰۴±۰/۰۲ c
ضریب رشد ویژه (درصد / روز)	۰/۹۲±۰/۰۲ c	۱/۰۷±۰/۰۱ b	۱/۳۵±۰/۰۳ a	۰/۸۵±۰/۰۳ c
کارآیی غذا	۳۸/۳۳±۰/۵۱ c	۴۶/۱۱±۰/۸۵ b	۶۲/۹۱±۰/۹ a	۳۵/۶۳±۱/۲۵ c
میزان بازماندگی (درصد)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

*حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنادار است ($p\leq۰/۰۵$).

شاخص‌های تغذیه‌ای در طول دوره پرورش (جدول ۳) نشان از بهبود بسیاری از آنها تا سطح گنجاندن ۲۰ درصد پودر کرم بجای پودر ماهی داشت. مطلوب‌ترین ضریب تبدیل غذایی در سطح جایگزینی ۲۰ درصد (۱/۶) در مقایسه با سایر سطوح (محدوده ۲/۸-۲/۲) حاصل گردید ($p\leq۰/۰۵$). مقادیر کارآیی غذا در محدوده بین ۶۲-۳۵ درصد همراه با اختلافات معنادار بین سطوح مختلف قرار گرفت و بالاترین مقادیر در سطوح جایگزینی ۲۰ درصد مشاهده شد ($p\leq۰/۰۵$). در طول دوره پرورش، هیچ‌گونه تلفاتی در ماهیان در تیمارهای مختلف آزمایشی مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از انواع غذاهای زنده به صورت‌های مختلف (زنده، پودری، خشک شده و منجمد شده) به دلیل غنی‌بودن از نظر ترکیب بیوشیمیایی می‌تواند نقش مهمی در بهبود میزان رشد، افزایش بازماندگی و ارتقاء سیستم ایمنی بدن در آبزیان ایجاد نماید (Fadaee, 2012; Musyoka *et al.*, 2019). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که جایگزینی ۲۰ درصدی پودر کرم خاکی (همراه با ۱۶ درصد پودر ماهی در جیره) نسبت به سایر جیره‌ها اثرات بهتری بر فاکتورهای رشد و تغذیه ماهی آنجل داشت. با این حال، جایگزینی سطح ۱۰ درصدی پودر کرم خاکی عملکرد رشدی کمتر و نهایتا جیره‌های شاهد و ۳۰ درصدی کم-ترین عملکرد را از نظر شاخصه‌های رشد و تغذیه ایجاد

کردند. از این نظر یافته‌های این مطالعه با برخی از محققین مطابقت و در برخی موارد نیز هم‌خوانی ندارد. چنین نتایج کاملا متفاوت در مطالعات سایر محققین نیز گزارش گردید که دلائل آن را می‌توان به نوع گونه و مراحل رشد ماهی، نوع جیره‌های غذایی، میزان سطح جایگزینی، نوع گونه کرم و مدل استفاده از آن (پودر خشک شده، منجمد، تازه و عمل‌آوری شده) نسبت داد. به عنوان مثال، Ng و همکاران (۲۰۰۱) در گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) گزارش کردند که افزایش نسبی رشد را می‌توان حتی تا سطح ۴۰ درصد از پودر کرم خاکی بجای پودر ماهی هم مشاهده نمود، درحالیکه جایگزینی کامل پروتئین جیره با پودر کرم خاکی منجر به کاهش شدید رشد گردید. Hilton (۱۹۸۳) بیان داشت که جایگزینی پودر کرم خاکی (*Eudrilus eugeniae*) بجای پودر ماهی در غذای قزل-آلا تا سطح ۵۰ درصد اختلاف معناداری در رشد ایجاد نمی‌کند. بعلاوه Óscar Pereira و Gomes (۱۹۹۵) با جایگزینی کرم خاکی منجمد شده *E. foetida* در غذای قزل‌آلا (در سطوح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) بیان کردند که اختلافی در وزن نهایی مابین تیمارها مشاهده نشد. Velasquez و همکاران (۱۹۹۱) اثرات مثبت جایگزینی پودر کرم خاکی *E. foetida* بجای پودر ماهی (در سطوح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) در جیره قزل‌آلا را گزارش کردند که نتایج آنها حاکی از افزایش بالاتر میزان رشد ماهی، کاهش ضریب تبدیل غذایی و کارآیی پروتئین در جایگزینی‌های ۲۵ و ۵۰ درصدی داشت. آنها عنوان کردند هیچ یک از جیره‌ها برای سلامت ماهیان زیان‌آور نبود ولی سطوح بالاتر از ۵۰ درصد اثرات منفی بر شاخص‌های رشد و تغذیه داشتند. همچنین، Musyoka و همکاران (۲۰۲۰) عملکرد رشد و بیوماس کل تولید را در ماهی تیلاپیای نیل (*O. niloticus*) در سطح جایگزینی ۳۰ درصدی پودر کرم بجای پودر ماهی در مقایسه با سایر سطوح (۶۰ و ۱۰۰ درصد) عنوان کردند در حالیکه میانگین درصد افزایش طول بدن و ضریب تبدیل غذایی اختلافات معناداری را در بین گروه‌های مختلف تغذیه‌ای نشان نداد. بطور مشابهی، Vodounnou و همکاران (۲۰۱۶) در بچه ماهیان ماهی مات سرماری شکل (*Parachanna obscura*) عملکرد رشد و سرعت رشد ویژه بالاتری (۲/۱ گرم در روز در مقایسه با ۱/۵ گرم در روز) را در سطح جایگزینی ۲۵ درصدی پودر کرم خاکی بجای پودر ماهی گزارش کردند. برخلاف یافته‌های فوق، De Chaves و همکاران (۲۰۱۵) در بچه ماهیان کپور معمولی (*C. carpio*) و تیلاپیای نیل (*O. niloticus*) بیان کردند که سرعت رشد ویژه بچه ماهیان تغذیه کرده از پودر کرم خاکی در مقایسه با پودر ماهی (بترتیب ۲ و ۱/۳ گرم در روز در مقایسه با ۲/۲ و ۲ گرم در روز) کاهش یافت.

چنین شواهدی نشان می‌دهند که استفاده و گنجاندن پودر کرم خاکی قابلیت پذیرش در جیره غذایی آبزیان را داشته و تا سطوح مشخص (بسته به نوع گونه و سن) اثرات منفی بر شاخصه‌های رشدی ندارد (Velasquez *et al.*, 1991; Óscar Pereira and Gomes, 1995; Musyoka *et al.*, 2020). کاهش عملکردهای رشد در ماهیان تغذیه کرده با پودر کرم خاکی در سطوح بالاتر جایگزینی احتمالا بیانگر این نکته می‌باشد که امکان توسعه و تشکیل پروتئین جهت رشد بدلیل کمبود برخی از اسیدهای آمینه ضروری در بدن کرم خاکی فراهم نمی-باشد (Musyoka *et al.*, 2020). همچنین استفاده از یک گونه پودر کرم خاکی نمی‌تواند کلیه نیازهای ماهیان را تامین نموده و در برخی از مطالعات استفاده توام از چند گونه پودر کرم خاکی (از گونه‌های مختلف) پیشنهاد گردید. در هر حال به نظر می‌رسد که در چنین مواردی نیز استفاده از سطوح بالا منجر به کاهش شاخص‌های رشد می‌گردد. چنین روندی بطور واضح توسط Tacon و Stafford (۱۹۸۴ و ۱۹۸۵) در جایگزینی پودر کرم خاکی (گونه‌های *Dendrodilus subrubicundus* و *E. foetida*) بجای پودر ماهی هرینگ (در سطوح صفر، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) در جیره قزل‌آلا بیان شد بطوریکه سطوح پایین جایگزینی (تا ۱۰ درصد) کاهش معنادار در رشد ماهی ایجاد نکرد؛ ولی جایگزینی‌های ۵۰

و ۱۰۰ درصدی سبب کاهش شدید در میزان افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی شدند.

استفاده از پودر کرم خاکی در جیره غذایی ماهیان زینتی نیز نتایج بعضا متفاوتی را نشان داد. به عنوان مثال، Ahmadifard و همکاران (۲۰۱۶) در جایگزینی (در سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) پودر کرم خاکی بجای غذای تجاری بیومار در ماهی زینتی دم‌شمشیری (*Xiphophorus helleri*) عنوان کردند که سطوح مختلف بر رشد و بقاء ماهی اثرات واضح ندارد ولی گنجاندن ۲۵ درصدی پودر کرم خاکی اثرات مثبت‌تری بر تولید لارو در مولدین داشت و این سطح را مناسب‌ترین سطح جایگزینی پیشنهاد کردند. در حالیکه Boaru و همکاران (۲۰۱۶) در ماهی دم‌شمشیری (*X. helleri*) بهترین عملکرد رشد را در جایگزینی ۱۰ درصدی پودر کرم خاکی بجای پودر ماهی بیان کردند و سطح ۲۰ درصدی منجر به بهبود شاخص‌های رشد نگردید که از این نظر یافته‌های مطالعه حاضر در زمینه میزان گنجاندن با آنها هم‌خوانی ندارد ولی در اثرات منفی بر رشد در سطوح بالا مطابقت دارد. Barandehnezhad و همکاران (۲۰۱۷) در مقایسه گنجاندن پودر خشک شده کرم خاکی، مخلوط ۵۰:۵۰ درصدی پودر کرم خاکی با غذای بیومار، و جیره خالص بیومار بر شاخصه‌های رشد (وزن بدن، سرعت رشد ویژه و رشد روزانه لاروها) و میزان بازماندگی لارو در ماهی گوپی (*Poecilia reticulata*) بیان کردند که جیره مخلوط ۵۰:۵۰ درصدی (جایگزینی ۵۰ درصد) عملکرد بهتری در مقایسه با سایر جیره‌های غذایی داشت. با این حال، Kostecka و Pączka (۲۰۰۶) در جایگزینی ۱۰۰ درصدی پودر ماهی با پودر کرم *E. foetida* نشان از بازماندگی بالاتر، افزایش بیوماس تولید ماهی و بهبود شاخص‌های تولیدمثلی در ماهی زینتی گوپی (*Poecilia reticulata*) را گزارش کردند.

بالا بودن مقدار پروتئین کرم خاکی خشک شده (معمولا تا ۷۰ درصد وزن خشک) سبب افزایش ارزش غذایی، بهبود ضریب تبدیل غذا و افزایش رشد در آبزیان می‌گردد به طوریکه ضریب تبدیل یک کیلوگرم کرم خاکی خشک حدودا ۱/۲ گزارش گردید (Musyoka *et al.*, 2019, 2020). در نتایج سایر مطالعات نیز بهبود کارآیی غذا و ضریب تبدیل غذایی در جایگزینی‌های پودر کرم خاکی بجای پودر ماهی گزارش گردید. به عنوان مثال، Deborah Paripuranam و همکاران (۲۰۱۱) بالاترین میزان سرعت رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و کارآیی غذا را در ماهی روهو (*Labeo rohita*) تغذیه شده با جایگزینی ۹ درصد پودر کرم خاکی بجای پودر ماهی (در جایگزینی ۵۰ درصد از پروتئین جیره) گزارش کردند.

تاکنون در اکثر مطالعات قبلی، گنجاندن پودر کرم *E. foetida* در سطح بالاتر از ۲۵ درصد سبب کاهش رشد گردید که دلائل اصلی آن به وجود ترکیبات کیتینی غیرقابل هضم و مایعات سلومیک با طعم (بوی) نامطلوب مرتبط بوده که نهایتا منجر به قابلیت هضم پایین‌تر و عدم خوش خوراکی جیره‌های غذایی حاوی پودر کرم می‌شود (Dedeke *et al.*, 2013; Musyoka *et al.*, 2019, 2020). بطور کلی مایع سلومیک بدن کرم خاکی نقش مهمی در تامین سیستم ایمنی کرم‌ها ایفاء می‌کند. این مایع در بسیاری از گونه‌ها از جمله کرم *E. foetida* دارای ترکیبات سمی برای مصرف‌کنندگان و احتمالا عدم خوش‌خوراکی جیره‌های حاوی پودر کرم در غذا می‌شود. از این رو احتمالا یکی از دلائل مهم در کاهش میزان رشد، عدم کارآیی غذا و افزایش ضریب تبدیل غذایی در سطوح بالای گنجاندن پودر کرم خاکی (بالاتر از ۲۰ درصد در مطالعه حاضر) به وجود چنین ترکیباتی مرتبط می‌باشد (Kobayashi *et al.*, 2001). چنین مشکلی احتمالا با عمل‌آوری مناسب کرم‌ها کمتر و یا مرتفع شده که این مسئله اهمیت عمل‌آوری کرم‌ها جهت تغذیه در آبزی-پروری را در مطالعات آینده نمایان می‌سازد (Kobayashi *et al.*, 2001; Musyoka *et al.*, 2020).

در یک نگاه واقع‌بینانه می‌توان گفت که گنجاندن پودر کرم خاکی در جیره ماهیان زینتی با تولید کرم‌ها در مقیاس کوچک می‌تواند قابل توجیه بوده و گنجاندن آن در جیره را اقتصادی نماید. این وضعیت قبلا در ماهیان تجاری در مطالعات Pucher و همکاران (۲۰۱۴) در ماهی

کپور معمولی (در سطوح گنجاندن ۵۰ و ۱۰۰ درصدی) و تیلاپیای نیل (در سطح جایگزینی ۳۰ درصدی) و همچنین در ماهیان زینتی در مطالعه Kostecka و Pączka (۲۰۰۶) گزارش گردید به طوریکه شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای این ماهیان در مزارع پرورش نیمه-متراکم در مقیاس کوچک (semi-intensive small-scale farms) بهبود یافته و تولید ماهی را اقتصادی نموده است.

توصیه ترویجی

بر اساس نتایج مطالعه حاضر گنجاندن ۲۰ درصد پودر کرم خاکی بجای پودر ماهی در جیره ماهی زینتی آنجل منجر به بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای شده ولی سطوح بالاتر اثرات منفی در این ماهی و احتمالا سایر ماهیان زینتی ایجاد می‌نماید. با توجه به افزایش شدید قیمت پودر ماهی، گنجاندن کرم خاکی در جیره ماهیان زینتی در صورت اعمال مدیریت بهینه در زمینه قیمت محصول تولیدی (کرم خاکی)، از نظر عملیاتی امکان‌پذیر و اقتصادی می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مدیران و پرسنل محترم کارگاه ماهیان زینتی هامون (واقع در احمدآباد مستوفی، کرج، استان البرز) که صمیمانه کلیه امکانات لازم برای این تحقیق را فراهم کردند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Ahmadifard, N., Sotudeh, M. and Imani, A., 2016. Effect of commercial food replacement with earthworm (*Eisenia foetida*) on growth, survival, the number of larvae and their resistance to salinity stress in swordtail fish (*Xiphophorus helleri*). Iranian Scientific Fisheries Journal, 25(3):235-242.

Allameh, S.K., Azarbayejani, A., Mohammadi, M. and Akhundi, A., 2015. Study of fish meal substitution with earthworm in diet of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Iranian Scientific Fisheries Journal, 24(3):59-69.

AOAC 2016. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 20th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA

Arndt, R.E., Hardy, R.W., Sugiura, S.H. and Dong, F.M., 1999. Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour in feeds for Coho Salmon, Oncorhynchus kisutch. Aquaculture, 180:129-145.

Barandehnezhad, N., Monshadi, A.G. and Tarahommi, M., 2017. The effect of Eisenia foetida on growth and survival factors of Poecilia reticulata in comparison with commercial biomar food. Journal of Animal Biology, 10(1):13-22.

Barroso, F.G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A. and Pérez-Bañón, C., 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. Aquaculture, 422-423:193-201.

Belghit, I., Liland, N.S., Waagbø, R., Biancarosa, I., Pelusio, N., Li, Y., Krogdahl, Å. and Lock, E.J., 2018. Potential of insect-based diets for Atlantic salmon (Salmo salar). Aquaculture, 491:72-81.

Boaru, A., Struţi, D., Dărăban, S.V. and Georgescu, B., 2016. The effect of using earthworm meal (Eisenia foetida) as protein supplement for the growth of Xiphophorus hellerii juveniles. Poeciliid Research, 6(1):4-9.

Brafield, A.E., 1985. Laboratories studies on energy budgets. In: Tytler, P., (ed). Fish Energetic: New Perspective, Croom Helm, London, UK. pp 257-281.

Cardenete, G., Garzon, A., Moyano, F. and De-La-Higuera, M., 1993. Nutritive utilization of earthworm protein by fingerling rainbow trout. France Institute National DE LA Recherch- Ayronomique, 61:923-926.

Deborah Paripuranam, T., Divya, V.V., Ulaganathan, P., Balamurugan, V. and Umamaheswari, S., 2011. Replacing fish meal with earthworm and mushroom meals in practical diets of Labeo rohita and Hemigrammus caudovittatus fingerlings. Indian Journal of Animal Research, 45:115-119.

De Chaves, R.C., Paula, R.Q., Gücker, B., Marriel, I.E., Teixeira, A.O. and Boëchat, I.G., 2015. An alternative fish feed based on earthworm and fruit meals for tilapia and carp postlarvae. Brazilian Journal of Biosciences, 13(1):15-24.

Dedeke, G.A., Owa, S.O., Olurin, K.B., Akinfe, A.O. and Awotedu, O.O., 2013. Partial replacement of fish meal by earthworm meal (Libyodrilus violaceus) in diets for African catfish, Clarias gariepinus. International Journal of Fisheries and Aquaculture, 5:229-233.

Djissou, A.S.M., Adjahouinou, D.C., Koshio, S. and Fiogbe, E.D., 2016. Complete replacement of fish meal by other animal protein sources on growth performance of Clarias gariepinus fingerlings. International Aquatic Research, 8:333-341.

Dong, X.H., Guo, Y.X., Ye, J.D., Song, W.D., Huang, X.H. and Wang, H., 2010. Apparent digestibility of selected feed ingredients in diets for juvenile hybrid tilapia, Oreochromis niloticus × Oreochromis aureus. Aquaculture Research, 41:1356-1364.

Dynes, R.A., 2003. Earthworms: Technology information to enable the development of earthworm production. In: Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC) Government of Australia, Canberra, Publication No. 03/085, 23 September. pp 1-33.

Edwards, C.A., 2004. Earthworm ecology. The use of earthworms in the breakdown of organic wastes to produce vermicomposts and animal feed protein. 2nd edition. CRC Press, 448p.

Edwards, C.A., Arancon, N.Q. and Sherman, R.L., 2010. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. CRC Press, 578p.

Fadaee, R., 2012. A review on earthworm Esienia fetida and its applications. Annals of Biological Research, 3(5):2500-2506.

Francis, G., Makkar, H.P. and Becker, K., 2001. Anti-nutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture, 199:197-227.

Hardy, R.W. and Barrows, F.T., 2002. Diet formulation and manufacture. In: Halver, J.E., (ed). Fish Nutrition, 3rd edn. Academic Press, NY, pp 505-600.

Hilton, J., 1983. Potential of freeze-dried worm meal as a replacement for fish meal in trout diet formulations. Aquaculture, 32:277-283.

Isea-León, F., Acosta-Balbás, V., Rial-Betancoutd, L.B., Medina-Gallardo, A.L. and Célestin, B.M., 2019. Evaluation of the fatty acid composition of earthworm Eisenia andrei meal as an alternative lipid source for fish feed. Journal of Food and Nutrition Research, 7(10):696-700.

Kobayashi, H., Ohtomi, M., Sekizawa, Y. and Ohta, N., 2001. Toxicity of coelomic fluid of the earthworm Eisenia foetida to vertebrates but not to invertebrates:

Probable role of sphingomyelin. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology, 128:401-411.

Kostecka, J. and Pączka, G., 2006. Possible use of earthworm Eisenia foetida (Sav.) biomass for breeding aquarium fish. European Journal of Soil Biology, 42:231-233.

Krogdahl, A., Lea, T.B. and Olli, J.J., 1994. Soybean proteinase inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acid digestibility in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Physiology, 107:215-219.

Lewbart, G.A., 1998. Ornamental Fish, Self - Assessment Color. Anson Publishing. 192p.

Lock, E.R., Arsiwalla, T. and Waagbø, R., 2016. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (Salmo salar) postsmolt. Aquaculture Nutrition, 22(6):1202-1213.

Mohanta, K.N., Subramanian, S. and Korikanthimath, V.S., 2016. Potential of earthworm (Eisenia foetida) as dietary protein source for rohu (Labeo rohita) advanced fry. Cogent Food and Agriculture, 2:1138594.

Musyoka, S.N., Liti, D.M., Ogello, E. and Waidbacher, H., 2019. Utilization of the earthworm, Eisenia foetida (Savigny, 1826) as an alternative protein source in fish feeds processing: A review. Aquaculture Research, 50(9):2301-2315.

Musyoka, S.N., Liti, D., Ogello, E.O., Meulenbroek, P. and Waidbacher, H., 2020. Earthworm, Eisenia foetida, bedding meal as potential cheap fishmeal replacement ingredient for semi-intensive farming of Nile Tilapia, Oreochromis niloticus. 51(6): 2359-2368.

New, M.B. and Wijkstrom, D., 2002. Use of fishmeal and fish oil in aquafeeds: further thoughts on the fishmeal trap. FAO Fisheries Circular No. 975. FAO, Rome. 61p.

Ng, W.K., Liew, F.L., Ang, L.P. and Wong, K.W., 2001. Potential of meal worm (Tenebrio molitor) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, Clarias gariepinus. Aquaculture Research, 32:273-280.

Nguyen, H.Y.N., Preston, T.R., Ogle, B. and Lundh, T., 2010. Effect of earthworms as replacement for trash fish and rice field prawns on growth and survival rate of marble goby (Oxyeleotris marmoratus) and tra-catfish (Pangasius hypophthalmus). MSC Thesis, Giang University of Mekarn-Slu, Vietnam.

N.R.C., 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academic Press, Washington, DC, USA. 392p.

Ogunji, J.O., Kloas, W., Wirth, M., Neumann, N. and Pietsch, C., 2008. Effect of housefly maggot meal (magmeal) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of Oreochromis niloticus fingerlings. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 92:511-518.

Ortega, C.M., Reyes, O.A. and Mendoza, M.G., 1996. Chemical composition of earthworm (Eisenia foetida and Lumbricus rubellus) silages. Archivos Latinoamericanos de Nutricion, 46:325-328.

Óscar Pereira, J. and Gomes E.F., 1995. Growth of rainbow trout fed a diet supplemented with earthworms, after chemical treatment. Aquaculture International, 3:36-42.

subrubicundus, grown on domestic sewage in trout diets. Agricultural Wastes, 9:249-266.

Stafford, E.A. and Tacon, A.G.J., 1985. The nutritional evaluation of dried earthworm meal (Eisenia foetida) included at low levels in production diets for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture, 16(3):213-222.

Tacon, A., Hasan, M., Allan, G., El-Sayed, A., Jackson, A., Kaushik, S., Ng, W., Suresh, V. and Viana, M., 2010. Aquaculture feeds: addressing the long-term sustainability of the sector. In: Farming the waters for people and food. Proceedings of the global conference on aquaculture. Phuket, Thailand. 896p.

Tacon, A.G. and Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aqua-feeds: trends and future prospects. Aquaculture, 285:146-158.

Tacon, A.G.J., Stafford, E.A. and Edwards, C.A., 1983. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout. Aquaculture, 35(3):187-199.

Tatina, M., Pazhand, Z.A. and Gharibkhani, M., 2010. The effect of Daphnia and Nereis meal in diet on survival and some growth indices of Iranian sturgeon larvae (Acipenser persicus). Journal of Marine Biology, 2(7):27-36.

Turchini, G.M., Torstensen, B.E. and Ng, W.K., 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. Reviews in Aquaculture, 1:10-57.

Velasco-Santamaría, Y. and Corredor-Santamaría, W., 2011. Nutritional requirements of freshwater ornamental fish: a review. Revista MVZ Córdoba, 16(2): 2458-2469.

Pucher, J., Nguyen Ngoc, T., Yen, T.T.H., Mayrhofer, R., El-Matbouli, M. and Ulfert, F., 2014. Earthworm meal as fishmeal replacement in plant based feeds for common carp in semi-intensive aquaculture in rural northern Vietnam. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 14:557-565.

Rathinamala, J., Jayashree, S. and Lakshmanaperumalsamy, P., 2011. A field study on earthworm population in grass land and chemical fertilized land. Scholars Research Library, Annals of Biological Research, 2:260-267.

Reis, R.E., Kullander, S.O. and Ferraris, C.J., 2003. Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Museu de Ciências e Tecnologia, Edipucrs, 729p.

Shahgholiyan, T. and Fathollahi, M., 2016. The application of earthworms grown with natural-colored plant-based foods in the diet to enhance the color of Perth (Amphilophus citrinellus × Paraneetroplus melanurus). Journal of Animal Research- Iranian Journal of Biology, 29(3):307-317.

Sogbesan, A. and Ugwumba, A., 2008. Nutritional values of some non-conventional animal protein feedstuffs used as fishmeal supplement in aquaculture practices in Nigeria. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 8:159-164.

Soleymani, M., Sajjadi, M., Falahatkar, B. and Yazdani, M.A., 2015. Replacement of fish meal with Eisenia foetida meal in the diet of Acipenser baerii and its effect on growth performance, food efficiency and carcass composition. Journal of Aquatic Ecology, 5(3):21-30.

Stafford, E. and Tacon, A., 1984. Nutritive value of the earthworm, Dendrodrilus

Velasquez, L., Ibanez, I., Herrera, C. and Oyarzun, M., 1991. A note on the nutritional evaluation of worm meal (Eisenia feotida) in diets for rainbow trout. Animal Production, 53:119-122.

Vodounnou, D.S., Juste, V., Kpogue, D.N.S., Apollinaire, M.G. and Didier, F.E., 2016. Culture of earthworm (Eisenia fetida), production, nutritive value and utilization of its meal in diet for Parachanna obscura fingerlings reared in captivity. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 4(5), 1-5.

Replacement effects of earthworm meal (*Eisenia foetida*) instead of fish meal on growth performance, feed efficiency, and survival rate of angelfish (*Pterophyllum scalare*)

Namaei Kohal M.[1]; Esmaeili Fereidouni A. [2*]; Hayati I. [3]

[1]Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
[2]Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
[3]Hamoon Ornamental Fish Culture Center, Karaj, Iran.

Received: Jun 2021 Accepted: August 2021

Abstract

In the present study, the dietary replacement effects of earthworm meal (*Eisenia foetida*) instead of fish meal were evaluated on growth, feeding performance, and survival rate of angelfish (*Pterophyllum scalare*). Fish (*n*=120; mean initial length and weight of 4 cm and 4.2 g, respectively) were distributed in four treatments (each with three replicates, totally in 12 aquariums) containing: fish meal diet (control), and three different inclusion levels of earthworm meal (10, 20, and 30%) instead of fish meal in a completely randomized design for 8 weeks. The results showed that the average daily growth rate and specific growth rate increased significantly with increasing the replacement level up to 20% but decreased at the level of 30% ($p \leq 0.05$). The best feed conversion ratio (FCR = 1.6) was recorded at the replacement level of 20% with a significant difference with other groups (FCR = 2.17-1.82) ($p \leq 0.05$). The average percentage of increase in body length at the replacement level of 20% was approximately 1.8 times that of the control group and the replacement level of 30% and 1.5 times the replacement level of 10%. Food efficiency values were in the range of 35-62%; and the highest value was observed at the replacement level of 20% ($p \leq 0.05$). Different levels of replacements had no effect on fish survival compared to the control group ($p \geq 0.05$). According to the results, a 20% replacement of *E. foetida* meal instead of fish meal in the diet improved growth and nutritional indices. Therefore, the use of earthworm meal at a rate of 20% is recommended in the functional diet of angelfish.

Keywords: Earthworm (*Eisenia foetida*), Angelfish (*Pterophyllum scalare*), Growth, Nutrition.

*Corresponding author: a.esmaeili@sanru.ac.ir