

اثر جایگزینی پودر کرم خاکی (*Eisenia fetida*) با پودر ماهی، همراه با استفاده از پودر سیر در جیره، بر پارامترهای رشد، ترکیب لاشه و هضم پذیری در قزل آرای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

بهزاد رزاقی^۱، سکینه یگانه^{۲*}، عبدالصمد کرامت امیرکلایی^۱، خسرو جانی خلیلی^۲

۱. دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۲. دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳. کارشناس گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱/۲۹

چکیده

مطالعه حاضر جهت بررسی اثر سطوح مختلف جایگزینی پودر کرم خاکی (*Eisenia fetida*) بر پارامترهای رشد، ترکیب لاشه و هضم پذیری بچه ماهیان قزل آرای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به مدت ۸ هفته انجام شد. برای این منظور سطوح مختلف جایگزینی پودر کرم خاکی با پودر ماهی شامل صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، با و بدون ۲/۵ درصد پودر سیر در جیره در نظر گرفته شد. ماهیان با میانگین وزن 30 ± 0.127 گرم در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار (سه تکرار) در شرایط یکسان پرورش داده شدند. در طول دوره میانگین دما 12.28 ± 2.14 درجه سانتی گراد و اکسیژن 6.32 ± 1.12 میلی گرم بر لیتر بود. در پایان آزمایش، شاخص های رشد، ترکیب لاشه و هضم پذیری تعیین گردید. نتایج نشان داد که افزایش جایگزینی پودر کرم خاکی باعث کاهش معنی دار در وزن پایانی، نرخ رشد ویژه و افزایش ضریب تبدیل غذایی در ماهی ها شد و به طور معکوس افزودن پودر سیر موجب افزایش وزن نهایی و نرخ رشد ویژه و کاهش ضریب تبدیل غذایی شد ($P < 0.05$). اثر پودر سیر بر ترکیبات لاشه معنی دار نبود، اما افزایش سطح جایگزینی کرم خاکی باعث کاهش رطوبت و چربی و افزایش پروتئین و خاکستر لاشه شد ($P < 0.05$). هضم پذیری ماده خشک با افزایش سطح جایگزینی تا سطح ۲۵ درصد (بدون پودر سیر) تفاوت معنی داری نداشت ($P > 0.05$) و در سطح ۵۰ درصد کاهش معنی داری یافت ($P < 0.05$) و افزودن سیر موجب کاهش معنی دار در هر سطح جایگزینی شد ($P < 0.05$). هضم پذیری چربی و پروتئین در تیمارهای پودر کرم خاکی افزایش معنی داری نسبت به تیمار شاهد داشت ($P < 0.05$)، اما افزودن سیر تفاوت معنی داری در هضم پذیری چربی و پروتئین (به جز ۵۰ درصد جایگزینی) در هر سطح جایگزینی نشان نداد ($P > 0.05$). نتایج نشان داد می توان کرم خاکی را به همراه ۲/۵ درصد سیر تا سطح ۵۰ درصد جایگزین پودر ماهی جیره ماهی قزل آرای رنگین کمان کرد، بدون اینکه اثرات منفی بر کارایی رشد ماهی ها دیده شود.

واژگان کلیدی: قزل آرای رنگین کمان، پودر کرم خاکی، هضم پذیری، رشد، سیر.

۱. مقدمه

آبزی پروری نقش بسیار مهمی در تامین غذای بشر و کاهش فقر جهانی ایفا می‌کند (Tacon, 1997). توسعه صنعت آبزی پروری از وضعیت سنتی غیرمترکم به حالت مکانیزه منجر به افزایش تولید در واحد سطح شده است. تغذیه در آبزی پروری از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا نزدیک به ۶۰ درصد از هزینه‌های تولید آبزیان را هزینه‌ی غذا تشکیل می‌دهد (Mahmoodi et al., 2009). بر اساس گزارش‌های سال ۲۰۱۲، میزان تولیدات تمامی انواع آبزیان که برای مصارف انسانی پرورش داده شدند، رقمی معادل با ۶۶/۶ میلیون تن بوده است که قزل‌آلای رنگین‌کمان سهمی در حدود ۱۱ درصد این تولیدات را در بخش آبزی پروری به خود اختصاص داده است (FAO, 2014).

پودر ماهی به‌عنوان یکی از منابع اصلی تامین‌کننده پروتئین و اسیدهای آمینه در جیره آبزیان می‌باشد که از دیرباز در صنعت آبزی پروری جایگاه مهمی را به خود اختصاص داده است و با گذشت زمان و پیشرفت علم و تکنولوژی در دنیا هیچ چیز دیگری جایگزین این ماده مهم در تغذیه آبزیان نگردیده است. هزینه بالا و همچنین کمبود منابع تامین پودر ماهی نیاز به استفاده از سایر منابع جایگزین را افزایش داده است. از جمله آن می‌توان به پودر بچه قورباغه (Ayinla et al., 1994)، سیلاژ تخمیری ماهیان و انواع غذاهای زنده، اشاره کرد که در این بین استفاده از برخی کرم‌ها، کرمی‌شکلان و استفاده از کرم خاکی (Sogbesan et al., 2006) روند افزایشی پیدا کرده است. کرم خاکی از انواع غذاهای زنده‌ای است که با ترکیبات پروتئینی (اسیدهای آمینه) و اسیدهای چرب خود قادر به تامین نیازهای تغذیه‌ای آبزیان می‌باشد، میزان چربی نسبتاً کم آن (۹-۱۱ درصد) در مقایسه با سایر غذاهای زنده در کنار درصد بالای پروتئین آن (۵۹-۶۵ درصد)، کرم خاکی را در ردیف غذاهای با ارزش قرار داده است (Tacon et al., 1983; Fadaee, 2012; Allameh et al., 2015). به طوری که Ng و همکاران (۲۰۰۱) بیان کرده‌اند ترکیب و میزان اسیدهای آمینه ضروری و نیز اسیدهای چرب ضروری لینولئیک در کرم خاکی تقریباً به‌طور کامل

قادر به تامین نیازهای تغذیه‌ای آبزیان پرورشی خواهد بود و میزان برخی از اسیدهای آمینه ضروری مانند هیستیدین (۲۳/۲ درصد) و متیونین (۳/۲ درصد) حتی بیش از نیاز تغذیه‌ای آبزیان بوده و از این رو می‌توان استفاده از آن را در تغذیه بسیاری از آبزیان پیشنهاد نمود (Ng et al., 2001).

نتایج حاصله از جایگزینی‌های انجام‌شده با پودر ماهی بیانگر آن است که با افزایش درصد جایگزینی مواد غذایی، درصد رشد کاهش می‌یابد، که در اثر کاهش هضم‌پذیری و اثر مواد ضد مغذی موجود در ماده جایگزین می‌باشد. افزودن سیر ممکن است با تحریک سیستم گوارش و افزایش فعالیت آنزیم‌ها مشکل هضم‌پذیری را کاهش دهد (Lee et al., 2014). سیر دارای ترکیبات متنوعی از انواع مواد معدنی، ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه، فلاونوئیدها، ترکیبات فرار و غیر فرار با ارزش دارویی و درمانی بسیار بالایی است (Pourabdollah and Pourabdollah, 2002) که تحقیق در خصوص امکان استفاده از آن را در صنعت آبزی پروری توجیه می‌کند.

تاکنون در مطالعات بسیاری از کرم خاکی به عنوان منبع پروتئینی (Nandeesh et al., 1988; Pucher et al., 2014; Stafford and Tacon, 2013; Dedeke et al., 1984) و سیر به‌عنوان مکمل (Shalaby et al., 2006; Nya and Austin, 2011; Tangestani et al., 2011) در جیره ماهیان استفاده شده است؛ اما در مورد جایگزینی پودر کرم خاکی گونه *Eisenia fetida* با پودر ماهی همراه با استفاده از پودر سیر در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان تحقیقی صورت نگرفته است و از آنجا که پودر کرم خاکی دارای ترکیبات کاهنده طعم و دارای بوی نامطبوع می‌باشد (Tacon et al., 1983)، پودر سیر جهت پوشش دادن طعم و بوی پودر کرم خاکی و تاثیر احتمالی آن بر بهبود غذاگیری و هضم‌پذیری مورد استفاده قرار گرفت و در این تحقیق اثر جایگزینی پودر کرم خاکی گونه *Eisenia fetida* با پودر ماهی همراه با استفاده از پودر سیر در جیره غذایی بر رشد، ترکیب لاشه و شاخص هضم‌پذیری قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. ترکیب و آنالیز جیره‌های ساخته‌شده در جدول ۱ گزارش شده است. تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش شامل تیمار C: تغذیه ماهی‌ها با جیره فاقد پودر کرم خاکی و پودر سیر؛ تیمار G: ۲/۵ درصد پودر سیر؛ تیمار 25WG: ۲۵ درصد پودر کرم خاکی به جای پودر ماهی + ۲/۵ درصد پودر سیر؛ تیمار 25W: ۲۵ درصد پودر کرم خاکی به جای پودر ماهی؛ تیمار 50WG: ۵۰ درصد پودر کرم خاکی به جای پودر ماهی + ۲/۵ درصد پودر سیر؛ تیمار 50W: ۵۰ درصد پودر کرم خاکی به جای پودر ماهی؛ تیمار 75WG: ۷۵ درصد پودر کرم خاکی به جای پودر ماهی + ۲/۵ درصد پودر سیر؛ تیمار 75W: ۷۵ درصد پودر کرم خاکی به جای پودر ماهی بود (Farahi et al., 2010; Habashi, 2012; Allameh et al., 2015).

۳.۲. زیست‌سنجی

برای بررسی اثر جیره بر عملکرد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از پارامترهای رشد شامل افزایش وزن (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR) و ضریب تبدیل غذایی (FCR) مرتبط با تغذیه و رشد ماهی استفاده شد. این پارامترها شامل موارد زیر بودند (Turchini et al., 2003):

$$WG (g) = W_f - W_i$$

$$SGR = \frac{\ln W_f - \ln W_i}{t} \times 100$$

$$FCR = \frac{f}{W_f - W_i}$$

$$SR = (N2 / N1) \times 100$$

W_f = وزن نهایی، W_i = وزن اولیه، f = میزان غذای مصرفی، t = زمان (روز)، $N1$ = تعداد ماهیان ابتدای دوره و $N2$ = تعداد ماهیان ابتدای دوره می‌باشند.

۴.۲. اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی لاشه

در پایان دوره از هر تانک ۵ قطعه ماهی به صورت تصادفی نمونه‌گیری شد و با پودر گل میکس (۰/۵ گرم در لیتر) بیپوش شده (Yarmohammadi et al., 2012) و با ضربه سر کشته شدند. سپس تا زمان آنالیز در ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

این آزمایش در مزرعه پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در شهرستان آمل انجام گرفت. آب مورد استفاده برای کارگاه آب چاه بود. هوادهی از طریق پمپ هوا و سنگ هوا انجام می‌شد. تانک‌های پرورش از جنس بتونی بوده و حجم آب در هر تانک ۳۰۰ لیتر بود. برای انجام آزمایش ۸ تیمار و ۳ تکرار برای هر تیمار و به‌طور کل ۲۴ تانک در نظر گرفته شد. تعویض آب به صورت روزانه و یک‌بار و به میزان ۹۰-۸۰ درصد انجام گرفت. شست و شوی تانک‌ها به صورت هفتگی انجام شد. میانگین دما به صورت روزانه ثبت گردید، میزان pH، شوری، هدایت الکتریکی و میزان کل مواد جامد محلول آب هر دو هفته یک‌بار اندازه‌گیری شد (Ramzanzadeh et al., 2016; Azizi et al., 2017).

۱.۲. تهیه بچه‌ماهی و شرایط نگهداری آن‌ها

بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان از مرکز تکثیر و پرورش ماهی در شهرستان آمل تهیه شدند. ماهیان به مدت ۷ روز با شرایط محیط پرورشی آداپته شدند. در طی این مدت ماهیان، روزانه دو بار و تا حد سیری با جیره تجاری تهیه‌شده از کارخانه خوراک دام و طیور آبیان مازندران تغذیه شدند. در پایان مدت ۷ روز، ماهیان جداسازی و در هر تکرار به‌صورت تصادفی، تعداد ۱۵ قطعه ماهی با میانگین وزنی 30 ± 0.27 گرم در تانک‌های پرورشی ذخیره‌سازی شدند. ماهیان به مدت ۵۶ روز با جیره آزمایشی روزانه سه بار (صبح، ظهر و عصر) و بر اساس میزان سیری تغذیه شدند (Adhami et al., 2017).

۲.۲. ساخت جیره‌های غذایی

جهت تهیه جیره از مواد قابل دسترس استفاده شد و با استفاده از نرم‌افزار PWUFFDA جیره‌نویسی انجام شد. مواد اولیه مورد نیاز، برای ساخت هر جیره به کمک ترازوی دیجیتالی وزن شده و در ظرف به خوبی مخلوط شدند تا شکل خمیری به خود گرفتند. سپس مخلوط حاصل به کمک چرخ گوشت خانگی به صورت رشته‌هایی با قطر ۲/۵ میلی‌متر درآمدند. رشته‌ها در داخل آون در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت کاملاً خشک شد و تا زمان مصرف در دمای

جدول ۱- ترکیب و آنالیز تقریبی جیره‌های مورد استفاده در طول دوره پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان.

مواد اولیه (درصد)	G	C	25WG	25W	50WG	50W	75WG	75W
کرم خاکی	۰	۰	۱۱/۲۵	۱۱/۲۵	۲۲/۵۰	۲۲/۵۰	۳۳/۷۵	۳۳/۷۵
پودر ماهی	۴۵	۴۵	۳۳/۷۵	۳۳/۷۵	۲۲/۵۰	۲۲/۵۰	۱۱/۲۵	۱۱/۲۵
سبوس گندم	۰	۲/۵۰	۰	۲/۵۰	۰	۲/۵۰	۰	۲/۵۰
آرد گندم	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰
گلوتن گندم	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
پودر ذرت	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
پودر سویا	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
روغن ماهی	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
مونوکلسیم فسفات	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
ویتامین	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰
مواد معدنی	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰
سیر	۲/۵	۰	۲/۵	۰	۲/۵	۰	۲/۵	۰
ملاس	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
مواد مغذی (درصد)								
ماده خشک	۹۳/۲۳±۰/۱۸	۹۳/۴۵±۰/۰۸	۹۴/۱۵±۰/۱۱	۹۴/۶۰±۰/۱۲	۹۳/۱۵±۰/۱۰	۹۳/۲۹±۰/۲۲	۹۳/۸۵±۰/۱۲	۹۴/۱۲±۰/۱۵
پروتئین	۴۲/۶۲±۰/۱۲	۴۲/۵۰±۱/۰۵	۴۱/۲۶±۰/۴۲	۴۱/۶۵±۰/۹۵	۴۲/۴۴±۱/۰۲	۴۱/۶۲±۱/۱۲	۴۱/۷۵±۰/۳۲	۴۱/۳۳±۰/۵۰
چربی	۱۹/۵۶±۰/۲۸	۱۹/۴۵±۰/۸۸	۲۰/۲۲±۱/۱۲	۱۹/۶۷±۰/۵۲	۱۹/۱۷±۱/۰۵	۱۹/۰۹±۱/۱۰	۱۸/۸۵±۰/۷۵	۱۹/۰۲±۰/۱۶
خاکستر	۱۰/۱±۰/۱۱	۱۰/۴±۰/۴۲	۱۰/۳±۰/۶۵	۱۰/۶±۱/۰۲	۱۰/۵±۰/۱۰	۱۰/۷±۰/۱۵	۱۰/۸±۰/۱۲	۱۰/۲±۱/۲۲
انرژی (کیلوکالری/۱۰۰ گرم)	۵۱۱/۱۳	۵۱۰/۰۳	۵۱۵/۵۲	۵۱۳/۸۱	۵۰۶/۸۰	۵۰۴/۸۷	۵۰۵/۶۸	۵۰۹/۵۲

نتایج آنالیز جیره به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

۱ بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم شامل: ویتامین آ، ۱۰۰۰۰ آیو (IU)، ویتامین دی ۳، ۲۰۰۰ آیو؛ ویتامین ای، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ ویتامین ک، ۲۰ میلی‌گرم؛ ویتامین ب ۱، ۴۰۰ میلی‌گرم؛ ویتامین ب ۲، ۴۰ میلی‌گرم؛ ویتامین ب ۶، ۲۰ میلی‌گرم؛ ویتامین ب ۱۲، ۰/۰۴ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۲ میلی‌گرم؛ کولین کلراید، ۱۲۰۰ میلی‌گرم؛ فولیک اسید، ۱۰ میلی‌گرم؛ اینوسیتول، ۲۰۰ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۲۰۰ میلی‌گرم؛ پانتوتنیک کلسیم، ۱۰۰ میلی‌گرم
 ۲ بر حسب گرم بر کیلوگرم از مخلوط شامل: $MgSO_4 \cdot 2H_2O$ ، ۱۲۷/۵؛ KCl ، ۵۰/۰؛ $NaCl$ ، ۶۰؛ $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ ، ۷۲۷/۸؛ $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ، ۲۵/۰؛ $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ، ۵/۵؛ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ، ۷۸۵/۰؛ $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ ، ۲/۵۴؛ $CoSO_4 \cdot 4H_2O$ ، ۴۷۸/۰؛ $Ca(IO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ، ۲۹۵/۰؛ $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ ، ۰/۲۹۵.

۵.۲. هضم پذیری ظاهری

در انتهای آزمایش، برای اندازه‌گیری هضم‌پذیری جیره آزمایشی، ماهیان هر تیمار به مدت دو هفته با جیره آزمایشی حاوی اکسید کروم به عنوان مارکر تغذیه شدند و مواد دفعی به روش سیفون کردن جمع‌آوری شد و پس از خشک‌شدن تا زمان آزمایش هضم‌پذیری و آنالیز مواد مغذی شامل پروتئین (کلدال)، چربی (سوکسله)، رطوبت (آون) و خاکستر (کوره)، در ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگاه‌داری شد (AOAC, 1995; Schrama et al., 2012). میزان اکسید کرومیک (میلی‌گرم) موجود در خوراک و مدفوع با روش (Fenton and Fenton, 1979) به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Unico uv-2150) با طول

جهت انجام آنالیز شیمیایی ترکیبات تشکیل‌دهنده بدن، مانند پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر، نمونه‌های ماهی، چرخ و همگن و سپس در آون قرار داده شد تا خشک شوند.

مقدار رطوبت نمونه، از قرار دادن ۱ گرم از نمونه در آون (Memmert-BM55 آلمان) با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت تعیین گردید. ماده خشک جیره غذایی و لاشه تهیه و سپس خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی (مدل Ecotec-sic 07) در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت، پروتئین خام به روش کلدال (مدل behr آلمان) ضریب ثابت (۶/۲۵) تعیین شد. اندازه‌گیری چربی کل به کمک دستگاه سوکسوله (مدل behr آلمان) و با استفاده از اتر به عنوان حلال صورت گرفت (AOAC, 1995).

جدول ۲ - شاخص‌های رشد و بازماندگی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با سطوح مختلف کرم خاکی و پودر سیر.

تیمار	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	نرخ رشد ویژه	FCR	درصد بازماندگی (%)
C	۳۰/۵۵±۰/۱۳	۸۰/۳۱±۰/۱۱ ^c	۱/۶۲±۰/۰۸ ^d	۰/۸۵±۰/۰۳ ^{ab}	۹۹±۱ ^a
G	۳۰/۰۸±۰/۵۸	۸۸/۱۴±۰/۷۲ ^a	۱/۷۶±۰/۱۶ ^e	۰/۸۲±۰/۰۲ ^a	۹۸±۲ ^a
25WG	۳۰/۲۳±۰/۲۱	۸۶/۹۵±۰/۵۳ ^b	۱/۷۴±۰/۱۱ ^e	۰/۸۶±۰/۰۲ ^{ab}	۹۹±۱ ^a
25W	۳۰/۵۰±۰/۱۱	۷۸/۱۸±۱/۰۵ ^d	۱/۵۶±۰/۱۰ ^c	۰/۸۸±۰/۰۱ ^b	۹۹±۱ ^a
50WG	۳۰/۴۶±۰/۲۹	۷۹/۸۶±۰/۲۶ ^c	۱/۶۱±۰/۰۵ ^d	۰/۹۷±۰/۰۲ ^c	۹۷±۳ ^a
50W	۳۰/۴۲±۰/۳۶	۷۵/۴۲±۰/۴۵ ^e	۱/۵۴±۱/۰۹ ^{ab}	۱/۰۵±۰/۱۰ ^d	۹۹±۱ ^a
75WG	۳۰/۵۵±۰/۱۸	۷۵/۰۶±۰/۲۲ ^f	۱/۴۹±۰/۱۲ ^a	۱/۱۳±۰/۱۳ ^e	۹۴±۵ ^a
75W	۳۰/۳۷±۰/۳۱	۷۲/۵۸±۰/۶۲ ^g	۱/۴۳±۰/۰۸ ^a	۱/۲۰±۰/۰۲ ^f	۹۵±۴ ^a

اعداد به صورت میانگین±خطای معیار بیان شده‌اند. حروف غیر همنام در هر ستون، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای آزمایشی است ($P<0/05$).

۳. نتایج

در طول دوره میانگین دما، اکسیژن، pH، کل مواد جامد محلول، شوری و هدایت الکتریکی به ترتیب ۱۲/۲۸±۲/۱۴ درجه سانتی‌گراد، ۶/۳۲±۱/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر، ۶/۳۲±۱/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر، ۷۵/۵۵±۲۳۲/۸۲، ۷/۷۲±۰/۴۴ میلی‌گرم بر لیتر، ۰/۷۴±۰/۲۵ گرم بر لیتر و ۱۱۳۰/۰۵±۲۷۵/۹۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مربع بود.

نتایج شاخص‌های رشد و بازماندگی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با سطوح مختلف پودر کرم خاکی و سیر در پایان دوره ۵۶ روزه پرورش در جدول ۲ نشان داده شده است. آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که اثر پودر سیر، پودر کرم خاکی و اثر متقابل پودر سیر و کرم خاکی بر روی وزن پایانی، SGR معنی‌دار بود ($P<0/05$) و در مورد FCR اثر متقابل معنی‌دار نبود (جدول ۳، $P>0/05$). بیشترین و کمترین میزان وزن نهایی و نرخ رشد ویژه به ترتیب در تیمار G و 75W مشاهده شد. میزان نرخ رشد ویژه بین تیمارهای G و 25WG با هم و تیمارهای 25WG و 75WG با هم تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P>0/05$). مقایسه ضریب تبدیل بین تیمارهای آزمایشی تیمار C، G و 25WG تفاوت معنی‌دار با یکدیگر نداشته ($P>0/05$) و تیمارهای 25W، 50WG، 50W و 75WG با یکدیگر و سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نشان دادند ($P<0/05$). بیشترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار 75W و کمترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار G مشاهده شد که با تیمار 25WG

موج ۴۴۰ نانومتر قرائت و مطابق رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\text{Chromic Oxide} = \frac{\text{Absorbency of sampel}}{\text{sample Wt} \times 10 \times B}$$

B=شیب منحنی استاندارد، جذب/ میلی‌گرم است. ضریب هضم‌پذیری ظاهری (ADC) نیز بر اساس رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{ADC} = 100 \times [1 - (F/D) \times (Di/Fi)]$$

درصد مارکر مدفوع=Fi، درصد مارکر جیره=Di، درصد مواد مغذی مدفوع=F و درصد مواد مغذی جیره=D می‌باشد. مقدار انرژی جیره و لاشه ماهی وابسته به ترکیب شیمیایی آن است به این معنی که مقادیر گرمای سوختن پروتئین، چربی و کربوهیدرات به ترتیب ۵/۶۴، ۹/۴۴ و ۴/۱۱ کیلوکالری در هر گرم است؛ و هر کیلوکالری برابر با ۴/۱۸۴ کیلوژول می‌باشد. انرژی به روش محاسبه مقدار انرژی خام ترکیبات شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (NRC, 1993).

۶.۲. محاسبات آماری

تست نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون One-Sample Kolmogorov Smirnov test انجام شد. اثر سطوح مختلف پودر کرم خاکی و سیر در جیره بر پارامترهای رشد، ترکیب لاشه و قابلیت هضم‌پذیری با استفاده از آنالیز واریانس دو طرفه در قالب آزمایش فاکتوریل با استفاده از نرم‌افزار SPSS(16) انجام شد و مقایسه‌ی میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن و درصد خطای ۰/۰۵ مقایسه شدند.

جدول ۳- آزمون دوطرفه ANOVA در رابطه با اثر بر هم کنش پودر سیر و پودر کرم خاکی بر روی وزن پایانی، SGR و FCR (آزمون فاکتوریل، $P < 0.05$).

فاکتورهای مورد بررسی	پودر سیر	پودر کرم خاکی	اثر متقابل
وزن نهایی	* / 0.000	* / 0.000	* / 0.000
SGR	* / 0.000	* / 0.000	* / 0.000
FCR	* / 0.000	* / 0.000	** / 0.182

جدول ۴- آنالیز ترکیب لاشه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف کرم خاکی و پودر سیر.

شاخص‌ها (درصد وزن خشک)				
تیمار	رطوبت	پروتئین	چربی	خاکستر
C	74/66 ± 1/7 ^e	50/22 ± 1/0 ^{ab}	30/55 ± 0/88 ^c	4/14 ± 0/76 ^a
G	74/44 ± 2/24 ^e	50/27 ± 1/20 ^a	30/11 ± 1/26 ^c	4/12 ± 0/47 ^a
25WG	73/77 ± 1/56 ^{de}	50/55 ± 1/13 ^{abc}	28/22 ± 1/09 ^{ab}	4/77 ± 0/40 ^b
25W	73/55 ± 1/87 ^{cde}	50/55 ± 0/88 ^{abc}	28/44 ± 1/50 ^b	4/75 ± 0/46 ^b
50WG	72/11 ± 1/05 ^{ab}	51/11 ± 0/92 ^{abcd}	27/66 ± 1/22 ^{ab}	4/37 ± 0/33 ^{ab}
50W	72/33 ± 1/00 ^{bcd}	51/22 ± 1/09 ^{cd}	27/88 ± 1/36 ^{ab}	4/27 ± 0/11 ^a
75WG	70/66 ± 1/11 ^a	51/88 ± 1/02 ^d	27/00 ± 0/86 ^a	5/31 ± 0/30 ^c
75W	70/88 ± 1/16 ^{ab}	51/83 ± 0/50 ^d	27/33 ± 1/32 ^{ab}	5/48 ± 0/23 ^c

جدول ۵- آزمون دوطرفه ANOVA در رابطه با اثر بر هم کنش پودر سیر و پودر کرم خاکی بر روی پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر بدن (آزمون فاکتوریل، $P < 0.05$).

فاکتورهای مورد بررسی	پودر سیر	پودر کرم خاکی	اثر متقابل
پروتئین بدن	** / 0.000	* / 0.000	** / 0.994
چربی بدن	** / 0.228	* / 0.000	** / 0.991
رطوبت	** / 0.759	* / 0.000	** / 0.963
خاکستر	** / 0.871	* / 0.000	** / 0.825

بالاترین میزان پروتئین در تیمار 75WG مشاهده شد که با تیمارهای 75W، 50W و 50WG تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$)، اما اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت ($P < 0.05$). کمترین میزان چربی در تیمار 75WG مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت ($P < 0.05$)، اما با تیمارهای 75W، 50WG و 25WG تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P > 0.05$). بالاترین میزان چربی در تیمار C مشاهده شد که با تیمار G تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). بالاترین میزان خاکستر در تیمار 75W و 75WG مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت ($P < 0.05$). کمترین میزان آن در تیمار C، G، 50W و 50WG مشاهده شد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری هضم‌پذیری ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان غذادهی شده با سطوح مختلف پودر کرم خاکی با و بدون پودر سیر در مدت ۵۶ روز در جدول ۶ آمده است. نتایج نشان داد که اثر متقابل پودر سیر و کرم خاکی بر روی هضم ماده خشک و هضم پروتئین معنی‌دار نبود (جدول ۷، $P > 0.05$). اثر

تفاوت معنی‌دار نداشت ($P > 0.05$). بازماندگی در بین تیمارهای تغذیه شده با سطوح مختلف جایگزینی پودر کرم خاکی و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$).

نتایج آنالیز تقریبی لاشه (بدن) ماهی قزل‌آلای رنگین کمان غذادهی شده با سطوح مختلف پودر کرم خاکی در جدول ۴ آمده است. آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که اثر پودر سیر و اثر متقابل پودر سیر و کرم خاکی بر روی پروتئین بدن، چربی بدن، رطوبت و خاکستر معنی‌دار نبود، ولی اثر پودر کرم خاکی معنی‌دار بود (جدول ۵، $P < 0.05$). تمامی شاخص‌های ترکیب بدن در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان دادند ($P < 0.05$) به طوری که کمترین میزان رطوبت در تیمار 75WG مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت. تیمار 75WG با تیمارهای 75W، 50WG و 25W تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). بیشترین میزان رطوبت و کمترین میزان پروتئین در تیمار C مشاهده شد که با تیمارهای G، 25W و 25WG تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$).

جدول ۶ - هضم پذیری ظاهری در ماهیان قزل آلائی رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف کرم خاکی و پودر سیر.

شاخص‌ها (درصد)			
تیمار	هضم ماده خشک	هضم چربی	هضم پروتئین
C	۸۴/۳۴±۱/۶۵ ^d	۸۹/۴۳±۱/۰۵ ^a	۹۱/۹۳±۱/۴۶ ^{ab}
G	۸۰/۴۹±۲/۲۰ ^c	۸۸/۸۳±۱/۰۹ ^a	۹۲/۲۹±۱/۲۱ ^{abc}
25WG	۷۸/۴۱±۲/۹۳ ^{bc}	۸۹/۲۷±۱/۷۹ ^a	۹۳/۵۰±۱/۳۳ ^{cd}
25W	۸۳/۳۶±۲/۰۲ ^d	۸۹/۶۳±۳/۱۱ ^a	۹۴/۷۵±۱/۳۰ ^{de}
50WG	۷۷/۳۷±۳/۱۲ ^{ab}	۹۳/۲۰±۱/۵۸ ^{bc}	۹۱/۴۶±۱/۲۴ ^a
50W	۷۹/۸۷±۱/۳۵ ^c	۹۴/۰۶±۱/۷۷ ^c	۹۳/۰۷±۱/۴۱ ^{bc}
75WG	۷۵/۳۶±۲/۳۱ ^a	۹۲/۶۵±۱/۷۶ ^{bc}	۹۴/۴۵±۱/۰۳ ^{de}
75W	۸۰/۶۴±۱/۲۹ ^c	۹۱/۶۴±۱/۹۰ ^b	۹۵/۰۴±۱/۵۲ ^e

داده‌ها به صورت میانگین±خطای معیار بیان شده‌اند. حروف غیر همنام در هر ستون، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای آزمایشی است ($P<0/05$).

جدول ۷ - آزمون دوطرفه ANOVA در رابطه با اثر بر هم کنش پودر سیر و پودر کرم خاکی بر روی هضم ماده خشک، پروتئین و چربی (آزمون فاکتوریل، $P<0/05$).

فاکتورهای مورد بررسی	پودر سیر	پودر کرم خاکی	اثر متقابل
هضم ماده خشک	*0/000	*0/000	**0/۲۳۴
هضم پروتئین	**0/۶۴۷	*0/000	**0/۴۴۲
هضم چربی	*0/۰۱۶	*0/000	*0/۱۳۷

با یافته‌های پیشین می‌باشد (Allameh et al., 2015). افزودن سیر در هر کدام از تیمارها موجب بهبود رشد گردید. هیچ یک از سطوح جایگزینی پودر کرم خاکی اثر منفی بر بازماندگی نداشت که با مطالعات پیشین نیز مطابقت دارد (Tacon et al., 1983; Hilton, 1983)، به طوری که فرحی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تاثیر سیر روی رشد ماهی قزل آلائی رنگین کمان به این نتیجه رسیدند که در ماهیانی که به غذای آن‌ها به میزان ۱ و ۲ درصد سیر افزوده شده بود، میزان افزایش رشد به صورت تدریجی رخ می‌داد و در ماهیانی که ۳ درصد سیر به غذای آن‌ها اضافه شده بود، افزایش رشد سریع‌تری نشان دادند (Farahi et al., 2010). احتمالاً وجود الیسین در سیر موجب افزایش عملکرد روده‌ای، بهبود تغذیه و در نهایت بهبود رشد شده است (Khalil et al., 2001). زعفریان و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که از بین سطوح مختلف (۱، ۲ و ۳ درصد) پودر سیر مورد استفاده در پرورش ماهی آزاد دریای خزر (Salmo caspius)، میزان ۲ درصد موجب افزایش شاخص‌های رشد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه گردید.

مطالعات نشان داده است که کرم خاکی ۳۰-۵ درصد قابلیت اضافه شدن به جیره ماهی‌ها را دارد و جایگزینی کرم خاکی در سطوح پایین کاهش کارایی رشد و تغذیه ماهی را به دنبال ندارد (Stafford and

پودر سیر بر روی هضم ماده خشک و هضم چربی و اثر پودر کرم خاکی بر روی هضم ماده خشک، هضم پروتئین و هضم چربی معنی‌دار بوده، ولی اثر پودر سیر بر هضم پروتئین معنی‌دار نبود ($P>0/05$). هضم ماده خشک، پروتئین و چربی در بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت ($P<0/05$)، به طوری که کمترین میزان هضم ماده خشک در تیمار 75WG بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار 50WG و بالاترین میزان آن در تیمار C مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($P<0/05$). بالاترین میزان هضم پروتئین در تیمارهای 50WG، 50W و 75WG و کمترین آن در تیمارهای G، 25WG، 25W و C مشاهده شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشتند ($P<0/05$). کمترین میزان هضم چربی در تیمارهای G، 25WG، 25W و C و بیشترین میزان آن در تیمار 50W مشاهده شد که از لحاظ آماری با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار نشان داد ($P<0/05$) و با تیمارهای 50WG و 75W تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>0/05$).

۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج نشان داد با افزایش سطح کرم خاکی در جیره کارایی رشد و تغذیه کاهش پیدا کرد که مطابق

تیمار شاهد که با پلت مخصوص قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده بود مشاهده نشد (Stafford and Tacon, 1985). در مطالعه Óscar Pereira و Gomes (1995) با افزایش سطح کرم خاکی در جیره وزن نهایی ماهی‌های قزل‌آلای رنگین کمان کاهش پیدا نکرد (Óscar Pereira and Gomes, 1995). علت این موضوع شستشوی کرم‌های خاکی با آب نمک ۱۰ درصد قبل از فریز کردن کرم‌ها بود. علاوه بر این افزودن میزان کرم خاکی باعث کاهش انرژی جیره شده و پیرو آن انرژی جیره و رشد ماهی‌ها کاهش پیدا می‌کند. در مطالعه Nandeeshha و همکاران (۱۹۸۸) نیز جایگزینی کرم خاکی در سطوح بالا باعث کاهش کارایی رشد در ماهی کپور معمولی شد، اما در یکی از تیمارها که علاوه بر جایگزینی ۷۵ درصدی پودر ماهی با کرم خاکی، ۵ درصد روغن ساردین نیز اضافه شد، رشد به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد، هم‌چنین ممکن است پودر ماهی حاوی فاکتورهای رشد ناشناخته‌ای باشد که در کرم خاکی وجود ندارند (Andrews and Page, 1974). ترکیبات زیست‌فعال سیر مانند آلیسین با تقویت آنزیم‌های گوارشی و توازن فلور میکروبی روده موجب افزایش رشد گردد (Zaefarian et al., 2017). بنابراین استفاده از آن در این مطالعه توانست تا حدی اثر منفی ناشی از جایگزینی پودر کرم خاکی را جبران کند.

در مطالعه حاضر با افزایش سطح جایگزینی پودر کرم خاکی با پودر ماهی میزان پروتئین و خاکستر لاشه افزایش و میزان چربی و رطوبت لاشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما پودر سیر اثر معنی‌داری بر ترکیب لاشه ماهی‌ها نداشت. اثر متقابل بین سطوح کرم خاکی و سیر نیز مشاهده نشد. در بیشتر مطالعات گنجاندن کرم خاکی در جیره باعث کاهش چربی و افزایش پروتئین لاشه شده است (Allameh et al., 2015; Velasquez et al., 1991). در مطالعه Tacon و همکاران (۱۹۸۳) در قزل‌آلای تغذیه شده با ۱۰۰ درصد کرم خاکی *E. foetida* فریز شده رطوبت لاشه به‌طور معنی‌داری بیشتر، هم‌چنین چربی لاشه به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود، اما پروتئین لاشه اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (Tacon et al., 1983). در آزمایش دوم Tacon و همکاران (۱۹۸۳) با افزایش جایگزینی کرم خاکی با

اگرچه برخی مطالعات جایگزینی ۵۰ درصد (Allameh et al., 2015) و برخی تا ۱۰۰ درصد (Stafford and Tacon, 1985) را فاقد تاثیر منفی گزارش کرده‌اند. دلایل کاهش رشد با افزایش درصدهای جایگزینی کرم خاکی را می‌توان به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی از دلایل می‌تواند وجود ترکیبات کاهنده اشتها یا بدطعم و بدبو در گونه *E. foetida* و در نتیجه کاهش تغذیه ماهی باشد، اما دیگر گونه‌های کرم خاکی (*Lumbricus terrestris* و *Allolobophora longa*) فاقد این ماده بوده و تا سطوح بالایی قابلیت گنجاندن در جیره را دارند با این وجود عامل دقیق این طعم و بو هنوز شناخته شده نیست، اما یکی از دلایل عدم مطلوبیت کرم خاکی، ناشی از سلول‌های کلراژن یا سلول‌های ترشحی رها شده از اپیتلیوم سلومی روده به داخل مایع سلومی بیان شده است (Tacon et al., 1983). مطالعات نشان داده است که آمینواسیدهای گوگردی (متیونین و سیستئین) در کرم خاکی کم بوده و جیره‌های حاوی کرم خاکی مستلزم اضافه کردن مکمل‌های آمینواسیدی هستند (Hilton, 1983). حضور مواد ضدتغذیه‌ای در مایع سلومی (CF) کرم خاکی نیز ممکن است عاملی برای کاهش عملکرد رشد در سطوح بالای جایگزینی باشد. تاکنون سمی بودن CF برای ۴۲ گونه از مهره‌داران آبی به اثبات رسیده است (Kobayashi et al., 2001). CF خود از ترکیبات متنوعی تشکیل شده است، اما ماده‌ی سمی آن لایزین است، مکانیسم عمل لایزین به این صورت است که با چسبیدن به sphingomyelin-liposome (از ترکیبات دیواره سلولی مهره‌داران) یا به اختصار SM، باعث مرگ سلول می‌شود. SM در بی‌مهرگان وجود ندارد، بنابراین این ماده برای بی‌مهرگان از جمله خود کرم خاکی نه تنها بی‌خطر بوده بلکه به عنوان آنتی-بیوتیک مانع از آلودگی باکتریایی کرم خاکی می‌شود (Hirigoyenberry et al., 1992). هم‌چنین وجود یک فاکتور ضدتغذیه‌ای حساس به حرارت به نام همولایزین (Haemolysin) در کرم خاکی گزارش شده است (Roch et al., 1981)، با جوشاندن کرم خاکی در آب جوش به مدت ۵ دقیقه و سپس تغذیه‌ی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با آن، تفاوت معنی‌داری با

محتوی پروتئین و کاهش معنی‌دار میزان چربی کل در ماهیان تغذیه‌شده با جیره حاوی ۳۰ گرم سیر و ۱۵ میلی‌گرم کلرامفنیکل به ازای هر کیلوگرم غذا شده است (Shalaby *et al.*, 2006) که علت این امر را وجود مواد بیوژن در جیره غذایی بیان کردند. در مطالعه‌ی حاضر دلیل عدم اثر معنی‌دار پودر سیر ممکن است به درصد کم پودر سیر (۲/۵ درصد) و جایگزینی پودر کرم خاکی مرتبط باشد.

سطوح مختلف کرم خاکی اثر معنی‌داری بر هضم‌پذیری ماده خشک، پروتئین و چربی جیره دارد به طوری که با افزایش سطح کرم خاکی در جیره هضم پروتئین و چربی افزایش پیدا کرد، اما هضم ماده خشک کاهش پیدا کرد. افزودن سیر بر هضم چربی و ماده خشک اثرگذار بود ($P < 0/05$). هم‌چنین اثر متقابل بین سیر و کرم خاکی در هضم کرم خاکی مشاهده نشد. افزایش معنی‌دار هضم چربی در تیمارهای حاوی سیر می‌تواند مؤید این باشد که یکی از مکانیسم‌های افزایش رشد در تیمارهای سیر، هضم بهتر چربی‌ها است (Shalaby *et al.*, 2006) که نتایج مطالعه حاضر با مطالعات پیشین مطابقت دارد (Abdelhamid *et al.*, 2002; Khattab, 2001). در مطالعه Hilton (۱۹۸۳) هضم کرم خاکی در قزل‌آلای رنگین‌کمان ۶۹/۲ درصد و هضم‌پذیری پروتئین آن ۹۴/۶ درصد بیان شد. هم‌چنین هضم‌پذیری پروتئین کرم خاکی در سان‌فیش سبز (*Lepomis chanllus*)، سان‌فیش آب‌ی گوس‌دراز (*L. macrochirus*)، سان‌فیش سوف (*Perca fluviatilis*)، کفشک‌ماهی (*Solea solea*) به ترتیب ۹۵/۷، ۹۶/۷، ۹۷/۴، ۹۶/۳، ۹۶ درصد گزارش شده است (Hertrampf and Piedad-Pascual, 2000). در مطالعه Cardenete و همکاران (۱۹۹۳) فعالیت شبه تریپسین و هضم‌پذیری پروتئین در ماهیان انگشت‌قد قزل‌آلای رنگین‌کمان با افزایش میزان پودر *Eisnia* در جیره کاهش یافت و با برخی مطالعات که افزایش هضم‌پذیری پروتئین را گزارش نمودند تناقض داشت (Cardenete *et al.*, 1993). در مطالعه Tacon و همکاران (۱۹۸۳) با افزایش جایگزینی کرم خاکی با پودر ماهی در جیره هضم‌پذیری جیره نیز به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (Tacon *et al.*, 1983).

پودر ماهی در جیره تفاوت معنی‌داری در پروتئین و خاکستر لاشه مشاهده نشد، اما چربی لاشه به‌طور معنی‌داری در سطح ۱۰۰ درصد جایگزینی کمتر از تیمار شاهد بود، در حالی که رطوبت لاشه افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد پیدا کرد (Tacon *et al.*, 1983). در مطالعه Stafford and Tacon (۱۹۸۵) رطوبت لاشه به طور معنی‌داری با ۱۰۰ درصد جایگزینی کرم خاکی با پودر ماهی افزایش پیدا کرد. در سطوح ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد جایگزینی کرم خاکی پروتئین و خاکستر لاشه به طور معنی‌داری افزایش و چربی کاهش یافت. علت کاهش چربی در این مطالعه میزان کمتر چربی در سطوح جایگزینی بالاتر و هم‌چنین مصرف کمتر غذا توسط این تیمارها عنوان شد (Stafford and Tacon, 1985). در مطالعه Hilton (۱۹۸۳) اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزینی کرم خاکی با پودر ماهی در خاکستر، رطوبت، چربی و پروتئین لاشه مشاهده نشد (Hilton, 1983). در مطالعه اسکار پرتیرا و گومز (۱۹۹۵) با افزایش سطح کرم خاکی در جیره میزان رطوبت و پروتئین لاشه افزایش پیدا کرد، اما این افزایش معنی‌دار نبود. چربی لاشه به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد و خاکستر لاشه کاهش معنی‌داری نداشت (Óscar Pereira and Gomes, 1995)، که مطالعه حاضر با این مطالعه مطابقت ندارد. علت کاهش چربی لاشه در این مطالعه نیز به دلیل کمبود چربی در جیره‌های حاوی کرم خاکی بیان شد. در مطالعه Akiyama و همکاران (۱۹۸۴)، افزودن ۵ درصد پودر کرم خاکی به جیره باعث افزایش معنی‌دار چربی لاشه در ماهی سالمون چام (*Oncorhynchus keta*) شد (Akiyama *et al.*, 1984) که مطالعه حاضر با این مطالعه مطابقت ندارد. علت این اختلاف احتمالاً می‌تواند گونه متفاوت و درصد بیشتر کرم خاکی در جیره‌های مطالعه حاضر باشد، در مطالعه فرحی و همکاران (۲۰۱۰)، ماهی‌های قزل‌آلای تغذیه‌شده با سطوح ۲۰ و ۳۰ گرم در کیلوگرم سیر به‌طور معنی‌داری پروتئین و چربی لاشه بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند (Farahi *et al.*, 2010). در تحقیقی که توسط Shalaby و همکاران (۲۰۰۶) صورت گرفت افزودن ترکیبی از سیر و کلرامفنیکل به جیره غذایی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) سبب افزایش معنی‌دار

در مغایرت است، علت این امر میزان پروتئین بالا در جیره‌های حاوی کرم خاکی (بیش از ۶۰ درصد) و سطح چربی پایین جیره‌ها (۶ تا ۹ درصد) برای مصرف بهینه پروتئین توسط قزل‌آلای رنگین کمان بیان شد. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده از فاکتورهای رشد ماهیان مورد مطالعه در این آزمایش بهترین عملکرد در سطح جایگزینی ۲۵ درصد به همراه سیر حاصل شد، اما می‌توان کرم خاکی را به همراه ۲/۵ درصد سیر تا سطح ۵۰ درصد جایگزین پودر ماهی جیره ماهی قزل‌آلای رنگین کمان کرد بدون اینکه اثرات منفی بر کارایی رشد ماهی‌ها دیده شود.

در آزمایش دوم Tacon و همکاران (۱۹۸۳) با وجود کاهش رشد ماهی‌ها با افزایش درصد جایگزینی (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) پودر کرم خاکی در جیره، افزایش هضم پروتئین مشاهده شد، به علاوه در این مطالعه همانند مطالعه حاضر جذب غذا کاهش و ضریب تبدیل غذایی افزایش یافته است که ممکن است بتواند کاهش رشد مشاهده شده را توجیه کند (Tacon *et al.*, 1983). در مطالعه اسکار Óscar Pereira و Gomes (۱۹۹۵)، هضم‌پذیری ماده خشک با افزایش درصد کرم خاکی جیره کاهش معنی‌داری پیدا نکرد، اما هضم-پذیری پروتئین کاهش پیدا کرد (Óscar Pereira and Gomes, 1995) که مطالعه حاضر با این مطالعه

References

- Abdelhamid, A., Khalil, F., El-Barbary, M., Zaki, V., Husien, H. 2002. Feeding Nile tilapia on biogen to detoxify aflatoxin diet. Annual Scientific Conference of Animal and Fish Production 1. *Proceedings Mansoura University*, 207-230.
- Adhami, B., Amirkolaie, A.K., ORAJI, H., Esmailzadeh Kenari, R., 2017. Growth performance, nutrient digestibility and lipase activity in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed fat powder in diet containing emulsifiers (cholic acid and Tween-80). *Aquaculture Nutrition*, 23(5), 1153-1159.
- Akiyama, T., Murai, T., Hirasawa, Y., Nose, T. 1984. Supplementation of various meals to fish meal diet for chum salmon fry. *Aquaculture*, 37, 217-222.
- Allameh, S.K., Azarbayejani, A., Mohammadi, M., Akhundi, A. 2015. Study of fish meal substitution with earthworm in diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 24. (In Persian)
- Andrews, J.W., Page, J.W. 1974. Growth factors in the fish meal component of catfish diets. *The Journal of Nutrition*, 104, 1091-1096.
- Azizi, E., Yeganeh, S., Firouzabakhsh, F., Janikhalili, K. 2017. Evaluation of oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil effect on growth indices and fillet quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during refrigerated storage (4±1°C). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 25 (5), 93-110.
- Ayinla, O., Kayode, O., Idoniboye-Obu, T., Oresegun, A., Adindu, V. 1994. Use of tadpole meal as a substitute for fishmeal in the diet of *Heterobranchius bidorsalis* (Geoffrey St. Hillaire, 1809). *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 9, 25-33.
- Cardenete, G., Garzon, A., Moyano, F., De La Higuera, M. 1993. Nutritive utilization of earthworm protein by fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Colloques de l'INRA*. (In France).
- Dedeke, G.A., Owa, S.O., Olurin, K.B., Aknife, A.O., Awatedu, 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, 229-223.
- Fadaee, F. 2012. A review on earthworm *Eisenia fetida* and its applications. *Annals of Biological Research*, 3 (5), 2500-2506.
- FAO, 2014. Fisheries Department, Fishery Information, Data and statistics unit. Fishstat plus version 2.1.1 2002, Database aquaculture production 1950-2012. FAO, Rome.
- Farahi, A., Kasiri, M., Sudagar, M., Iraei, M.S., Shahkolaei, M.D. 2010. Effect of garlic (*Allium sativum*) on growth factors, some hematological parameters and body compositions in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *AAFL Bioflux*, 3, 317-323.
- Fenton, T., Fenton, M. 1979. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Canadian Journal of Animal Science*, 59, 631-634.
- Habashi, M. 2012. Effect of dried earth worm (*Aporrectodea caliginosa*) as replacement of fish meal on growth and survival rate of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (DE MAN 1879) larvae. *National Institute of Oceanography and Fisheries*, 1, 105 - 114.
- Hertrampf, J.W., Piedad-Pascual, F. 2000. Handbook on ingredients for aquaculture feed. Kulwar Academic, Dordrecht, The Netherlands. 573 p.

- Hilton, J. 1983. Potential of freeze-dried worm meal as a replacement for fish meal in trout diet formulaions. *Aquaculture*, 32, 277-283.
- Hirigoyenberry, F., Lassegues, M., Roch, P. 1992. Antibacterial activity of *Eisenia fetida andrei* coelomic fluid: immunological study of the two major antibacterial proteins. *Journal of Invertebrate Pathology*, 59, 69-74.
- Khalil, R.H., Nadia, B.M., Suleiman, M.K. 2001. Effect of Diojen and Levamisol Hicl on the iminio response of cultured *Oreochromis niloticus* to *Reromonas Hidriphila vacceen*. *Bemisuef Journal of Egyptian Veterinary Medical*, 11, 381-392.
- Khattab, Y. 2001. Effect of substituting black seed cake (*Nigella sativa* L.) for soybean meal in diets of Nile tilapia (*O. niloticus* L.) on growth performance and nutrients utilization. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 5, 31-46.
- Kobayashi, H., Ohtomi, M., Sekizawa, Y., Ohta, N. 2001. Toxicity of coelomic fluid of the earthworm *Eisenia foetida* to vertebrates but not invertebrates: probable role of sphingomyelin. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 128, 401-411.
- Lee, D.-H., Lim, S.-R., Han, J.-J., Lee, S.-W., RA, C.-S., Kim, J.-D. 2014. Effects of dietary garlic powder on growth, feed utilization and whole body composition changes in fingerling sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus*. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27, 1303.
- Mahmoodi, M., khodadadi, M., Javaheri Baboli, M., Shafaei Poor, A., 2009. Determination the effects of replacing canola meal with soybeen mealon the growth of rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*). *Journal of Fisheries*, 3(3), 21-30.
- Nandeesha, M., Srikanth, G., Basavaraja, N., Keshavanath, P., Varghese, T., Bano, K., Ray, A., Kale, R.D. 1988. Influence of earthworm meal on the growth and flesh quality of common carp. *Biological Wastes*, 26, 189-198.
- Ng, W.K., Liew, F.L., Ang, L.P., Wong, K.W. 2001. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*, 32, 273-280.
- NRC 1993. National Research Council. *Committee on Animal Nutrition*, Course Technology.
- Nya, E.J., Austin, B. 2011. Development of immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) to *Aeromonas hydrophila* after the dietary application of garlic. *Fish and Shellfish Immunology*, 30, 845-850.
- Óscar Pereira, J., Gomes, E.F. 1995. Growth of rainbow trout fed a diet supplemented with earthworms, after chemical treatment. *Aquaculture International*, 3, 36-42.
- Pourabdollah, A., Pourabdollah, A. 2002. *Prevention and treatment of diseases with garlic and onion*, Tehran, qoqnoos. (In Persian)
- Pucher, J., Ngoc, T.N., Thihanhyen, T., Mayrhofer, R., El-Matbouli, M., Focken, U. 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.
- Ramzanzadeh, F., Yeganeh, S., Janikhalili, K., Babaei, S.S. 2016. Effects of different photoperiods on digestive enzyme activities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) alevin and fry. *Canadian Journal of Zoology*, 94(6),435-442.
- Roch, P., Valembos, P., Davant, N., Lassegues, M. 1981. Protein analysis of earthworm coelomic fluid-II. Isolation and biochemical characterization of the *Eisenia fetida andrei* factor (EFAF). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 69, 829-836.
- Schrama, J., Saravanan, S., Geurden, I., Heinsbroek, L., Kaushik, S., Verreth, J. 2012. Dietary nutrient composition affects digestible energy utilisation for growth: a study on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and a literature comparison across fish species. *British Journal of Nutrition*, 108, 277-289.
- Shalaby, A., Khattab, Y., Abdel Rahman, A. 2006. Effects of garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 12, 172-201.
- Sogbesan, O., Ugwumba, A., Madu, C. 2006. Nutritive potentials and utilization of garden snail (*Limicolaria aurora*) meat meal in the diet of *Clarias gariepinus* fingerlings. *African Journal of Biotechnology*, 5.
- Stafford, E.A., Tacon, A.G. 1985. The nutritional evaluation of dried earthworm meal (*Eisenia foetida*, Savigny, 1826) included at low levels in production diets for rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Aquaculture Research*, 16, 213-222.
- Stafford, E.A., Tacon, A.G.J. 1984. Nutritive value of the earthworm, *Dendrodrilus subrubicundus*, grown on domestic sewage, in trout diets. *Agricultural Wastes*, 9, 249-266.
- Tacon, A.G.J., 1997. Global trends in aquaculture and aquafeed production 1984-1995. *Intl. Aquafeed Directory and Buyer's Guide*. pp. 5-37.
- Tacon, A., Stafford, E., Edwards, C. 1983. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout. *Aquaculture*, 35, 187-199.
- Tangestani, R., Doughikollae, E., Ebrahimi, E., Zare, P. 2011. Effects of garlic essential oils as an immunostimulant on hematological indices of juvenile beluga (*Huso huso*). *Journal of Veterinary Research*, 66, 209-216.
- Turchini, G.M., Mentasti, T., Frøyland, L., Orban, E., Caprino, F., Moretti, V.M., Valfré, F. 2003. Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid

- oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Aquaculture*, 225, 251-267.
- Velasquez, L., Ibañez, I., Herrera, C., Oyarzun, M. 1991. A note on the nutritional evaluation of worm meal (*Eisenia fetida*) in diets for rainbow trout. *Animal Production*, 53, 119-122.
- Yarmohammadi, M., Shabani, A., Pourkazemi, M., Soltanloo, H., Imanpour, M. 2012. Effect of starvation and re-feeding on growth performance and content of plasma lipids, glucose and insulin in cultured juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus* Borodin, 1897). *Journal of Applied Ichthyology*, 28, 692-696.
- Zaefarian, A., Yeganeh, S., Adhami, B. 2017. Dietary effects of garlic powder (*Allium sativum*) on growth, blood indices, carcass composition and lysozyme activity in brown trout (*Salmo caspius*) and resistance against *Yersinia ruckeri* infection. *Aquaculture International*, DOI: 10.1007/s10499-017-0169-3.