فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان
سال نهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

مقایسه رشد، ترکیب لاشه و پروفایل اسیدهای چرب کرم نرئیس (*Hediste diversicolor*) تغذیه شده با مواد دفعی و غذای فیل‌ماهی (*Huso huso*) در سیستم‌های باز و نیمه مداربسته

سهراب کلانتری[۱]، رضا طاعتی[۲]*، ذبیح‌اله پژند[۳]

تاریخ دریافت: تیر ۹۹ تاریخ پذیرش: شهریور ۹۹

چکیده

در مطالعه حاضر، رشد، ترکیب لاشه و پروفایل اسیدهای چرب کرم نرئیس (*Hediste diversicolor*) تغذیه شده با مواد دفعی و غذای فیل‌ماهی در سیستم‌های باز و نیمه مداربسته ارزیابی شدند. این مطالعه در سه تیمار با سه تکرار شامل تیمار۱: پرورش فیل‌ماهی و هدایت پساب به مخزن کرم و استفاده از آب برگشتی (نیمه مداربسته)، تیمار۲: پرورش فیل‌ماهی و هدایت پساب به مخزن کرم و خروج آب از سیستم (باز) و تیمار۳: پرورش کرم با غذای کنسانتره انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که شاخص‌های رشد و درصد زنده‌مانی در کرم‌های تغذیه شده از غذای کنسانتره در مقایسه با بقیه تیمارها بیشتر بود (P<۰/۰۵). بالاترین میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع (ΣPUFA) و نسبت ω-3/ω-6 در کرم‌های تغذیه شده با غذای کنسانتره مشاهده شد (P<۰/۰۵). کرم‌های پرورش‌یافته در سیستم نیمه مداربسته بیشترین اسیدهای چرب تک غیراشباع (ΣMUFA) و نسبت DHA/EPA را داشتند (P<۰/۰۵). در میزان پروتئین و چربی لاشه و مواد معلق خروجی مخازن کرم اختلافات معنی‌دار ثبت شد (P<۰/۰۵). با توجه به نتایج به دست آمده، این کرم‌ها به دلیل داشتن پروتئین بالا و نیز نسبت‌های مناسب DHA/EPA و ω-3/ω-6 از ارزش غذایی بالایی برای ماهیان خاویاری و مولدین میگو برخوردار هستند. از نظر اقتصادی، به دلیل عدم هزینه برای غذا می‌توان از کرم به عنوان تولید ثانویه بهره‌برداری کرد.

واژگان کلیدی: *کرم نرئیس، فیل‌ماهی، اسیدهای چرب، سیستم نیمه مداربسته.*

۱- کارشناس ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات، واحد تالش، دانشگاه آزاد اسلامی، تالش، ایران.
۲- استادیار گروه شیلات، واحد تالش، دانشگاه آزاد اسلامی، تالش، ایران.
۳- استادیار انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، رشت، ایران.
* نویسنده مسئول: r.taati@gmail.com

مقدمه

در فرایند آبزی‌پروری مسئولانه باید به منافع اجتماعی و اقتصادی آن توجه کرد. با ملزم کردن مزارع به طراحی اصولی می‌توان از خطرات زیست‌محیطی ناشی از پساب آن‌ها جلوگیری کرد. آب خروجی حاصل از آبزی‌پروری حاوی مقادیر زیادی از غذای خورده نشده و مواد دفعی است و تخلیه این آب در محیط باعث پدیده پرغذایی در محیط‌های آبی می‌شود. تجزیه این مواد باعث افزایش آمونیاک، نیتریت، نیترات و کاهش اکسیژن محلول شده که در نتیجه سبب افت کیفیت آب در گردش می‌شود. بنابراین، افزایش بهره‌وری با کمترین اثرات منفی زیست‌محیطی یکی از مهم‌ترین موضوعات توسعه آبزی‌پروری پایدار محسوب می‌شود (Honda and Kikuchi, 2002). پژوهشگران زیادی بر این باور هستند که با توسعه روش‌های نوین می‌توان اثرات زیست‌محیطی ناشی از آبزی‌پروری را به ویژه در بهبود کیفیت آب و استفاده بهینه از آب خروجی توسط موجودات کاهش داد (Folke et al., 1998; Crab et al., 2007).

به علت گسترش روزافزون پرورش ماهیان خاویاری مقادیر زیادی از مواد آلی به صورت مدفوع یا غذای خورده نشده وارد محیط‌های آبی شده، سبب آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود. کرم‌های پرتار با تغذیه از مدفوع، غذای خورده نشده و بقایای موجودات دیگر نقش مهمی در چرخه غذایی و حفظ محیط زیست بازی می‌کنند (Henriksen et al., 1983; Hutchings, 1998). کرم نرئیس از جمله پرتارانی است که در تغذیه انواع آبزیان اقتصادی اهمیت ویژه‌ای دارد. این کرم به دلیل داشتن مقادیر بالای پروتئین (Fidalgo e Costa, 1999)، انرژی بالا در حدود ۵۵۷۸ کالری بر گرم، داشتن میزان بالای اسیدهای چرب غیراشباع مانند EPA و DHA (پژند و همکاران، ۱۳۸۲؛ Olive, 1999) و همچنین آسان و ارزان بودن فرایند پرورش آن به دلیل نداشتن مرحله تروکوفور (به صورت پلانکتونی) نظر بسیاری از آبزی‌پروران را جلب کرده است و به عنوان غذای زنده در تغذیه آبزیان با ارزش شیلاتی مانند تاس‌ماهیان و میگوها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این کرم می‌تواند در مزارع پرورش ماهی با تراکم بالا به راحتی مورد تغذیه ماهیان قرار گیرد (Pousso-Ferreira et al., 1995). کرم نرئیس به راحتی می‌تواند رفتار غذایی خود را از صافی‌خواری به گوشت‌خواری، گیاه‌خواری و پوسیده‌خواری

تغییر دهد (Esnault et al., 1990). استفاده از بسترهای کرم در سیستم‌های تولید ماهی می‌تواند چندین هدف از جمله نگهداری اسیدهای چرب غیراشباع ارزشمند موجود در ضایعات ماهی را در پی داشته باشد (Bischoff et al., 2009). کرم‌های نرئیس به عنوان منبع خوبی از اسیدهای چرب غیراشباع با ارزش به شمار می‌آیند و می‌توانند در جیره غذایی آبزیان استفاده شوند (Lytle et al., 1990; Olive, 1999). جیره غذایی حاوی کرم نرئیس می‌تواند منجر به افزایش هم‌آوری تخم‌ها، بازماندگی لاروها و تسریع در بلوغ میگوهای پرورشی شود (Luis and Ponte, 1993).

مطالعاتی درباره کاهش مواد آلی و معدنی با استفاده از پرتاران در مقیاس آزمایشگاهی و پرورشی اجرا شده است. بررسی‌های Palmer و همکاران (۲۰۱۴) در مورد تغذیه کرم‌های پرتار پرورش یافته در فیلترهای شنی حاوی فضولات آبزیان دریایی نشان داد که کرم‌ها از مواد دفعی و غذای خورده نشده ماهیان تغذیه کرده، اسیدهای چرب را بازیافت می‌کنند. در مطالعه دیگری، Pajand و همکاران (۲۰۱۷) ثابت کردند که کرم نرئیس برای پرورش توأم با فیل‌ماهی (*Huso huso*) و بازیافت ضایعات ناشی از پرورش آن‌ها بسیار مناسب است. اشاره شد که با افزایش رشد کرم‌ها میزان تجزیه مواد آلی رسوبات افزایش یافت و اثرات منفی آن‌ها کاهش پیدا کرد. بررسی‌های پرندآور و کیم (۱۳۹۳) ثابت کرد که کرم‌های پرتار (*Marphysa sanguinea*) به طور موفقیت آمیزی در سیستم نیمه مداربسته می‌توانند از غذاهای خورده نشده و مواد دفعی ماهی کفشک ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*) تغذیه کنند. اگرچه، رشد این گروه از کرم‌ها از کرم‌هایی که از غذای تجاری تغذیه کرده بودند، کمتر بود (پرندآور و کیم، ۱۳۹۳). اثرات کرم نرئیس در تصفیه و حذف مواد مغذی پساب مانند نیترات، نیتریت، آمونیاک و غیره ناشی از تراکم‌های مختلف پرورش فیل‌ماهی نشان از اختلاف معنی‌دار در کاهش مواد مغذی پساب با حضور و عدم حضور کرم نرئیس داشت (پژند و همکاران، ۱۳۹۸). از طرف دیگر، یوسفی گراکویی و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی میزان رشد کرم نرئیس با غذا و مدفوع ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) دریافتند که کرم‌های تغذیه شده با غذای ماهی از نظر رشد، بازماندگی و میزان اسیدهای چرب DHA و EPA و نسبت DHA/EPA در شرایط بهتری نسبت به کرم‌های تغذیه شده با مدفوع ماهی قرار داشتند. مطالعه حاضر با هدف مقایسه

رشد، ترکیب لاشه و پروفایل اسیدهای چرب کرم نرئیس (*Hediste diversicolor*) تغذیه شده با مواد دفعی و غذای فیل‌ماهی در سیستم‌های باز و نیمه مداربسته انجام شد.

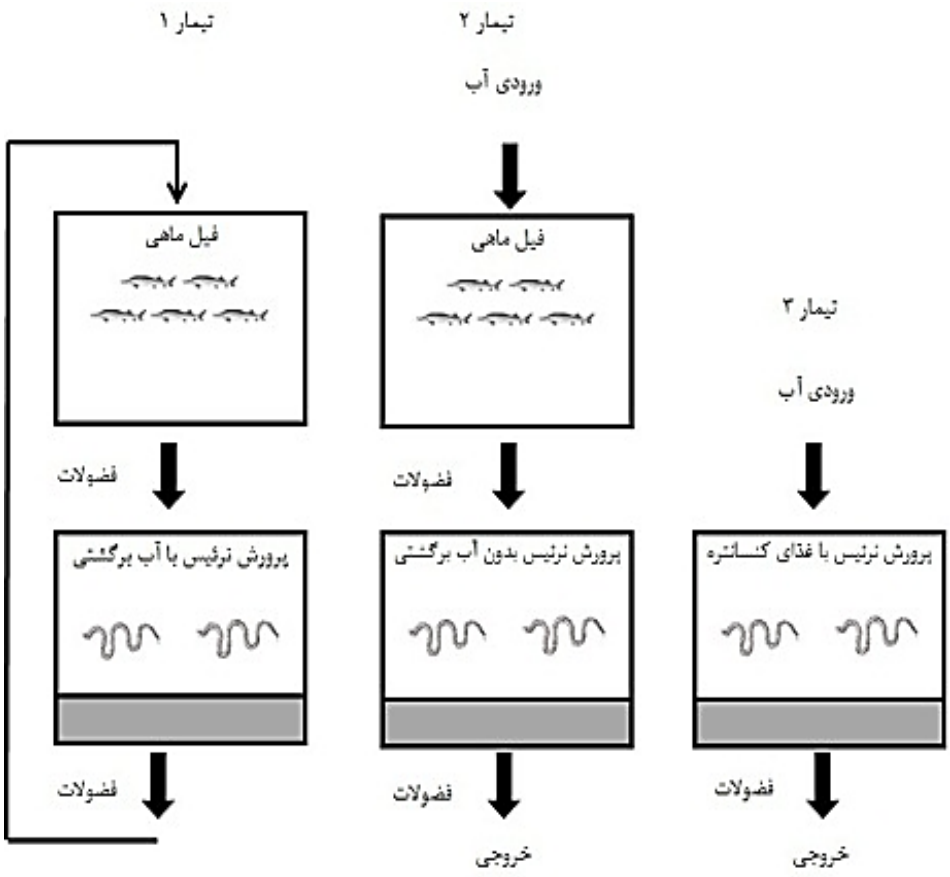
مواد و روش‌ها

ذخیره‌سازی کرم‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در موسسه تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر (رشت) انجام گرفت. ابتدا نوزادان کرم نرئیس (*Hediste diversicolor*) به دست آمده از تکثیر کرم‌های مولد برای انجام آزمایش در مخازن پلاستیکی پرورش داده شدند. لاروها پس از رسیدن به وزن ۰/۰۲±۰/۱۲ گرم از سطح رسوبات جمع‌آوری و با تراکم ۵۰۰ عدد (۲۵۰۰ عدد در متر مربع) در ۹ مخزن پلاستیکی ۴۰ لیتری با سطح مقطع ۲۰۰ سانتی‌مترمربع حاوی رسوب (۷ سانتی‌متر ماسه به همراه آب با شوری ۵ گرم در هزار) (پژند و همکاران، ۱۳۸۸) در قالب سه تیمار با سه تکرار بررسی شدند. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار ۱: پرورش فیل‌ماهی و هدایت پساب به مخزن پرورش کرم نرئیس و استفاده مجدد از آب برگشتی (سیستم نیمه مداربسته)، تیمار ۲: پرورش فیل‌ماهی و هدایت آب خروجی به مخزن پرورش کرم نرئیس و خروج آب از سیستم (باز) و تیمار ۳: پرورش کرم نرئیس با تغذیه از غذای کنسانتره بدون استفاده از مواد دفعی ماهی بودند (Pajand et al., 2017). غذای کنسانتره مورد استفاده غذای تجاری مخصوص فیل‌ماهی (Biomar، فرانسه) با پروتئین ۴۲ درصد، چربی ۲۲ درصد، عصاره عاری از ازت (کربوهیدرات محلول NFE) ۱۵ درصد، فیبر ۳/۳ درصد، خاکستر ۸ درصد و رطوبت ۹/۷ درصد بود.

مخازن در سه ردیف و سه طبقه با استفاده از آب چاه بر اساس شکل ۱ طراحی شدند (Pajand et al., 2017). در سیستم گردش آب، ابتدا آب خروجی مخازن پرورش ماهی با استفاده از نیروی گرانش به مخزن پرورش کرم نرئیس وارد می‌شد. برای سیستم آب برگشتی، پس از تصفیه آب توسط کرم و بستر ماسه‌ای، ۹۰ درصد آب به مخزن ذخیره وارد و پس از هوادهی، با کمک پمپ‌های آکواریومی به مخزن پرورش ماهی هدایت می‌شد و برای جبران آب مصرفی توسط سیستم، با هر بار چرخش ۱۰ درصد آب جدید به آن اضافه می‌شد. در ضمن، روزانه غذای خورده نشده و فضولات ماهی سیفون و به مخزن پرورش کرم ریخته می‌شدند. زیست‌سنجی (وزن) کرم‌ها برای اندازه‌گیری رشد و زنده‌مانی در ابتدا و انتهای دوره پرورش

انجام گرفت. در طول ۶۰ روز پرورش، میانگین دما ۲۳/۵۱±۰/۷۳ درجه سانتی‌گراد، میانگین اکسیژن محلول ۷/۲۷±۰/۵۳ میلی‌گرم در لیتر و میانگین pH ۷/۲۶±۰/۲۱ ثبت شد. اندازه‌گیری دما، اکسیژن محلول و pH آب با استفاده از دستگاه دیجیتال مولتی‌متر (HQ411D، HACH، آمریکا) به طور روزانه انجام پذیرفت.



شکل ۱: طراحی سیستم پرورش و تغذیه کرم نرئیس با استفاده از مواد دفعی فیل‌ماهی و غذای کنسانتره

شاخص‌های رشد و زنده‌مانی

شاخص‌های رشد شامل درصد افزایش وزن بدن (BWI)، نرخ رشد ویژه (SGR) و میانگین رشد روزانه (ADG) و میزان زنده‌مانی (SR) از رابطه‌های ۱ تا ۴ محاسبه شدند (Hung et al., 1993; Luo et al., 2010).

رابطه ۱:

$$BWI\ (\%) = [(W_f - W_i) / W_i] \times 100$$

W_i: میانگین وزن اولیه (گرم)؛ W_f: میانگین وزن نهایی (گرم).

رابطه ۲:

$$SGR\ (\%/day) = [(LnW_f - LnW_i) / t] \times 100$$

W_i: میانگین وزن اولیه (گرم)؛ W_f: میانگین وزن نهایی (گرم)؛ t: دوره پرورش (روز).

رابطه ۳:

$$ADG\ (g/day) = (W_f - W_i) / t$$

W_i: میانگین وزن اولیه (گرم)؛ W_f: میانگین وزن نهایی (گرم)؛ t: دوره پرورش (روز).

رابطه ۴:

$$SR\ (\%) = (N_f / N_i) \times 100$$

N_i: تعداد کرم‌ها در ابتدای دوره؛ N_f: تعداد کرم‌ها در پایان دوره.

آنالیز لاشه

در پایان دوره آزمایش، ۱۵ گرم کرم نرئیس از هر تکرار (۴۵ گرم از هر تیمار) به صورت تصادفی انتخاب و له شده، پس از بسته‌بندی در بسته‌های زیپ‌کیپ به صورت منجمد به آزمایشگاه منتقل شد. برای تعیین رطوبت از دستگاه آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت استفاده شد. پروتئین با برآورد نیتروژن کل (N×6.25) با استفاده از روش کجلدال استخراج و برای ارزیابی میزان چربی از روش سوکسله با استفاده از حلال کلروفوم با نقطه جوش ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت استفاده شد (AOAC, 2016). فرایندهای آنالیز لاشه و اندازه‌گیری اسیدهای چرب در آزمایشگاه مواد غذایی نوبل تبریز انجام شد.

استخراج اسیدهای چرب

استخراج اسیدهای چرب با استفاده از روش متیل استریفیکاسیون مستقیم انجام گرفت (Vingering and Ledoux, 2009). برای بررسی پروفایل اسیدهای چرب نمونه‌ها از دستگاه کروماتوگرافی گازی (4600، Unicam، آمریکا) استفاده شد.

اندازه‌گیری کل مواد جامد معلق آب

ابتدا کاغذ صافی واتمن در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس در

دسیکاتور گذاشته شد تا به دمای ثابت برسد. نمونه از صافی عبور داده شد و با آب حاصل از صافی، ظرف حاوی نمونه شست و شو داده شد. سپس کاغذ صافی حاوی مواد معلق نیز در همان درجه حرارت به مدت یک ساعت در آون قرار داده شد تا خشک شود. پس از قرار دادن نمونه در دسیکاتور و ثابت شدن دما، وزن کاغذ صافی و رسوب اندازه‌گیری شد. مقدار کل مواد جامد معلق (Total Suspended Solids: TSS) با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد (APHA, 2005).

رابطه ۵:

$$TSS\ (mg/mL) = [(A-B)/V] \times 1000$$

A: وزن کاغذ صافی و مواد معلق (گرم)؛ B: وزن کاغذ صافی (گرم)؛ V: حجم نمونه (میلی‌لیتر).

اندازه‌گیری کل مواد آلی رسوب

سه عدد بوته چینی تمیز شسته شده، توسط مداد شماره‌گذاری و به مدت ۲۴ ساعت در ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد. پس از گذشت زمان یاد شده، بوته‌های چینی از آون خارج و توزین شدند. مقداری از رسوبات یکی از نمونه‌ها در هر یک از سه بوته چینی ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون نگهداری شد و سپس هر یک از بوته‌های چینی همراه با محتویات آن توزین شدند. پس از خروج از آون و توزین، بوته‌های چینی، همراه با محتویات آن‌ها به مدت ۸ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از این مدت دوباره توزین شدند. درصد کل مواد آلی (Total Organic Matter: TOM) طبق رابطه ۶ محاسبه شد (APHA, 2005).

رابطه ۶:

$$TOM\ (\%) = [(A-B)/(A-C)] \times 100$$

A: وزن بوته چینی با رسوب پس از خشک شدن در آون (گرم)؛ B: وزن بوته چینی با رسوب پس از خشک شدن در کوره الکتریکی (گرم)؛ C: وزن بوته چینی خالی (گرم).

تجزیه و تحلیل آماری

این مطالعه به صورت طرح کاملا تصادفی انجام گرفت. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و آزمون همگنی گروه‌ها با آزمون لِوِن انجام پذیرفت. برای داده‌های همگن، جهت مقایسه میانگین بین تیمارهای تغذیه‌ای کرم نرئیس از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و برای جداسازی گروه‌های همگن از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. برای داده‌های غیرهمگن از آزمون غیرپارامتریک کروسکال- والیس استفاده

شد که معنی‌دار بودن گروه‌ها با استفاده از آزمون من- ویتنی در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشخص شد. نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار برده شد. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شدند.

نتایج

مقایسه شاخص‌های رشد کرم‌های نرئیس در تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ ارایه شده است. شاخص‌های زی‌توده نهایی، زی‌توده کسب شده، درصد افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه، میانگین رشد روزانه و درصد زنده‌مانی در کرم‌های تغذیه کرده از غذای کنسانتره در مقایسه با بقیه تیمارها بیشتر بودند و اختلاف معنی‌دار آماری را نشان دادند (P<۰/۰۵).

اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در میزان پروتئین لاشه کرم‌ها مشاهده شد. کرم‌های تغذیه شده با غذای کنسانتره بیشترین میزان پروتئین را داشتند که با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری نشان دادند (P<۰/۰۵؛ جدول ۲).

جدول ۱: شاخص‌های رشد کرم نرئیس تغذیه شده با مواد دفعی فیل‌ماهی در سیستم‌های نیمه مداربسته و باز و مقایسه آن با غذای کنسانتره (میانگین ± انحراف معیار)

شاخص‌های رشد	تیمارهای آزمایشی		
	مواد دفعی فیل‌ماهی (سیستم نیمه مداربسته)	مواد دفعی فیل‌ماهی (سیستم باز)	غذای کنسانتره
وزن اولیه هر کرم (گرم)	۰/۱۳±۰/۰۲۹ a	۰/۱۳±۰/۰۰۸ a	۰/۱۰±۰/۰۰۵ a
وزن نهایی هر کرم (گرم)	۰/۳۲±۰/۰۱۹ b	۰/۳۴±۰/۰۴۱ b	۰/۲۶±۰/۰۰۹ a
زی‌توده اولیه (گرم در مترمربع)	۳۲۷/۵۰±۷۲/۵۰ a	۳۴۳/۳۳±۲۰/۸۱ a	۲۶۶/۶۶±۱۴/۴۳ a
زی‌توده نهایی (گرم در مترمربع)	۵۳۲/۵۰±۱۷/۵۰ a	۵۱۱/۶۶±۶۰/۲۷ a	۶۱۸/۱۱±۱۷/۴۲ b
زی‌توده کسب شده (گرم)	۲۰۵/۰۰±۵۵/۰۰ a	۱۶۸/۳۳±۸۰/۸۲ a	۳۵۱/۴۳±۲۵/۲۹ b
درصد افزایش وزن بدن	۶۷/۳۵±۳۲/۴۹ a	۵۰/۱۲±۲۷/۱۲ a	۱۳۲/۳۱±۱۵/۹۲ b
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۰/۸۳±۰/۳۲ a	۰/۶۵±۰/۲۹ a	۱/۴۰±۰/۱۱ b
میانگین رشد روزانه (گرم در روز)	۳/۴۱±۰/۹۱ a	۲/۸۰±۱/۳۴ a	۵/۸۵±۰/۴۲ b
زنده‌مانی (درصد)	۶۶/۱۳±۶/۱۰ a	۶۰/۰۰±۹/۹۵ a	۹۲/۴۶±۴/۸۲ b

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (P<۰/۰۵).

جدول ۲: شاخص‌های آنالیز لاشه براساس وزن خشک کرم نرئیس تغذیه شده با مواد دفعی فیل‌ماهی در سیستم‌های نیمه مداربسته و باز و مقایسه آن با غذای کنسانتره (میانگین ± انحراف معیار)

شاخص‌های آنالیز لاشه (درصد)	تیمارهای آزمایشی		
	مواد دفعی فیل‌ماهی (سیستم نیمه‌مداربسته)	مواد دفعی فیل‌ماهی (سیستم باز)	غذای کنسانتره
پروتئین	۵۲/۴۸±۱/۰۹ b	۵۰/۱۷±۱/۱۴ a	۵۵/۲۳±۱/۰۶ c
چربی	۱۵/۰۵±۰/۸۷ b	۸/۳۶±۰/۹۷ a	۱۶/۱۱±۰/۴۴ b
رطوبت	۸۳/۱۱±۱/۷۰ a	۸۵/۲۶±۰/۹۳ a	۸۵/۲۱±۰/۸۸ a

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (P<۰/۰۵).

از طرف دیگر، بین کرم‌های موجود در سیستم‌های باز و نیمه مداربسته در میزان پروتئین لاشه تفاوت معنی‌دار آماری ثبت شد (P<۰/۰۵). اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در چربی لاشه مشاهده شد. کرم‌های موجود در سیستم باز کمترین (P<۰/۰۵) میزان چربی را داشتند. در میزان رطوبت لاشه اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (جدول ۲).

مقایسه درصد اسیدهای چرب کرم‌های نرئیس در تیمارهای آزمایشی در جدول ۳ نمایش داده شده است. اختلاف معنی‌دار آماری در میزان اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در همه تیمارها مشاهده می‌شود (P<۰/۰۵). بالاترین میزان مجموع پروفایل اسیدهای چرب چند غیراشباع (ΣPUFA) و نسبت ω-3/ω-6 در کرم‌های نرئیس تغذیه شده با غذای کنسانتره مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای دیگر نشان داد (P<۰/۰۵). کرم‌های پرورش‌یافته در سیستم نیمه مداربسته بیشترین مجموع پروفایل اسیدهای چرب تک غیراشباع (ΣMUFA) و نسبت DHA/EPA را به خود اختصاص دادند که با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌دار آماری داشتند (P<۰/۰۵).

اختلاف معنی‌داری در میزان کل مواد جامد معلق (TSS) در آب ورودی بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. بالاترین میزان کل مواد جامد معلق در آب خروجی مخازن کرم‌های تغذیه شده با غذای کنسانتره ثبت شد (P<۰/۰۵). همچنین میزان کل مواد جامد معلق در آب ورودی تیمارها بیشتر از آب خروجی بود (جدول ۴).

جدول ۳: پروفایل اسیدهای چرب کرم نرئیس تغذیه شده با مواد دفعی فیل‌ماهی در سیستم‌های نیمه مداربسته و باز و مقایسه آن با غذای کنسانتره (میانگین ± انحراف معیار)

اسیدهای چرب (درصد)	فرمول شیمیایی	تیمارهای آزمایشی		
		مواد دفعی فیل‌ماهی (سیستم نیمه مداربسته)	مواد دفعی فیل‌ماهی (سیستم باز)	غذای کنسانتره
اسیدکاپریک	C10:0	۰/۰۲±۰/۰۱ a	۰/۰۴±۰/۰۳ b	۰/۱۷±۰/۰۴ a
اسید لوریک	C12:0	۰/۰۵±۰/۰۳ a	۰/۱۳±۰/۰۳ b	۰/۱۹±۰/۰۲ b
اسید مریستیک	C14:0	۰/۱±۰/۰۲ a	۰/۴۳±۰/۰۶ b	۰/۷۶±۰/۰۷ c
اسید پنتادسیلیک	C15:0	۰/۰۳۰±۰/۰۱۵ a	۰/۰۰۸±۰/۰۰۷ a	۰/۱۰۵±۰/۰۲۶ b
اسید پالمتیک	C16:0	۲/۹۷±۰/۱۳ a	۵/۳۳±۰/۷۵ c	۴/۱۸±۰/۴۷ b
اسید هپتادکانوئیک	C17:0	۰/۰۳±۰/۰۰۹ a	۰/۰۵±۰/۰۰۶ b	۰/۰۶±۰/۰۰۴ c
اسید استئاریک	C18:0	۰/۸۸±۰/۰۹ a	۱/۷۳±۰/۲۱ c	۱/۴۰±۰/۱۳ b
اسید آراشیدیک	C20:0	۰/۱۲±۰/۰۱ b	۰/۱۹±۰/۰۱ c	۰/۰۰±۰/۰۰ a
اسید پامیتولئیک	C16:1	۰/۱۴±۰/۰۱ a	۰/۲۳±۰/۰۲ b	۰/۳۴±۰/۰۳ c
اسید الایدیک	C18:1n-9t	۰/۰۴±۰/۰۱ a	۰/۱۶±۰/۰۱ c	۰/۱۰±۰/۰۱ b
اسید اولئیک	C18:1n-9c	۹/۴۱±۰/۸۲ b	۴/۲۷±۰/۵۸ a	۵/۱۸±۰/۳۰ a
اسید آیکوزنوئیک	C20:1	۰/۰۴±۰/۰۱ a	۰/۰۶±۰/۰۴ a	۰/۱۲±۰/۰۱ a
اسید دوکوزادی نوئیک	C22:2	۰/۰۵±۰/۰۲ a	۰/۱۳±۰/۰۳ b	۰/۰۲±۰/۰۱ a
اسید لینوایلایدیک	C18:2n-6t	۰/۴۱±۰/۰۳ c	۰/۱۹±۰/۰۱ b	۰/۰۴±۰/۰۷ a
اسید لینولئیک	C18:2n-6c	۱/۷۸±۰/۲۰ a	۲/۳۹ ±۰/۱۹ b	۲/۸۷±۰/۴۰ b
اسید α-لینولنیک	C18:3n-3	۰/۰۳±۰/۰۰۸ a	۰/۰۲ ±۰/۰۰۲ a	۰/۱۹±۰/۰۱۹ b
اسید آراشیدونیک	C20:4n-6	۰/۰۱±۰/۰۰۶ b	۰/۰۰±۰/۰۰ a	۰/۰۰±۰/۰۰ a
اسیدآیکوزاپنتانوئیک (EPA)	C20:5n-3	۰/۰۳±۰/۰۱ a	۰/۱۰ ±۰/۰۳ a	۰/۲۳±۰/۰۸ b
اسیددوکوزاهگزانوئیک (DHA)	C22:6n-3	۰/۰۸±۰/۰۳ b	۰/۰۰±۰/۰۰ a	۰/۱۴±۰/۰۲ c
مجموع اسیدهای چرب اشباع	ΣSAF	۴/۲۱±۰/۲۶ a	۷/۹۴±۰/۸۰ b	۶/۸۸±۰/۵۸ b
مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع	ΣMUFA	۹/۶۸±۰/۸۷ b	۴/۷۳±۰/۵۲ a	۵/۸۷±۰/۳۰ a
مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع	ΣPUFA	۲/۴۱±۰/۲۹ a	۲/۸۵±۰/۲۷ a	۳/۷۸±۰/۲۲ b
نسبت DHA به EPA	DHA/EPA	۲/۶۳±۰/۱۷ c	۰/۰۰±۰/۰۰ a	۰/۶۶±۰/۱۶ b
نسبت امگا-۳ به امگا-۶	ω-3/ω-6	۰/۰۶±۰/۰۱ a	۰/۰۵±۰/۰۱ a	۰/۲۰±۰/۰۶ b

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (P<۰/۰۵).

جدول ۴: شاخص‌های کیفی آب ورودی، خروجی و موادآلی محلول در رسوبات مخازن کرم نرئیس تغذیه شده با مواد دفعی فیل‌ماهی در سیستم‌های نیمه مداربسته و باز و مقایسه آن با غذای کنسانتره (میانگین ± انحراف معیار)

شاخص‌های کیفی آب	تیمارهای آزمایشی		
	مواد دفعی فیل‌ماهی (سیستم نیمه‌مداربسته)	مواد دفعی فیل‌ماهی (سیستم باز)	غذای کنسانتره
مواد جامد معلق آب ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۰۴±۰/۰۱ [a]	۰/۰۳±۰/۰۱ [a]	۰/۰۴±۰/۰۰ [a]
مواد جامد معلق آب خروجی (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۰۳±۰/۰۰۰ [a]	۰/۰۲±۰/۰۰۵ [a]	۰/۰۴±۰/۰۰۵ [b]
مواد آلی محلول (درصد)	۱/۵۱±۰/۱۱ [a]	۱/۵۴±۰/۳۳ [a]	۱/۵۲±۰/۲۳ [a]

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (P<۰/۰۵).

در مقادیر کل مواد آلی (TOM) محلول در محیط پرورش کرم‌ها نیز تفاوت معنی‌داری ثبت نشد (P>۰/۰۵؛ جدول ۴).

بحث

پرورش ماهی در سیستم بسته با بازچرخانی آب باعث تجمع مواد آلی زاید در محیط پرورش می‌شود. از ضایعات ناشی از مزارع پرورش ماهی می‌توان به عنوان منبع غذایی برای سطوح پایین‌تر شبکه غذایی استفاده و جانوران ثانویه با ارزش اقتصادی تولید کرد (Bischoff et al., 2009). در مطالعه حاضر، بهترین عملکرد رشد و بالاترین درصد زنده‌مانی در کرم‌های نرئیس تغذیه شده با غذای کنسانتره مشاهده شد. علت افزایش زی‌توده کرم‌ها این است که غذای کنسانتره دارای تمامی عناصر مغذی اصلی و جزئی بود و تمام احتیاجات کرم را فراهم کرد. ولی در سیستم‌های باز و نیمه مداربسته به دلیل تغذیه کرم‌ها از فضولات ماهی و بقایای مواد غذایی که تغییر شکل یافته و بسیاری از ویژگی‌های خود را در آب از دست داده بودند، رشد کرم‌ها کاهش پیدا کرد. از طرف دیگر، کاهش درصد زنده‌مانی در کرم‌های تغذیه شده با مواد دفعی فیل‌ماهی در دو سیستم باز و نیمه مداربسته می‌تواند به علت تلفات ناشی از کمبود غذا، مدفوع و یا احتمالا پدیده هم‌جنس‌خواری به خاطر گرسنگی زیاد باشد (Batista et al., 2003). همسو با مطالعه حاضر، Honda و Kikuchi (۲۰۰۲) کرم پرتار (*Perinereis nuntia vallata*) را روزانه با مقادیر مشخصی از مواد دفعی ماهی کفشک

ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*)، غذای تجاری مخصوص پرتاران و غذای تجاری ماهی کفشک تغذیه کردند و مشخص شد کرم‌هایی که از مواد دفعی ماهی تغذیه کرده بودند، رشد خوبی داشتند، اما رشدشان از کرم‌هایی که از غذای تجاری تغذیه کرده بودند، کمتر بود. علت آن پایین بودن میزان پروتئین در مواد دفعی عنوان شد (Honda and Kikuchi, 2002). مشابه با بررسی حاضر، یوسفی گراکویی و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی میزان رشد کرم نرئیس با غذا و مدفوع ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بیان کردند که کرم‌های تغذیه شده با غذای ماهی از نظر رشد و میزان زنده‌مانی شرایط بهتری نسبت به کرم‌های تغذیه شده با مدفوع ماهی داشتند. همچنین، در مطالعه‌ای دیگر، Brown و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که کرم‌های *Nereis virens* بهترین رشد را در استفاده از غذای تجاری کرم در سیستم پرورش مداربسته داشتند. زی‌توده نهایی و وزن متوسط در کرم‌هایی که از مواد زاید و مدفوع ماهی کفشک هالیبوت اقیانوس اطلس (*Hippoglossus hippoglossus*) تغذیه کرده بودند در پایین‌ترین حد بود، اگرچه مواد زاید و مدفوع ماهی پروتئین بالاتری از جیره تجاری کرم پرتار داشتند اما این پروتئین توسط ماهی هضم نشده و سهم هضم آن برای کرم کمتر بود (Brown et al., 2011). Nesto و همکاران (۲۰۱۲) به ارتباط رشد بالای کرم به دلیل میزان پروتئین بالای غذای تجاری در مقایسه با غذاهای با پروتئین پایین اشاره کردند.

مدفوع حاصل از پرورش آبزیان حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای اسیدهای چرب ضروری است. کرم نرئیس قادر است اسیدهای چرب را بازیافت کند. با پیگیری مسیر سوخت و ساز اسیدهای چرب مشخص شد که سهم زیادی از اسیدهای چرب توسط ماهی استفاده نشده و دفع می‌شود. تعداد معدودی از اسیدهای چرب اشباع در رسوبات شناسایی شده است که بیشترین آن‌ها اسیدپالمیتیک است. عدم حضور اسیدهای چرب غیراشباع زنجیره بلند می‌تواند به واسطه بتااکسیداسیون باکتری‌های موجود در رسوب باشد. علت دیگر آن، مصرف فوری آن‌ها توسط کرم‌های پرتار است (Sijtsma and De Swaaf, 2004). در همین راستا، در مطالعه حاضر، اسید پالمیتیک در بین اسیدهای چرب اشباع در نمونه‌های کرم، اسیدچرب اصلی بود. مقدار آن در کرم‌های تغذیه شده با مواد دفعی فیل‌ماهی (سیستم باز) بیشتر از کرم های تغذیه شده با غذای کنسانتره بود. در تایید این نتایج،

Pajand و همکاران (۲۰۱۷) و یوسفی گراکویی و همکاران (۱۳۹۹) به ترتیب یافته‌های مشابهی را در کرم‌های نرئیس تغذیه کرده از مدفوع و غذای فیل‌ماهی و ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به دست آوردند. در سیستم پرورش با آب برگشتی، اسیدهای چرب دارای کیفیت بالا به ویژه ARA، EPA و DHA می‌توانند توسط کرم‌ها تولید شوند. حضور اسیدهای چرب چند غیراشباع به میزان زیادی ارزش این کرم‌ها را به عنوان منابع تغذیه‌ای در جیره غذایی ماهی و میگو افزایش می‌دهد. (Bischoff et al., 2009). تفاوت در مقادیر اسیدهای چرب در بررسی حاضر می‌تواند به دلیل اختلاف در منابع تامین کننده چربی در غذای تجاری فیل‌ماهی باشد.

در مطالعه حاضر، نسبت اسیدهای چرب DHA/EPA در کرم‌های تغذیه کرده از غذای کنسانتره بسیار پایین‌تر از کرم‌های تغذیه شده در سیستم نیمه مداربسته بود. در مطابقت با بررسی حاضر، مطالعات نشان داد که کرم نرئیس دارای مقادیر بالاتری EPA در شرایط طبیعی است، اما زمانی که از غذای ماهی یا کنسانتره یا از ضایعات حاصل از پرورش آبزیان استفاده شود میزان EPA نسبت به ARA و DHA کاهش می‌یابد (Bischoff et al., 2009). Fidalgo e Costa و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی تغذیه کرم نرئیس با ۶ جیره غذایی مختلف شامل غذاهای تجاری و طبیعی جانوری (آرتمیا) و گیاهی (سویا) به این نتیجه رسیدند که کرم‌ها وقتی از غذاهای با اسیدهای چرب بالا تغذیه می‌کنند میزان اسیدهای چرب کمتری در لاشه خود دارند و بر عکس وقتی از غذاهای با اسیدهای چرب کم تغذیه می‌کنند میزان بیشتری اسید چرب در لاشه خود دارند. این پژوهشگران علت این امر را توانایی نرئیس در جذب اسیدهای چرب تا حد اشباع دانستند (Fidalgo e Costa et al., 2000). در مطالعه حاضر، نسبت DHA/EPA در کرم‌های تغذیه شده با غذای کنسانتره کمتر از یک بود و در کرم‌های تغذیه شده در سیستم نیمه مداربسته بیشتر از دو بود. چون در تیمار نیمه مداربسته فیل‌ماهیان از غذای کنسانتره تغذیه کرده بودند و باقیمانده غذا و مدفوع مورد تغذیه کرم‌ها قرار گرفت، از این رو نسبت بالا بیشتر از دو بود. همسو با بررسی حاضر، Fidalgo e Costa و همکاران (۲۰۰۰) اعلام کردند که هر چه جیره غذایی دارای مقادیر بیشتری از نسبت DHA/EPA باشد این نسبت در کرم کمتر از یک خواهد بود. در تضاد با مطالعه حاضر، یوسفی گراکویی و همکاران (۱۳۹۹) بیان کردند که

نسبت DHA/EPA در هر دو گروه از کرم‌های نرئیس تغذیه شده با مدفوع و غذای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان کمتر از یک بود. همچنین، میزان اسیدهای چرب DHA و EPA و نسبت DHA/EPA در کرم‌های تغذیه شده با غذای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بالاتر از نمونه‌های تغذیه شده با مدفوع ماهی بود.

نسبت ω-3/ω-6 در مطالعه حاضر در کرم‌های تغذیه شده با غذای کنسانتره بالاتر از تیمارهای دیگر بود. این مساله نشان می‌دهد که این گروه از کرم‌ها به دلیل داشتن پروفایل کامل اسیدهای چرب غیراشباع دارای مقادیر بالاتری از نسبت ω-3/ω-6 هستند. Fidalgo e Costa و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که نسبت ω-3/ω-6 در کرم‌های تغذیه شده با غذاهای با منشا دریایی بیشتر از یک بود در حالی که این نسبت در کرم‌های تغذیه شده با غذاهای با منشا غیردریایی کمتر از یک بود که با یافته‌های به دست آمده از بررسی حاضر در هر سه تیمار مطابقت دارد.

مدفوع و غذای خورده نشده اصلی‌ترین ترکیبات تشکیل دهنده مواد معلق جامد (TSS) محسوب می‌شوند. زمانی که آب خروجی حوضچه فیل‌ماهیان از مخزن حاوی کرم نرئیس عبور می‌کند میزان مواد معلق جامد کاهش می‌یابد و مقدار آن در مقایسه با آب ورودی به مخزن پرورش ماهیان کمتر می‌شود (جدول ۴). دلیل این امر خاصیت فیلترکنندگی بستر شنی مکان زیست کرم نرئیس است و از طرف دیگر این مواد می‌توانند مورد مصرف کرم‌ها قرار بگیرند و از میزان مواد معلق جامد آب خروجی مخازن پرورش ماهی بکاهد. پرندآور و کیم (۱۳۹۳) نیز اعلام کردند که کارایی کرم پرتار (*Marphysa sanguinea*) در کنترل میزان مواد معلق جامد آب خروجی مخازن بالا بود. عدم تفاوت معنی‌دار در شاخص کل مواد آلی (TOM) در تیمارهای مورد بررسی حاکی از مصرف مواد آلی انباشت شده در رسوبات توسط کرم نرئیس بود. این بدان معنی است که میزان مواد آلی ورودی به مخازن پرورش کرم نرئیس در همه تیمارها به یک نسبت هم از سوی مواد دفعی فیل‌ماهیان و هم از سوی غذای کنسانتره وجود داشت.

با توجه به نتایج به دست آمده از شاخص‌های رشد کرم‌های نرئیس و نیز دستیابی به یک محصول ثانویه به عنوان غذای زنده، این مطالعه دارای اهمیت است. از طرف دیگر، این کرم‌ها به دلیل داشتن پروتئین بالای لاشه، پروفایل مطلوب اسیدهای چرب غیراشباع و نیز نسبت‌های مناسب DHA/EPA و ω-3/ω-6 از

ارزش غذایی قابل‌توجهی برای ماهیان خاویاری و مولدین میگو برخوردار هستند. به دلیل عدم تغذیه کرم نرئیس از غذای کنسانتره در سیستم نیمه مداربسته در مقایسه با تیماری که در آن کرم از غذای کنسانتره استفاده کرده بود، این مساله از نظر اقتصادی بسیار مهم است. برای این که کرم‌های تغذیه شده با مواد دفعی فیل‌ماهی به رشد حداکثری برسند، به زمان بیشتری برای پرورش نیاز داشتند و چون هیچ هزینه‌ای برای غذادهی کرم‌ها صرف نمی‌شود، از این رو پرورش آن‌ها مقرون به صرفه خواهد بود. بنابراین انتظار می‌رود کرم نرئیس یکی از گونه‌های مناسب در آبزی‌پروری چندمنظوره جهت ارتقای بهره‌وری سیستم محسوب شود.

تشکر و قدردانی

از بخش بوم‌شناسی موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر به ویژه همکاری صمیمانه جناب آقای مهندس اسماعیل فرزانه و همچنین از جناب آقای احمد باقری از کارکنان شرکت دانش‌بنیان زیست پالایشگر خزر و حمایت پارک علم و فناوری استان گیلان کمال تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

پرندآور ح. و کیم ه.ج. ۱۳۹۳. کارآیی روند رشدکرم پرتار *Marphysa sanguinea* با تغذیه از مواد ارگانیک حاصل از پرورش ماهیان وکاهش بار آلودگی ناشی از آن در سیستم نیمه مدار بسته. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۸(۳): ۱۱-۱.

پژند ذ.ا.، حدادی مقدم ک.، چوبیان ف.، روفچائی ر. و پرندآور ح. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر دما، شوری و دوره نوری در القاء رسیدگی جنسی و رفتارهای تولیدمثلی کرم نرئیس (*Nereis diversicolor*). مجله علمی شیلات ایران، ۱۸(۳):۳۰-۱۱.

پژند ذ.ا.، سلطانی م.، کمالی ا. و بهمنی م. ۱۳۹۸. بررسی کارایی حذف مواد مغذی پساب حاصل از تراکم‌های مختلف پرورش فیل‌ماهی (*Huso huso*) توسط کرم پرتار دریایی (*Nereis diversicolor*). نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۱۳(۳): ۲۴-۱۳.

پژند ذ.ا.، عمادی ح.، نگارستان ح.، پرندآور ح.، چوبیان ف. و حدادی مقدم ک. ۱۳۸۲. بررسی امکان دستیابی به بیوتکنیک پرورش کرم نرئیس (*Nereis diversicolor*). گزارش نهایی پروژه، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۷۸ص.

یوسفی گراکویی م.، کمالی ا. و سلطانی م. ۱۳۹۹. مقایسه میزان رشد و پروفایل اسید چرب کرم‌های *Nereis diversicolor* تغذیه شده با مدفوع و غذای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۱۴(۱): ۱۳۰-۱۱۹.

AOAC. 2016. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International, USA. 3172P.

APHA (American Public Health Association). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, USA. 1368P.

Batista F.M., Fidalgo e Costa P., Matias D., Joaquim S., Massapina C., Passos A.M., Pousao Ferreira P. and Cancela Da Fonseca L. 2003. Preliminary results on the growth and survival of the polychaete *Nereis diversicolor* (O.F. Muller, 1776), when fed with faeces from the carpet shell clam *Ruditapes decussates* (L., 1758). Boletino Del Instituto Espanol De Oceanografia, 19(4): 443–446.

Bischoff A.A., Fink P. and Waller U. 2009. The fatty acid composition of *Nereis diversicolor* cultured in an integrated recirculated system: Possible implications for aquaculture. Aquaculture, 296: 271–276.

Brown N., Eddy S. and Plaud S. 2011. Utilization of waste from a

marine recirculating fish culture system as a feed source for the polychaete worm, *Nereis virens*. Aquaculture, 322-323:177–183.

Crab R., Avnimelech Y., Defoirdt T., Bossier P. and Verstraete W. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. Aquaculture, 1: 1–14.

Esnault G., Retiere C. and Lambert R. 1990. Food resource partitioning in a population of *Nereis diversicolor* (Annelida, Polychaeta) under experimental conditions. Proceedings of the 24th European Marine Biology Symposium, University of Stirling, Scotland. P: 453–467.

Fidalgo e Costa P. 1999. Reproduction and growth in captivity of the polychaete *Nereis diversicolor* O. F. Muller, 1776, using two different kinds of sediment: Preliminary assays. Boletdn Instituto Espanol de Oceanografia, 15: 351–355.

Fidalgo e Costa P., Narciso N. and Cancela Da Fonseca L. 2000. Growth, survival and fatty acid profile of *Nereis diversicolor* fed on six different diets. Bulletin of Marine Science, 67(1): 337–343.

Folke C., Kautsky N., Berg H., Jansson A. and Troell M. 1998. The ecological footprint concept for sustainable seafood production: A review. Ecological Applications, 1: 63–71.

Henriksen K., Rasmussen M.B. and Jensen A. 1983. Effect of bioturbation on microbial nitrogen transformations in the sediment and fluxes of ammonium and nitrate to the overlaying water. Ecological Bulletins, 35: 193–205.

Honda H. and Kikuchi K. 2002. Nitrogen budget of polychaete *Perinereis nuntia vallata* fed on the feces of Japanese flounder. Fisheries Science, 6: 1304–1308.

Hung S.S.O., Lutes P.B., Shqueir A.A. and Conte F.S. 1993. Effect of feeding rate and water temperature on growth of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). Aquaculture, 115: 297–303.

Hutchings P. 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. Biodiversity and Conservation, 7: 1133–1145.

Luis O.J. and Ponte A.C. 1993. Control of reproduction of the shrimp *Penaeus kerathurus* held in captivity. Journal of the World Aquaculture Society, 24: 31–39.

Luo G., Xu J., Teng Y., Ding C. and Yan B. 2010. Effects of dietary lipid levels on the growth, digestive enzyme, feed utilization and fatty acid composition of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) reared in freshwater. Aquaculture Research, 41(2): 210–219.

Lytle J.S., Lytle T.F. and Ogle J.T. 1990. Polyunsaturated fatty acid profiles as a comparative tool in assessing maturation diets of *Penaeus vannamei*. Aquaculture, 89: 287–299.

Nesto N., Simonini R., Prevedelli D. and Da Ros L. 2012. Effects of diet and density on growth, survival and gametogenesis of *Hediste diversicolor* (O.F. Muller, 1776) (Nereididae, Polychaeta). Aquaculture, 362-363: 1–9.

Olive P.J.W. 1999. Polychaete aquaculture and polychaete science: A mutual synergism. Hydrobiologia, 402: 175–183.

Pajand Z.O., Soltani M., Bahmani M. and Kamali A. 2017. The role of polychaete *Nereis diversicolor* in bioremediation of wastewater and its growth performance and fatty acid composition in an integrated culture system with *Huso huso* (Linnaeus, 1758). Aquaculture Research, 48(10): 5271–5279.

Palmer P.J., Wang S., Houlihan A. and Brock I. 2014. Nutrition status of a nereidid polycheat cultured in sand filter of mariculture wastewater. Aquaculture Nutrition, 18: 675–691.

Pousso-Ferreira P., Machado M. and Cancela Da Fonseca L. 1995. Marine pond culture in southern Portugal: Present status and future perspectives. Cahiers Options Mediterraneennes, 16: 21–30.

Sijtsma L. and De Swaaf M.E. 2004. Biotechnological production and application of the ω-3 polyunsaturated fatty acid docosahexaenoic acid. Applied Microbiology and Biotechnology, 64: 146–153.

Vingering N. and Ledoux M. 2009. Use of Bpx-70 60 m GC column for screening the fatty acid composition of industrial cookies. The European Journal of Lipid Science and Technology, 111: 669–677.

Aquatic Physiology and Biotechnology
Vol. 9, No. 1, Spring 2021

Research Paper

Comparison of growth, carcass composition and fatty acid profile of *Hediste diversicolor* fed faeces and food of beluga (*Huso huso*) in open and semi-closed systems

Sohrab Kalantari[1], Reza Taati[2]*, Zabiollah Pajand[3]

Received: July 2020 Accepted: September 2020

Abstract

In this study, growth, carcass composition and fatty acid profile were evaluated in *Hediste diversicolor* fed faeces and food of beluga in open and semi-closed systems. This research was carried out based on three treatments in three replicates consisting of treatment 1: Nereis worm fed by beluga wastewater and using recycling water (semi-closed), treatment 2: Nereis worm fed by beluga wastewater without recycling water (open) and treatment 3: Nereis worm fed by concentrated food. Results showed that growth indices and survival rate in worms fed by concentrated food were higher than in comparison with other treatments ($P<0.05$). The highest content of ΣPUFA and ω-3/ω-6 ratio were observed in Nereis worms fed concentrated food ($P<0.05$). Reared worms in semi-closed system had the maximum content of ΣMUFA and DHA/EPA ratio ($P<0.05$). Significant differences were recorded in protein and lipid of carcass and TSS contents of worm tanks outlet ($P<0.05$). According to the results, because of having high content of protein as well as suitable ratios of DHA/EPA and ω-3/ω-6, these worms have high nutritional value for sturgeons and shrimp broodstocks. Economically, because of the lack of expense on food, the worm can be exploited as secondary product.

Key words: *Nereis Worm, Beluga, Fatty Acids, Semi-closed System*.

1- M.Sc. in Aquatic Animals Propagation and Rearing, Department of Fisheries, Talesh Branch, Islamic Azad University, Talesh, Iran.
2- Assistant Professor in Department of Fisheries, Talesh Branch, Islamic Azad University, Talesh, Iran.
3- Assistant Professor in International Sturgeon Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
*Corresponding Author: r.taati@gmail.com