

"مقاله پژوهشی"

اثرات تغذیه آرتمیای غنی‌سازی شده با ید بر شاخص‌های رشد و میزان هورمونهای تیروئیدی (T₃ و T₄) در لارو ماهی زبرا (*Danio rerio*)

سمیرا مقدم‌فر^۱، محمد رضا ایمان‌پور^{*}، علی شعبانی^۱، رقیه صفری^۱

۱- گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۱۹

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثرات تغذیه‌ای آرتمیای غنی‌سازی شده با ید بر شاخص‌های رشد و میزان هورمون‌های تیروئیدی T₃ و T₄ بر لارو ماهی زبرا (*Danio rerio*) در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تیمار غذایی با ۳ تکرار، به مدت ۶۰ روز انجام گردید. تیمارها شامل ماهیان تغذیه شده با آرتمیا (*Artemia franciscana*) غنی‌سازی نشده (تیمار یک)، تغذیه شده با آرتمیای غنی‌سازی شده با ۰/۰۲۵ گرم ید در لیتر (تیمار دو)، تغذیه شده با آرتمیای غنی‌سازی شده با ۰/۰۵ گرم ید در لیتر (تیمار سه)، تغذیه شده با آرتمیای غنی‌سازی شده با ۰/۱ گرم ید (تیمار چهار) می‌باشند، لاروهای ماهی زبرا ۴ بار در روز هر ۴ ساعت یک بار به میزان ۱۰٪ وزن بدن تغذیه می‌شدند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شاخص‌های رشد در تیمارهای مختلف وجود نداشت (P>۰/۰۵) اما میزان رشد در تیمار یک از سایر تیمارها کمتر بود. میانگین غلظت هورمون T₃ در تیمار دو نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (P>۰/۰۵). بیشترین میزان غلظت هورمون T₄ نیز مربوط به تیمار دو بود و تفاوت معنی‌داری میان تیمار یک و تیمار دو در میزان غلظت هورمون T₄ وجود داشت (P<۰/۰۵) و همچنین در تمامی تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد افزایش غلظت هورمون T₄ مشاهده شد (P<۰/۰۵). با توجه به نتایج فاکتورهای رشد و میزان هورمون‌های T₃ و T₄، در این آزمایش به نظر می‌رسد که غنی‌سازی با غلظت ۰/۰۲۵ گرم در لیتر ید احتمالاً سطح بهینه‌ای از غلظت ید به منظور غنی‌سازی می‌باشد.

کلمات کلیدی: آرتمیا، غنی‌سازی، ید، ماهی زبرا، رشد، هورمون تیروئید

مقدمه

قابلیت دسترسی به غذای مناسب برای تغذیه از جمله عوامل مهم در پرورش موفقیت آمیز ماهیان جهت تضمین سلامتی و رشد به ویژه در مراحل نوزادی می-باشد. تولید غذای زنده با کیفیت و کمیت مناسب به ویژه در مراحل ابتدایی پرورش لاروها یعنی آغاز تغذیه فعال (تغذیه خارجی)، از اهمیت زیادی برخوردار است. در بین انواع مختلف غذاهای زنده آرتمیا به دلیل داشتن درصد بالایی از پروتئین و چربی، اسیدهای چرب مطلوب و آنزیم های آمیلاز و تریپسین، کوتاه بودن سن بلوغ، هم آوری نسبتا زیاد و تراکم پذیری آن در زمان پرورش، مورد توجه است. تفریخ ساده و آسان ناپلی آرتمیا کمترین زحمت را برای دستیابی به این غذای زنده برای آبی پروری ممکن می سازد (Lawrence, 2007). از طرف دیگر ناپلی آرتمیا طی فرآیند غنی سازی، می تواند به عنوان حامل عناصر مختلفی مانند ید استفاده شود (Watanabe et al., 1997). در نتیجه با توجه به توانایی آرتمیا در ذخیره سازی و انتقال مواد شیمیایی، کیفیت مناسب به عنوان ماده تغذیه ای و عدم مشاهده اثرات مضر، ابزار دلخواهی برای انتقال عناصر مغذی مثل ید می باشد (امیری و همکاران، ۱۳۹۲ و ضیائی نژاد، ۱۳۹۳).

مطالعات اخیر نشان داده اند که میزان ید موجود در گونه های مختلف آرتمیا نسبت به سایر غذاهای زنده به میزان قابل ملاحظه ای کمتر می باشد (Hamer et al., 2002; Moren et al., 2006; Solbakken et al., 2002) و این مطلب می تواند توضیح دهنده علت دگرذیسی موفق تر در لارو ماهیان دریایی تغذیه شده با ژئوپلانکتون های وحشی در مقایسه با لاروهای تغذیه شده با آرتمیا باشد. آرتمیا برای پرورش اغلب لاروهای

ماهیان آب شیرین از جمله ماهی زبرا مورد استفاده قرار می گیرد (Lawrence, 2007). معمولا برای تغذیه ماهیان آب شیرین مانند زبرا از آرتمیا استفاده می شود با این حال هنوز مشخص نیست که آیا سطوح یدی که به طور معمول در آرتمیا وجود دارد، برای ماهی قابل دسترس می باشد یا خیر. معمولا زمانی که از غذای زنده (آرتمیا و...) برای تغذیه ماهی استفاده می شود می توان با غنی سازی توسط ریزمغذی های محلول مانند ید به بهبود وضعیت تغذیه ای آبی کمک نمود. این فرآیند از طریق نوشیدن آب یا جذب سطحی توسط غذای زنده انجام می شود (Moren et al., 2006; Hamre et al., 2009; Ribeiro et al., 2008). آب شیرین نسبت به آب شور از مقادیر خیلی کمتری از ید برخوردار است (Watanabe et al., 1997). میزان ید موجود در آب شور اغلب ۵۸ میکروگرم در لیتر می باشد در صورتی که در آب شیرین به ندرت به ۱۵ میکروگرم در لیتر می رسد، بنابراین مصرف ید در رژیم غذایی ماهیان آب شیرین ضروری می باشد. اغلب غذای زنده مورد استفاده در دوران لاروی ماهی زبرا آرتمیا می-باشد که همانطور که قبلا گفته شده از سطوح پایین ید برخوردار است (Lawrence, 2007). ماهی زبرا با نام علمی *Danio rerio* متعلق به خانواده سپرینیده در آب های شیرین مناطق گرمسیر زندگی می کند. پایدار بودن ژن ها، داشتن شباهت زیاد ژن های این ماهی به ژن های انسان، پرورش ساده و مقاومت بالای این ماهی این ماهی را به یک مدل ایده آل برای مطالعات آسیب شناسی مولکولی در ارتباط با بیماری های ژنتیکی انسان و مطالعات تکوینی جدید بدل ساخته است (Hawkyard et al., 2015).

عملکرد هورمون های تیروئیدی ماهیان مشابه عملکرد آنها در پستانداران می باشد. هورمون های تیروئیدی موجب سنتز پروتئین (آنزیم) $Na + K + ATPase$ شده و بر فعالیت آن می افزاید و مصرف ATP را از این طریق افزایش می دهند. اثرات این هورمون ها به کندی بروز می کند. اگر چه اثرات هورمون T_3 به مراتب سریع تر و قویتر از T_4 است. فرآیند دگرذیسی موجودات تحت تأثیر میزان فعالیت غده تیروئید می باشد (Norris, 2007). هورمون های تیروئیدی نقش محوری در رشد و نمو ماهیان استخوانی بازی می کنند (Power et al., 2008). منبع تامین ید برای ماهی از طریق جذب ید محلول در آب دریا توسط آبشش ها بوده و یا باید از طریق جیره غذایی تامین گردد. با توجه به اینکه ماهیان آب شیرین از کمترین میزان ید محلول در آب برخوردارند ید مورد نیاز آنها باید از راه تغذیه ماهی تامین گردند.

غده تیروئید به صورت دسته های کوچک از سلول ها در بافت هم بند حلق پراکنده می باشند. این سلول ها تیروکسین ترشح می کنند که نقش مهمی بر روی رشد، تکامل و متابولیسم در بسیاری از ماهیان دارد. هورمون تیروئید یک هورمون محلول در چربی کوچک است که توسط فولیکول های تیروئید تولید می شود. دو فرم فعال آن T_4 (تترایودوتیرونین) و T_3 (تری یدوتیرونین) می باشد. ماهیان مولد مقدار قابل توجهی هورمون تیروئید را در اووسیت های توسعه یافته خود ذخیره می کنند. مقدار هورمون تیروئید و نسبت T_3 به T_4 در تخم گونه های مختلف و در مولدین گونه های یکسان زیاد می باشد. نقش هورمون تیروئید در تخم ها هنوز روشن نیست. تیروکسین در کمک به ظهور برخی تغییرات ریختی و فیزیولوژیکی مرتبط با دگرذیسی حائز اهمیت

می باشد. همچنین این هورمون سبب شروع رفتار مهاجرتی رو به دریا، سازش تنظیم اسمزی مربوط در آزاد ماهیان جوان و تغییرات فیزیولوژیکی مارماهیان در خلال مهاجرت تخم ریزی به دریا می گردد. هورمون تیروئید، بر روی میزان مصرف اکسیژن، تحریک گوانین برای تجمع در پوست و تغییر میزان سوخت و ساز مواد قندی و نیتروژن اثر می گذارد. اما تاثیر آن بر روی تنظیم اسمزی مایعات بدن هنوز مورد شک و تردید است ولی مشاهده شده که تجویز تیروکسین تمایل آزاد ماهیان جوان را برای مهاجرت به آب شور افزایش می دهد (ستاری، ۱۳۸۱). پیشرفت های جدید در بررسی نقش هورمون تیروئید در رشد ماهیان با مراجعه به پرورش ماهیان مورد بررسی قرار گرفته است. گرچه بالا بردن بقا و رشد جنین ها و لاروها توسط غنی سازی در تخم ها با هورمون تیروئید در بعضی موارد گزارش شده است و همچنین محمد رضایی و همکاران (۱۳۹۱)، تغییرات هورمون تیروکسین، تری یدوتیرونین و کورتیزول و یون های سدیم، کلر و پتاسیم طی مرحله اسمولت بچه ماهی آزاد دریای خزر را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن ها نشان می داد که هورمون های تیروئیدی (T_3 و T_4) در بهار به ویژه در بچه ماهیان آزاد ماهی دریای خزر ۲۰ گرمی بیشتر بوده و در این فصل فرآیند اسمولت شدن بارزتر بوده است. همچنین این بچه ماهیان از لحاظ فیزیولوژیکی آمادگی مهاجرت به سمت پایین دست رودخانه و دریا را دارا می باشند. Kibria و Nugegoda (۲۰۱۶)، با بررسی اثرات مواد شیمیایی زیست محیطی بر روی عملکرد تیروئید ماهی نیز بیان داشتند که هورمون های تیروئیدی نقش اساسی در رشد و توسعه ماهیان به ویژه در دوران لاروی دارد. بررسی آن ها نشان داد که ماهیانی که بر اثر عوامل

هچ و غنی سازی آرتمیا

جهت تأمین ناپلی آرتمیای مورد نیاز به منظور غذادهی، از سیست آرتمیای فرانسیسکانا (*Artemia franciscana*) با درصد هچ ۸۰ درصد استفاده شد. تخم گشایی سیست‌های کپسول‌زدایی شده با به کارگیری ظروف قیفی شکل با حجم یک و نیم لیتر با استفاده از شوری 2 ± 35 انجام شد. سیست‌های کپسول‌زدایی شده، در ظروف شیشه‌ای در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد، شرایط نوری (۲۰۰۰ لوکس) و هوادهی شدید انکوباسیون شدند (Gomez-Gill et al., 1998). پس از ۲۴ ساعت ناپلیوس‌های تخم گشایی شده از مرحله اینستار II به مدت ۱۲ ساعت غنی سازی شدند. به منظور غنی سازی، ید به میزان‌های ۰/۲۵ میلی گرم در لیتر، ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر و ۰/۱ میلی گرم در لیتر در هر ظرف حامل ناپلی به صورت محلول در آب اضافه گردید.

پس از ۱۲ ساعت انجام عمل غنی سازی، ناپلی‌های غنی سازی شده، با استفاده از رفتار نور گرایی مثبت، از سیست‌ها و پوسته سیست‌های هچ شده جدا سازی شده و با استفاده از صافی با چشمه ۱۲۰ میکرون، با آب شیرین شسته شده و در ظروف مخروطی دیگری با دمای ۲۸ درجه سانتیگراد و شوری ۳۰ ppt سیفون شدند و منظور غذا دهی به لاورها نگهداری شدند.

تغذیه لاروها

در طول آزمایش لاروها با تناوب چهار بار در روز و به اندازه ۱۰٪ درصد وزن بدن تغذیه شدند (Hawkyard et al., 2015). در هر وعده غذایی به منظور دسترسی بیشتر ماهی به ناپلی‌ها هواده‌ها قطع گردید. غذا دهی لاروها در طول دوره پرورش ۴ بار در روز انجام گرفت. به منظور بررسی رشد لاروهای ماهی

استرس‌زا محیطی (عوامل شیمیایی و عوامل استرس‌زا فیزیکی) باعث تغییر قابل توجهی در تعادل T_4 موجود در پلاسما، T_3 و آسیب به هایپرتروفی تیروئید می‌شوند که از عوارض آن مهار تولید اسپرم، کاهش تولید تخم، کاهش رشد و افزایش مرگ و میر لارو می‌باشد. با توجه به موارد ذکر شده و از آنجاییکه تا کنون مطالعه‌ای در زمینه تاثیر ید در اثرات تغذیه آرتمیای غنی سازی شده توسط ید بر شاخص‌های رشد و میزان هورمون‌های تیروئیدی (T_3 و T_4) در لارو ماهیان زینتی از جمله ماهی زبرا صورت نگرفته است، مطالعه حاضر با هدف بررسی پارامترهای مذکور صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه آبی پروری شهید ناصر فضل بر آبادی در غالب طرح کاملاً تصادفی در بازه زمانی ۶۰ روزه طراحی و اجرا گردید تعداد ۸۰۰ عدد لارو ماهی زبرا از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان زینتی تهیه و به مدت یک هفته به منظور سازگاری در شرایط پرورشی در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. تیمارها در غالب ۴ تیمار و سه تکرار در ۱۲ آکواریوم تقسیم گردیدند. لاروهای ماهی زبرا با میانگین وزنی 0.02 ± 0.01 گرم (برای هر ماهی) و میانگین طول 0.5 ± 0.1 سانتی‌متر (برای هر ماهی) به هر کدام از آکواریوم‌ها انتقال یافت. تیمارها شامل تیمار یک (تیمار شاهد) (تغذیه شده با آرتمیای غنی سازی نشده)، تیمار دو (تغذیه شده با آرتمیای غنی سازی شده با ۰/۰۲۵ گرم در لیتر ید)، تیمار سه (تغذیه شده با آرتمیای غنی شده با ۰/۰۵ گرم در لیتر ید) و تیمار چهارم (تغذیه شده با آرتمیای غنی شده با ۰/۱ گرم در لیتر ید) می‌باشد.

هموژن شدند. پس از آن عصاره سلولی به دست آمده را توسط بافر فسفات رقیق کرده و ۱ گرم از آن را داخل ویال ریخته و سانتریفیوژ انجام گردید. در آخر توسط الیزا میزان هورمون تیروئیدی بافت ماهی (T₃ و T₄) اندازه گیری گردید.

روش آماری و تجزیه و تحلیل داده ها

تجزیه و تحلیل داده ها پس از تست نرمالیتی، به روش آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون دانکن (Duncan) جهت مقایسه میانگین ها انجام شد. اختلاف بین میانگین ها در تیمارهای مختلف با سطح اطمینان ($P > 0.05$) تعیین گردید. برای عملیات آماری از نرم افزار SPSS استفاده شد. تمام داده های متن بر اساس میانگین \pm انحراف معیار محاسبه شدند.

نتایج

زیست سنجی لاروهای زبرا

میانگین وزن و طول ماهیان در ابتدای دوره و انتهای دوره (جدول ۱) تفاوت معنی داری میان تیمارها نشان نداد ($P > 0.05$). هر چند در انتهای دوره تمامی تیمارهای تغذیه شده با آرتمیای غنی سازی شده رشد بیشتری نسبت به شاهد داشتند و تیمار ۲ (آرتمیای غنی - سازی شده با ۰/۰۲۵ گرم ید) بالاترین میزان میانگین وزنی و طولی را دارا بود. کمترین میزان میانگین طول و وزن متعلق به تیمار شاهد بود.

زبرا زیست سنجی لاروها در ابتدا دوره پرورش و در انتهای آن صورت گرفت. برای این منظور در هر نوبت تعداد ۲۰ لارو از هر تکرار بطور تصادفی صید گردید. وزن و طول کل آنها اندازه گیری شد. در آخر دوره افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، ضریب چاقی و درصد بازماندگی طبق فرمول محاسبه گردید.

افزایش وزن بدن (Hung et al., 1989)

وزن ابتدای دوره - وزن انتهای دوره = افزایش وزن بدن

درصد افزایش وزن (Bekcan et al., 2006)

$100 \times$ [وزن ابتدای دوره ÷ (وزن ابتدای دوره - وزن انتهای دوره)] = درصد افزایش وزن بدن

نرخ رشد ویژه (Bekcan et al., 2006)

$100 \times$ [طول دوره آزمایش ÷ (لگاریتم طبیعی وزن اولیه - لگاریتم طبیعی وزن نهایی)] = نرخ رشد ویژه

ضریب چاقی (Hung and lutes, 1989)

وزن ماهی (گرم) \times طول ماهی (سانتی متر) $\times 100$

درصد بازماندگی (Bilton and Robins, 1973)

$100 \times$ (تعداد ماهیان در انتهای دوره آزمایش - تعداد ماهیان در ابتدای دوره آزمایش) = درصد بازماندگی

اندازه گیری هورمون های تیروئیدی (T₃ و T₄)

برای آماده سازی نمونه ها ابتدا ۲۰ عدد لارو از هر آکواریوم برداشته شد. به علت کوچکی اندازه لاروها امکان خونگیری از آنها وجود نداشت، لذا نمونه ها پس از خروج از آکواریوم داخل بشر ریخته شد و به خوبی

جدول ۱: میانگین شاخص‌های رشد و تغذیه بچه‌ماهی زبرا در تیمارهای مختلف آرتمیای غنی‌سازی شده (گرم در لیتر)

شاخص	شاهد	۰/۰۲۵ ید	۰/۰۵ ید	۰/۱ ید
میانگین وزن ابتدای دوره (گرم)	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۶ ^a	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۷ ^a	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۸ ^a	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۷ ^a
میانگین وزن انتهای دوره (گرم)	۰/۰۹۱ ± ۰/۰۰۹ ^a	۰/۱۵۳ ± ۰/۰۴۲ ^a	۰/۰۹۶ ± ۰/۰۰۴ ^a	۰/۰۹۷ ± ۰/۰۰۳ ^a
طول ابتدای دوره (سانتی‌متر)	۰/۵ ± ۰/۰۵ ^a	۰/۵ ± ۰/۰۵ ^a	۰/۶ ± ۰/۰۷ ^a	۰/۵ ± ۰/۰۶ ^a
طول نهایی (سانتی‌متر)	۲/۱۴۵ ± ۰/۱۲۵ ^a	۲/۵ ± ۰/۰۳ ^a	۲/۲۴ ± ۰/۰۴ ^a	۲/۲۳ ± ۰/۰۳۶ ^a
افزایش وزن بدن (گرم)	۰/۰۸۷ ± ۰/۰۰۹ ^a	۰/۱۴۷ ± ۰/۰۴۲ ^a	۰/۰۸۹ ± ۰/۰۰۴ ^a	۰/۰۹۱ ± ۰/۰۰۴ ^a
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۴/۳۵۷ ± ۰/۲۲ ^a	۵/۰۸۷ ± ۰/۴۷ ^a	۴/۳۷۶ ± ۰/۰۸ ^a	۴/۴۱۲ ± ۰/۰۷ ^a
نرخ بازماندگی (درصد)	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a
ضریب چاقی	۰/۷۹۶ ± ۰/۰۸۴ ^a	۰/۸۹۸ ± ۰/۰۶۸ ^a	۰/۸۵۷ ± ۰/۱۶ ^a	۰/۸۲۰ ± ۰/۰۰۱ ^a

حروف انگلیسی مشترک در هر ردیف نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن در سطح ۰/۰۵ می‌باشد. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشد.

میانگین سطح ید در لاروهای ماهی زبرا

جدول ۲

میزان میانگین غلظت هورمون‌های تیروئیدی را در تیمارهای تغذیه‌ای و گروه شاهد نشان می‌دهد. در این مقایسه بیشترین میزان غلظت هورمون‌های تری-یدوتیروکسین (T₃) و تیروکسین (T₄) متعلق به تیمار ۲ می‌باشد، که میزان هورمون تیروکسین (T₄) اختلاف معنی‌داری تیمار شاهد نشان می‌دهد (P < ۰/۰۵).

بیشترین افزایش وزن (۰/۱۴۷ گرم) مربوط به تیمار ۲ تغذیه‌ای و کمترین میزان رشد مربوط به تیمار شاهد با میانگین (۰/۰۸۹ گرم) تعلق داشت با این حال اختلاف معنی‌داری میان آنها مشاهده نشد (P > ۰/۰۵). میانگین رشد و ضریب چاقی نیز اختلاف معنی‌داری میان تیمارها و شاهد نشان نداد (P > ۰/۰۵).

جدول ۲: میانگین غلظت هورمون های تیروئیدی بچه ماهی زبرا در تیمارهای مختلف آرتمیای غنی سازی شده (گرم در لیتر)

حروف انگلیسی مشترک در هر ردیف نشان دهنده معنی دار نبودن در سطح ۰/۰۵ می باشد. داده ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار می باشد.

هورمون های تیروئیدی	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
تری یدو تیروکسین (T ₃)	۰/۷۴ \pm ۰/۰۹۱ ^a	۰/۸۸ \pm ۰/۱۵۵ ^a	۰/۶۳ \pm ۰/۰۹۱ ^a	۰/۵۹ \pm ۰/۰۵۶ ^a
تیروکسین (T ₄)	۱/۲۰ \pm ۰/۰۴۲ ^b	۲/۱۵ \pm ۰/۰۷ ^a	۱/۶۵ \pm ۰/۰۲۱ ^{ab}	۱/۹۵ \pm ۰/۰۳۵ ^{ab}

حروف انگلیسی مشترک در هر ردیف نشان دهنده معنی دار نبودن در سطح ۰/۰۵ می باشد. داده ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار می باشد.

بحث

نتایج تحقیق نشان داد که تغذیه لارو ماهی زبرا با آرتمیای غنی سازی شده با ید موجب افزایش غلظت هورمون های تیروئیدی و افزایش رشد در لاروهای این ماهی گردید. به طوری که، افزایش سطح هورمون های تیروئیدی و افزایش رشد در دوزهای پایین غنی سازی بیشتر مشهود بود. مطالعات انجام گرفته در این رابطه نیز با نتایج بدست آمده در این بررسی مطابقت داشت و صحت نتایج بدست آمده را تایید نمود. برای مثال در مطالعات Hamr و همکاران (۲۰۰۸) بر روی ماهی کاد اقیانوس اطلس نشان داده شد که رشد و بقا در لاروهای تغذیه شده با روتیفرهای غنی شده با سلنیوم و یدید سدیم محلول در آب (۲۰۰ میلی گرم سدیم یدید در لیتر) در مقایسه با لاروهای تغذیه شده با روتیفرهای غنی نشده به طور قابل ملاحظه ای بیشتر بود. Moren و همکاران (۲۰۰۶) افزایش مشابهی را در میزان غلظت ید در کل بدن لارو لوزی ماهی (*Hippoglossus hippoglossus*) تغذیه شده با آرتمیای غنی شده با لیپیدول (Iodinated poppy-seed oil) مشاهده کردند. اما در این مطالعه افزایش محسوسی در رشد و بقا لارو لوزی ماهی مشاهده نشده بود، که بیان کردند احتمالاً به علت محدودیت دسترسی زیستی لارو به ید محلول

در چربی بوده است. Ribeiro و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی روی تغذیه لارو کفشک ماهی (*Solea senaegalensis*) با آرتمیای غنی شده با یدید سدیم (NaI) دریافتند که غلظت ید در بافت کفشک ماهی تغذیه شده با آرتمیای غنی شده با یدید سدیم نسبت به کفشک ماهی تغذیه شده با آرتمیای غنی نشده ده برابر افزایش یافته است. میانگین طول و وزن خشک لاروهای تغذیه شده با آرتمیای غنی شده بعد از ۳۱ روز تغذیه بیشتر از کفشک ماهی های تغذیه شده با آرتمیای غنی نشده بود، اما تغییری در بقا آن ها مشاهده نشده بود. Saunders و همکاران (۱۹۸۱) عملکرد رشد ماهی آزاد اطلس (*Salmo salar*) با جیره های حاوی هورمون T₃ با سطوح مختلف (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۱۰۰ میلی گرم T₃ به ازای هر کیلوگرم غذا) بررسی نمودند. نتایج آن ها نشان داد که وزن و طول ماهیان بسته به دوز هورمون به کار گرفته شده در جیره غذایی افزایش یافت. با این وجود، ناهنجاری هایی در ماهیان تغذیه شده با دوز بالا مشاهده گردید. همچنین Woo و همکاران (۱۹۹۱) با مطالعه روی ماهی سیم دریایی قرمز (*Chrysophrys major*) بیان نمودند که هورمون T₃ در دوز ۸ ppm سبب افزایش نرخ رشد، اشتهای ماهی، فعالیت آنزیم های روده ای و بهبود ضریب تبدیل غذایی می شود. این

افزایش را به بهبود عملکرد هضم و جذب غذا نسبت دادند. هورمون T_3 قادر به تحت تاثیر قرار دادن رشد به صورت مستقیم از طریق گیرنده‌های مربوطه و یا غیر مستقیم از طریق ارتباط متقابل و اثرات مثبت با دیگر هورمون‌های آنابولیک می‌باشد (Mova and McKeown, 2003; Mova and McKeown, 1992; Luo and McKeown, 1991). پس از اندازه‌گیری هورمون‌های تیروئیدی (T_3 و T_4) و با تجزیه تحلیل داده‌های به دست آمده مشاهده گردید میزان میانگین کل غلظت T_4 ($1/337$) و میانگین کل T_3 ($0/71$) بود. با توجه به این امر که فرم اصلی هورمون تیروئیدی که در خون ترشح می‌شود تیروکسین بود. به طوریکه نسبت $T_4/T_3 = 20/1$ است، می‌توان وجود مقادیر بیشتری از تیروکسین اندازه‌گیری شده را نسبت به تری-یدوتیروکسین اندازه‌گیری شده توجیه نمود. با این وجود قسمت اعظمی از T_4 در خون طی واکنش‌های دیونیزاسیون تبدیل به T_3 می‌شود. بنابراین می‌توان اظهار نمود که فعالیت اصلی به عهده T_3 می‌باشد (Peter, 2011).

طبق نتایج بدست آمده در این بررسی نیز گروه تیمار یک تغذیه شده با آرتمیای غنی‌سازی شده با $0/25$ میلی‌گرم ید داری بیشترین میزان غلظت از تیروکسین T_4 و تری‌یدوتیروکسین T_3 و نیز بیشترین میزان رشد را نسبت به سایر تیمارها و همچنین گروه شاهد داشت. به بیان دقیق‌تر تیمار دو با داشتن میانگین و انحراف معیار $2/15 \pm 0/07$ دارای بیشترین غلظت T_4 بود که اختلاف معنی داری نیز با گروه شاهد با میانگین و انحراف معیار $1/20 \pm 0/42$ نشان داد. همچنین تیمار غنی‌سازی شده با $0/25$ میلی‌گرم ید داری بیشترین میزان غلظت از تری-یدوتیروکسین T_3 با میانگین و انحراف معیار $0/155 \pm$

$0/88$ بود. با وجود بالا بودن میزان T_3 در این تیمار نسبت به سایر تیمارها و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری میان آنها مشاهده نشد ($P > 0/05$). تیمارهای تغذیه‌ای دوم و تیمار سه در مقایسه با گروه شاهد از میزان T_3 کمتری برخوردار بودند. با بررسی و تحلیل داده‌های به دست آمده از فاکتورهای رشد مشخص گردید تیمار دو تغذیه‌ای از تمامی تیمارها و گروه شاهد رز شد بیشتری داشته رشد با این حال اختلاف معنی‌داری میان تیمارها و گروه شاهد مشاهده نشد ($P > 0/05$). وجود مقادیر بهینه‌ای از ید در جیره غذایی ماهی به منظور تامین ید مورد نیاز لارو ماهی به منظور ساخت هورمون‌های تیروئیدی و نیز تاثیر قابل ملاحظه این هورمون در رشد، دگرذیسی، تنظیمات اسمزی، بقا و در ماهیان آب شیرین ضروری می‌باشد. با توجه به وجود بیشترین میزان رشد و غلظت‌های هورمون‌های تیروئیدی در تیمار دو می‌توان دوز غنی‌سازی آرتمیا توسط ید در این تیمار را سطح بهینه‌ای از غنی‌سازی در این تحقیق در نظر گرفت.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم از زحمات کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

منابع

۱. امیری، پ.، آذری تاکامی، ق.، زمینی، ع.ع. و شریعتی، ف.، ۱۳۹۲. بررسی غنی‌سازی آرتمیای فرانسیسکانا با غلظت‌های مختلف سدیم فلوراید. نشریه علمی توسعه آبی پرووری، ۷(۱)، ۸-۱.

10. Hung, S.S.O., lutes, P.B. and Storebakken, T. 1989. Growth and feed efficiency of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) sub yearling at different feeding rates. *Aquaculture*, 8, 147-153.
11. Lawrence, C., 2007. The husbandry of zebrafish (*Danio rerio*): a review. *Aquaculture*, 269, 1-20.
12. Luo, D., McKeown, B.A., 1991. The Effect of Thyroid hormone and Glucocorticoids on Carp Growth Hormone-Releasing Factor (GRF)-Induced Growth Hormone (GH) Release in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 99, 621-626.
13. Moav, B. and McKeown, B.A., 1992. Thyroid hormone increases transcription of growth hormone mRNA in rainbow trout pituitary. *Hormone and Metabolic Research*, 24(10), 10-14.
14. Moren, M., Opstad, I., Van Der Meeren, T. and Hamre, K., 2006. Iodine enrichment of Artemia and enhanced levels of iodine in Atlantic halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus L.*) fed the enriched Artemia. *Aquaculture Nutrition*, 12, 97-102.
15. Norris, D. O., 2007. *Vertebrate Endocrinology* (4thed.) Academic Press, San Diego, CA, USA.
16. Nugegoda, D. and Kibria, G., 2016. Effects of environmental chemicals on fish thyroid function: Implications for fisheries and aquaculture in Australia. *General and comparative endocrinology*, 244, 40-53.
17. Peter, M. 2011. The role of thyroid hormones in stress response of fish. *General Comparative Endocrinology*, 172, 198-210
18. Power, D.M., Silva, N. and Campinho, M.A. 2008. Metamorphosis. In: Finn, R.N., Kapoor, B.G.(Eds.), *Fish Larval Physiology*. Science Publishers, Enfield. 607-638.
19. Ribeiro, A.R.A., Ribeiro, L., Sæle, Ø., Hamre, K., Dinis, M.T. and Moren, M. 2011. Iodine-enriched rotifers and Artemia prevent goitre in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) larvae reared in a recirculation system. *Aquaculture Nutrition*, 17(3), 248-257.
۲. ستاری، م.، ۱۳۸۱. ماهی‌شناسی (تشریح و فیزیولوژی). انتشارات نقش مهر. ۶۸۰ ص
۳. محمد رضایی، د.، مجازی‌امیری، ب. و فرهنگ‌گی، مهرداد. ۱۳۹۱. تغییرات هورمون تیروکسین، نری آیدوترونین و کورتیزول و یونهای سدیم، کلر و پتاسیم طی مرحله اسمولت بچه آزاد ماهی دریای خزر (*Salmo trutta caspius Kessler*). *مجله علمی شیلات ایران*، ۲۲۱(۳)، ۱۲۵-۱۲۰.
۴. ضیایی نژاد، س. ۱۳۹۳. غنی‌سازی آرتمیا *Artemia franciscana* با استفاده از پروبیوتیکهای باکتریایی باسیلوس. *نشریه توسعه آبی‌پروری*، ۸(۴)، ۶۷-۵۷.
5. Bekcan, S., Dogankaya, L. and Cakirogullari, G.C., 2006. Growth and body composition of European catfish (*Silurus glanis*) fed diets containing different percentages of protein. *Aquaculture*, 58(2), 137-142.
6. Bilton, H.T. and Robins, G.L., 1973. The effects of starvation and subsequent feeding on survival and growth of fulton channel sockeye salmon fry (*Oncorhynchus nerka*) fry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 30, 1-5.
7. Gomez-Gil B., Herrera-Vega M.A., Aberu-Grobis F.A. and Roque A., 1998. Bioencapsulation of two different vibriospecies in nauplii of the Brine shrimp (*Artemia fransiscana*). *Applied Environmental microbiology*, 64, 2318-2322.
8. Hamre, K., Mollan, T.A., Sæle, Ø. and Erstad, B., 2008. Rotifers enriched with iodine and selenium increase survival in Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. *Aquaculture*, 284(1), 190-195.
9. Hawkyard, M., Sæle, Ø., Nordgreen, A., Langdon, C. and Hamre, K., 2011. Effect of iodine enrichment of Artemia sp. on their nutritional value for larval zebrafish (*Danio rerio*). *Aquaculture*, 316(1), 37-43.

20. Sauders, R. L., McCormick, S. D., Henderson, E. B., Eales, J. G. and Johnston, C. E. 1981. The Effect of Orally Administered 3, 5, 3'-triiodo-L-thyronine on Growth and Salinity Tolerance of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 45, 143-156.
21. Schmid, A.C., Lutz, I., Kloas, W. and Reinecke, M. 2003. Thyroid hormone stimulates hepatic IGF-I mRNA expression in a bony fish, the tilapia *Oreochromis mossambicus*, in vitro and in vivo. *General and Comparative Endocrinology*. 130(2): 129-134.
22. Schmid, W. 1975. The micronucleus test. *Mutation Research*. 31: 9-15.
23. Solbakken, J.S., Bertessen, M.H.G., Norberg, B., Pittman, K. and Hamre, K., 2002. Different iodine and thyroid hormone levels between Atlantic halibut larvae fed wild zooplankton or Artemia from first exogenous feeding until post metamorphosis. *Journal of Fish Biology*, 61(6), 1345-1362.
24. Watanabe, T., Kiron, V. and Satoh, S. 1997. Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*, 151, 185-207
25. Woo, N. Y. S., Chung, A. S. B. and Ng, T. B., 1991. Influence of oral administration of 3, 5, 3'-triiodo-L thyronine on growth, digestion, food conversion and metabolism in the under yearling red sea bream, *Chrysophrys major*. *Journal of Fish Biology*, 39, 459-468.