

## تأثیر هم زمان دوره‌های نوری و جیره غذایی بر میزان رشد و تبدیل بچه ماهی پار به اسملت در ماهی آزاد دریای خزر

\* معصومه بحرکازمی<sup>۱</sup>، فرهاد جوانی<sup>۲</sup> و محمدتقی فرهادی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، قائمشهر، ایران، <sup>۲</sup>دانش آموخته کارشناسی ارشد،

گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، قائمشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۵

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر همزمان دوره‌های نوری و رژیم غذایی بر میزان رشد و سرعت تبدیل بچه ماهیان پار به اسملت در ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)، بچه ماهیان با میانگین وزن  $5/85 \pm 0/13$  گرم به مدت ۱۱۰ روز در معرض ۴ دوره نوری شامل ۲۴ ساعت روشنایی (24L:0D)، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی (16L:8D)، ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی (12L:12D) و ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی (8L:16D) قرار داده شدند و با دو جیره مشابه یکی وارداتی و دیگری داخلی تغذیه شدند. این تحقیق در قالب یک طرح CRD به روش فاکتوریال شامل ۴ نوع رژیم نوری و ۲ نوع جیره غذایی و ۳ تکرار در هر تیمار و ۱۰ مشاهده در هر تکرار انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که در هر دو جیره غذایی بچه ماهیان در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی رشد بیشتری داشته و فرایند اسملت شدن در آنها تسریع گردید. همچنین اگر چه بیشترین افزایش وزن ( $11/03 \pm 0/06$ g) و افزایش طول ( $4/67 \pm 0/28$  سانتی متر) متعلق به غذای وارداتی بود اما با بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی تفاوت معنی دار نبود ( $P > 0/05$ ). کمترین فاکتور وضعیت به دست آمده نیز در هر دو گروه از بچه ماهیان در دوره نوری 16L:8D به دست آمد که با یکدیگر تفاوت معنی دار نداشتند ( $0/89 \pm 0/01$  و  $0/84 \pm 0/06$  درصد). برخلاف سایر پارامترهای مورد بررسی، ضریب تبدیل غذایی در بچه ماهیان تغذیه شده با دو نوع غذا دارای تفاوت معنی دار بود. کمترین ضریب تبدیل غذایی در دوره نوری 16L:8D اندازه‌گیری شد که در مورد غذای وارداتی کمتر از غذای داخلی بود. بیشترین میزان هورمون رشد در نمونه برداری ۳۱ فروردین و بیشترین میزان فعالیت آنزیم ATPase نیز در نمونه برداری ۱۵ اردیبهشت در دوره نوری 16L:8D در هر دو گروه از ماهیان اندازه‌گیری شد. همچنین بیشترین میزان هورمون رشد و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش در هر دو جیره غذایی در دوره نوری 16L:8D اندازه‌گیری شد که دارای تفاوت معنی دار نبود. بر اساس نتایج حاصله دوره نوری 16L:8D برای رشد بیشتر و تسریع فرایند اسملت شدن در بچه ماهیان آزاد دریای خزر توصیه می‌شود و می‌توان هم از غذای وارداتی و هم از غذای داخلی با ترکیب غذایی مشابه برای تغذیه این گونه استفاده کرد.

واژگان کلیدی: اسملت شدن، جیره غذایی، دوره‌های نوری، ماهی آزاد دریای خزر، هورمون رشد

## مقدمه

ماهی آزاد دریای خزر از گونه‌های کمیاب و بومی دریای خزر است که برای تولید مثل به رودخانه‌های مرتبط به این دریا مهاجرت می‌کند. بچه ماهیان نیز سال‌های اول زندگی از جمله مرحله پار (parr) و اسملت (smolt) را در آب شیرین رودخانه‌ها می‌گذرانند. تغییر محیط رودخانه‌ها به دلایل مختلف و نیز صید بی‌رویه، جمعیت این گونه را در معرض خطر انقراض قرار داده است (بهرامیان، ۱۳۸۰). در حال حاضر از زمان تکثیر مولدین تا تولید بچه ماهی اسملت جهت رها سازی به دریا دو سال به طول می‌انجامد که برای سازمان شیلات ایران هزینه بر است. سپس بررسی راهکارهایی که تولید بچه ماهیان اسملت را سرعت بخشند کمک شایانی به بازسازی ذخایر این گونه خواهد کرد. وقوع اسملتی فیکیشن در ماهیان با یکسری تغییرات مورفولوژیک (نقره‌ای شدن رنگ بدن و محو خطوط عمودی مرحله پار، سیاه شدن حاشیه باله‌ها و دم و باریک شدن بدن)، فیزیولوژیک (افزایش هورمون‌های تیروکسین، کورتیزول و هورمون رشد و کاهش پرولاکتین، همچنین افزایش فعالیت آنزیم ATPase در آبشش) و رفتاری (شنا در جهت جریان آب و شنای دسته جمعی) همراه است (Evans و Claiborne, ۲۰۰۶). دستکاری پارامترهای محیطی مانند دوره‌های نوری (Thorarensen و Clarke, ۱۹۸۹) و غذا (Stefansson و همکاران، ۱۹۹۰) می‌تواند بر زمان وقوع اسملتی فیکیشن موثر باشد، لذا در بین پرورش دهندگان برای مدیریت میزان رشد و رسیدن بچه ماهیان به مرحله اسملت بسیار متداول است.

در ارتباط با نقش دوره‌های نوری و رژیم‌های غذایی در پرورش گونه‌های مختلف تحقیقات فراوانی توسط محققان خارج از کشور صورت پذیرفته است. Fulberth و همکاران در سال ۲۰۰۹ تأثیر هم‌زمان

جیره غذایی و دوره نوری را در *Gadus morhua* Handeland و همکاران در سال ۲۰۰۳ تأثیر دوره نوری طبیعی و نور مداوم را در *Salmo salar* و Giri و همکاران در سال ۲۰۰۲ تأثیر غذای زنده و کنسانتره را در دوره‌های نوری مختلف در *Wallago attu* بررسی کردند. اما نقش دوره‌های نوری در بازده پرورش ماهیان در داخل کشور به ندرت مورد توجه قرار گرفته است (Barimani و همکاران، ۲۰۱۳؛ Ghomi و همکاران، ۲۰۱۱). در ارتباط با آزاد ماهیان کارهای فراوانی توسط محققان خارج از کشور صورت گرفته است. آنها کاملاً به تأثیر دوره‌های نوری در زمان وقوع اسملتی فیکیشن آگاه بوده و با انجام آزمایشات متعدد سعی در معرفی دوره‌های نوری بهینه برای گونه‌های مختلف آزاد ماهیان بویژه ماهی آزاد اقیانوس اطلس داشته‌اند (Sonmez و همکاران، ۲۰۰۹؛ Handeland و Stefansson, ۲۰۰۱؛ Thorarensen و Clarke, ۱۹۸۹). اما با وجود اهمیت ماهی آزاد دریای خزر و این که این گونه بومی کشور ماست و همچنین اهمیت کوتاه تر کردن زمان تولید بچه ماهیان اسملت، هنوز هیچ کار تحقیقاتی در این ارتباط صورت نگرفته است.

با توجه به موارد عنوان شده و اهمیت و تأثیر دوره‌های نوری و رژیم غذایی در رشد و تبدیل بچه ماهیان پار به اسملت در آزاد ماهیان، در این تحقیق برای مقایسه و دستیابی به یک رژیم نوری و تغذیه‌ای مناسب به منظور رسیدن به میزان رشد بیشتر و وقوع سریع‌تر پدیده اسملت شدن در بچه ماهیان آزاد دریای خزر اهداف زیر مورد بررسی قرار گرفتند:

- ۱- تعیین بهترین رژیم نوری به لحاظ رشد بیشتر بچه ماهیان و تبدیل زودتر بچه ماهیان پار به اسملت
- ۲- مقایسه تأثیر تغذیه بچه ماهیان با دو غذای متفاوت داخلی و وارداتی در رشد بیشتر و وقوع سریع‌تر اسملتی فیکیشن در بچه ماهیان

تحقیق ۳۰۰ عدد بچه ماهی آزاد دریای خزر در مرحله پار به کارگاه پرورش منتقل شدند و مدت ۲ هفته سازگاری با شرایط کارگاه را با موفقیت گذراندند. سپس از بین این جمعیت، تعداد ۲۴۰ عدد بچه ماهی به صورت تصادفی انتخاب و پس از بیومتری در استخرهایی که از قبل آماده سازی شده بودند رهاسازی شدند (میانگین وزن  $5/85 \pm 0/13$  گرم و میانگین طول کل  $7/5 \pm 0/09$  سانتی متر). در این مطالعه از چهار دوره نوری (۲۴ ساعت روشنایی، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی، ۱۶ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی) استفاده شد. همچنین از دو نوع جیره غذایی، یکی داخلی و دیگری وارداتی از کشور فرانسه استفاده گردید (ترکیب غذایی دو جیره فوق در جدول ۱ آمده است). اقلام خوراکی مورد استفاده در تهیه غذای داخلی مزبور عبارت بودند از: پودر ماهی، کنجاله سویا، ذرت، گلوتن گندم، پودر گوشت، پودر خون، روغن ماهی، روغن گیاهی، مکمل ویتامینه ویژه، مکمل معدنی ویژه، مولتی آنزیم و بایندر.

۳- بررسی نقش ترکیبی و هم زمان دوره نوری و رژیم غذایی در رشد بیشتر و وقوع سریعتر اسملتی فیکیشن در بچه ماهیان

### مواد و روش ها

این تحقیق در کارگاه پرورش ماهی کشت و صنعت کوهستان طلایی واقع در ۵ کیلومتری شهرستان فیروزکوه با طول و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی انجام شد. در این کارگاه از سیستم مدار بسته پرورش ماهی استفاده می شود. جهت آماده سازی محل پرورش، تعداد ۲۴ عدد حوضچه با حجم یک متر مکعب انتخاب و تمیز و آبگیری شدند. سپس در بالای هر حوضچه و در ارتفاع یک متری یک عدد لامپ فلورسنت نصب شد به گونه ای که شدت نور در سطح آب ۱۶۰ لوکس اندازه گیری شد. برای جلوگیری از نفوذ و خروج نور، مخازن با نایلون های تیره رنگ پوشانده شدند (Handeland و همکاران، ۲۰۰۳). این مطالعه به مدت ۱۱۰ روز از ۲۷ دی ماه ۱۳۹۱ تا ۱۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ انجام شد. در این

جدول ۱- ترکیب غذایی دو جیره مورد استفاده در تحقیق

انرژی قابل هضم (کیلوکالری در کیلوگرم)	رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)	چربی (درصد)	پروتئین خام (درصد)	مواد مغذی نوع غذا
۴۳۰۰	۱۰	۳/۷۵	۱۴	۵۲/۷۶	غذای داخلی
۴۴۰۰	۹	۳/۲۲	۱۴/۵	۵۱/۸۹	غذای وارداتی

پارامترهای مورد سنجش عبارت بودند از:

وزن کل زنده ابتدایی (g) - وزن کل زنده نهایی (g) = افزایش وزن (g)

طول کل ابتدایی (cm) - طول کل نهایی (cm) = افزایش طول کل (cm)

$$CF(\%) = \frac{\text{وزن کل بدن (گرم)}}{\text{طول کل ماهی (سانتی متر)}^3} \times 100$$

$$FCR = \frac{\text{مقدار غذای خورده شده (گرم)}}{\text{افزایش وزن بدن (گرم)}}$$

محللول فوقانی حاصل با  $0.5 \text{ mmol/L}$  ماده Ouabain و  $10$  میکرولیتر از آن نیز بدون ماده Ouabain در میکروپلت ریخته شد و در طول موج  $340$  نانومتر قرائت شد. فعالیت آنزیم ATPase به صورت میکرومول ADP در میلی‌گرم پروتئین در ساعت توسط دستگاه اتوآنالایزر اندازه‌گیری شد (McCormick, 1993).

این آزمایش در قالب طرح CRD به روش فاکتوریال  $2 \times 4$  شامل ۴ نوع رژیم نوری و ۲ نوع جیره غذایی و ۳ تکرار در هر تیمار و ۱۰ مشاهده در هر تکرار انجام شد. جهت آنالیز داده‌ها از آزمایش فاکتور یال دو عاملی استفاده شد و مقایسه میانگین داده‌ها و سنجش معنی‌داری به روش دانکن انجام شد. تجزیه و تحلیل فوق توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

### نتایج

**افزایش وزن:** در آزاد ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی وزن نهایی ماهیان تحت دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بیشتر از سایر دوره‌های نوری بود ( $17.03 \pm 0.06$  گرم)، البته با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی تفاوت معنی‌دار نبود ( $16.83 \pm 0.02$  گرم) ( $P > 0.05$ ) (جدول ۲-الف). کمترین وزن نهایی در این ماهیان در دوره نوری ۸ ساعت روشنایی، ۱۶ ساعت تاریکی حاصل شد ( $15.83 \pm 0.29$  گرم). در آزاد ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی نیز بیشترین وزن نهایی متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی با مقدار  $16.58 \pm 0.14$  گرم بود به طوری که وزن نهایی به‌دست آمده در ماهیان در پایان دوره با سایر دوره‌های نوری تفاوت معنی‌دار داشت ( $P < 0.05$ ) (جدول ۲-ب). کمترین وزن نهایی در این ماهیان نیز در دوره نوری ۸ ساعت روشنایی، ۱۶ ساعت تاریکی مشاهده شد.

هورمون رشد (GH): جهت اندازه‌گیری میزان هورمون رشد، در تاریخ‌های ۲۷ دی (شروع آزمایش)، ۳۰ بهمن، ۲۷ اسفند، ۳۱ فروردین و ۱۵ اردیبهشت (پایان آزمایش) خونگیری از بچه ماهیان انجام شد. از هر واحد آزمایشی ۳ عدد ماهی به صورت تصادفی و به آرامی بوسیله ساچوک صید شد و بلافاصله جهت به حداقل رساندن استرس در محللول حاوی پودر گل میخک یا غلظت ۱ گرم در لیتر بیهوش شدند. خونگیری از قسمت ساقه‌دمی انجام شد و بلافاصله سرم خون از طریق سانتریفوژ کردن با سرعت  $4000$  دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه و در دمای  $4$  درجه سانتی‌گراد جدا گردید. اندازه‌گیری میزان هورمون رشد به روش ELISA انجام شد (Handeland و Stefansson, 2001).

**میزان فعالیت آنزیم ATPase:** جهت اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم ATPase، در تاریخ‌های ۲۷ دی (شروع آزمایش)، ۳۰ بهمن، ۲۷ اسفند، ۳۱ فروردین و ۱۵ اردیبهشت (پایان آزمایش) از هر واحد آزمایشی ۳ عدد ماهی به صورت تصادفی صید شد و در محللول حاوی پودر گل میخک یا غلظت ۱ گرم در لیتر بیهوش شد. تعداد ۴ تا ۶ عدد رشته آبششی از هر ماهی براساس دستورالعمل McCormick (1993) که براساس آن نمونه‌برداری از آبشش بدون تلف شدن ماهی انجام می‌شود، نمونه‌برداری شد و در  $100$  میکرولیتر محللول بافر SEI ( $150 \text{ mmol/L}$  ساکاروز،  $10 \text{ mmol/L}$  EDTA،  $50 \text{ mmol/L}$  آیمیدازول،  $\text{pH}=7.3$ ) قرار داده شد. سپس نمونه‌های آبشش به مدت ۳۰ دقیقه در دمای  $80$ - درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. نمونه‌های آبشش در  $125$  میکرولیتر محللول SEID (بافر SEI و  $0.1$  درصد دیوکسی کولیک اسید) هموژنیزه و به مدت ۳۰ ثانیه با سرعت  $5000$  دور در دقیقه سانتریفوژ شدند.  $10$  میکرولیتر از

جدول ۲- وزن بچه ماهیان آزاد خزر در دوره‌های نوری مختلف در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در طول دوره تحقیق (الف) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی (ب) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی.

## (الف)

زمان‌های نمونه‌برداری		دوره‌های نوری			
۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت	
۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۶۰±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۱۰/۰۰±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۱۲/۸۳±۰/۲۸ <sup>a</sup>	۱۵/۸۳±۰/۲۹ <sup>a</sup>	8L:16D
۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۹۳±۰/۱۱ <sup>b</sup>	۱۰/۳۳±۰/۲۹ <sup>b</sup>	۱۳/۳۳±۰/۳۹ <sup>b</sup>	۱۶/۸۳±۰/۲ <sup>bc</sup>	12L:12D
۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۵۷±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۱۰/۱۳±۰/۱۵ <sup>ab</sup>	۱۳/۰۰±۰/۱۲ <sup>ab</sup>	۱۷/۰۳±۰/۰۶ <sup>c</sup>	16L:8D
۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۵۶±۰/۲۰ <sup>a</sup>	۱۰/۰۳±۰/۰۶ <sup>ab</sup>	۱۲/۹۳±۰/۱۱ <sup>ab</sup>	۱۶/۵۸±۰/۱۴ <sup>b</sup>	24L:0D

## (ب)

زمان‌های نمونه‌برداری		دوره‌های نوری			
۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت	
۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۵۰±۰/۱۸ <sup>a</sup>	۹/۴۷±۰/۵۷ <sup>a</sup>	۱۲/۰۰±۰/۸۱ <sup>a</sup>	۱۵/۰۷±۰/۲۳ <sup>a</sup>	8L:16D
۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۹۳±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۹/۵۶±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱۲/۶۳±۰/۱۱ <sup>b</sup>	۱۵/۹۳±۰/۱۲ <sup>b</sup>	12L:12D
۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۵۷±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱۱/۱۰±۱/۰۳ <sup>b</sup>	۱۳/۰۷±۰/۱۲ <sup>c</sup>	۱۶/۵۸±۰/۱۴ <sup>c</sup>	16L:8D
۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۵۰±۰/۲۵ <sup>a</sup>	۹/۵±۰/۰۸ <sup>a</sup>	۱۲/۰۳±۰/۵۸ <sup>a</sup>	۱۵/۱۷±۰/۲۹ <sup>a</sup>	24L:0D

اعدادی که در ستون‌های عمودی با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند ( $P > 0.05$ ).

معنی‌دار نبود. بیشترین افزایش وزن در کل دوره در هر دو جیره غذایی نیز در همین دوره نوری به دست آمد (جدول ۷).

**افزایش طول:** در آزاد ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی، بیشترین طول نهایی متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود ( $12/27 \pm 0/19$  سانتی‌متر) که با طول نهایی حاصل در سایر رژیم‌های نوری تفاوت معنی‌دار داشت ( $P < 0.05$ ). همچنین کمترین طول نهایی در این ماهیان در دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی حاصل شد ( $11/67 \pm 0/57$  سانتی‌متر) (جدول ۳-الف). در آزاد ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی نیز بیشترین طول نهایی در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی حاصل شد ( $11/91 \pm 0/14$  سانتی‌متر) که با سایر دوره‌های نوری تفاوت معنی‌دار بود. کمترین افزایش طول در این ماهیان نیز در دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی حاصل شد که به عدد  $11/33 \pm 0/89$  سانتی‌متر رسید (جدول ۳-ب).

آنالیز داده‌های مربوط به افزایش وزن در دوره‌های نوری مختلف (صرف‌نظر از نقش غذا) نشان داد که بیشترین افزایش وزن متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود ( $10/81 \pm 0/26$ g) و بین دوره‌های نوری مختلف تفاوت معنی‌دار وجود داشت ( $P < 0.05$ ) (جدول ۵). در بررسی تأثیر جیره غذایی در افزایش وزن (صرف‌نظر از نقش دوره‌های نوری)، بیشترین افزایش وزن در طول دوره، متعلق به غذای وارداتی بود ( $10/54 \pm 0/51$ g) و با افزایش وزن متعلق به غذای داخلی دارای تفاوت معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ) (جدول ۶). در رابطه با تأثیر متقابل دوره‌های نوری مختلف و جیره‌های غذایی، در هر ۴ دوره نوری، در تغذیه با غذای وارداتی افزایش وزن بیشتری حاصل شد که در مورد ۳ دوره نوری ۸ ساعت روشنایی، ۱۶ ساعت تاریکی، ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی و ۲۴ ساعت روشنایی دارای تفاوت معنی‌دار بودند، اما در رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی تفاوت افزایش وزن بین ماهیان تغذیه شده با دو غذا

جدول ۳- طول کل بچه ماهیان آزاد خزر در دوره‌های نوری مختلف در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در طول دوره تحقیق (الف) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی (ب) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی

## (الف)

زمان‌های نمونه‌برداری					
۱۵ اردیبهشت	۳۱ فروردین	۲۷ اسفند	۳۰ بهمن	۲۷ دی	دوره‌های نوری
۱۱/۸۳±۰/۲۹ <sup>a</sup>	۹/۸۳±۰/۵۱ <sup>a</sup>	۸/۶۳±۰/۲۹ <sup>a</sup>	۷/۹۳±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۷/۵±۰/۰۹	8L:16D
۱۲/۰۸±۰/۱۴ <sup>a</sup>	۱۰/۱۷±۰/۸۶ <sup>a</sup>	۸/۶۳±۰/۱۵ <sup>a</sup>	۸/۱۷±۰/۲۸ <sup>a</sup>	۷/۵±۰/۰۹	12L:12D
۱۲/۲۷±۰/۱۹ <sup>b</sup>	۱۱/۱۷±۰/۲۹ <sup>b</sup>	۹/۶۷±۰/۳۹ <sup>b</sup>	۸/۳۳±۰/۲۹ <sup>a</sup>	۷/۵±۰/۰۹	16L:8D
۱۱/۶۷±۰/۵۷ <sup>a</sup>	۹/۸۳±۱/۰۲ <sup>a</sup>	۸/۵۷±۰/۲۸ <sup>a</sup>	۸/۰۰±۰/۱۳ <sup>a</sup>	۷/۵±۰/۰۹	24L:0D

## (ب)

زمان‌های نمونه‌برداری					
۱۵ اردیبهشت	۳۱ فروردین	۲۷ اسفند	۳۰ بهمن	۲۷ دی	دوره‌های نوری
۱۱/۴۰±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۹/۹۰±۰/۱۷ <sup>b</sup>	۸/۴۳±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۷/۹۷±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۷/۵±۰/۰۹	8L:16D
۱۱/۵۳±۰/۳۹ <sup>a</sup>	۹/۶۷±۰/۶۱ <sup>ab</sup>	۸/۶۷±۰/۲۹ <sup>a</sup>	۸/۰۰±۰/۱۵ <sup>a</sup>	۷/۵±۰/۰۹	12L:12D
۱۱/۹۱±۰/۱۴ <sup>b</sup>	۱۱/۳۳±۱/۰۲ <sup>c</sup>	۹/۵۳±۰/۰۶ <sup>b</sup>	۸/۴۳±۰/۲۸ <sup>a</sup>	۷/۵±۰/۰۹	16L:8D
۱۱/۳۳±۰/۱۹ <sup>a</sup>	۹/۳۳±۱/۲۹ <sup>a</sup>	۹/۰۰±۰/۵۰ <sup>ab</sup>	۸/۳۳±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۷/۵±۰/۰۹	24L:0D

اعدادی که در ستون‌های عمودی با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند ( $P > 0.05$ ).

روشنایی معنی‌دار بود و در مورد ۲ دوره نوری دیگر تفاوت معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ) (جدول ۷).

**فاکتور وضعیت (ضریب چاقی):** بیشترین فاکتور وضعیت در بین تیمارهای تغذیه شده با غذای وارداتی در دوره‌های نوری ۸ ساعت روشنایی، ۱۶ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی اندازه‌گیری شد (با میانگین ۰/۹۵ درصد)، در حالی که کمترین مقدار در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی اندازه‌گیری شد (با میانگین ۰/۸۴±۰/۰۶ درصد). بین دوره نوری فوق و سایر دوره‌های نوری تفاوت معنی‌دار وجود داشت ( $P < 0.05$ ) (جدول ۴-الف). در مورد بچه ماهیان گروه دوم نیز در پایان دوره کمترین فاکتور وضعیت متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی با عدد ۰/۸۹±۰/۰۱ درصد بود در حالی که بیشترین رقم در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی اندازه‌گیری شد (با میانگین ۱/۰۹±۰/۰۷ درصد). بود (جدول ۴-ب).

در بررسی فاکتور وضعیت در دوره‌های نوری

آنالیز داده‌های مربوط به افزایش طول کل بچه ماهیان در دوره‌های نوری مختلف، در پایان تحقیق (صرف نظر از نقش غذا) نشان داد که بیشترین افزایش طول کل متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود ( $4.54 \pm 0.24$  cm) (جدول ۵). در بررسی تأثیر نوع جیره غذایی صرف نظر از نقش دوره‌های نوری نیز بیشترین افزایش طول کل متعلق به تغذیه با غذای وارداتی بود ( $4.51 \pm 0.23$  cm) و با افزایش طول کل حاصل در تغذیه با غذای داخلی دارای تفاوت معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ) (جدول ۶). در بررسی نقش متقابل دوره‌های نوری و جیره غذایی در افزایش طول کل در طول دوره تحقیق، در تمام دوره‌های نوری، افزایش طول در تغذیه با غذای وارداتی بیشتر از غذای داخلی بود و بیشترین افزایش طول نیز در هر دو جیره غذایی در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی حاصل شد. لازم به ذکر است که تفاوت افزایش طول در دو جیره غذایی تنها در دوره‌های نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی و ۲۴ ساعت

تفاوت معنی داری بین آنها وجود داشت ( $P < 0/05$ ) (جدول ۶). در بررسی اثرات متقابل و هم زمان دوره‌های نوری و جیره غذایی نیز در هر ۴ دوره نوری، مقدار فاکتور وضعیت در تغذیه با غذای وارداتی کمتر بود و تنها در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی تفاوت معنی داری با گروه دوم داشت. همچنین کمترین فاکتور وضعیت در مورد هر دو غذا در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی به دست آمد (جدول ۷).

مختلف صرف نظر از نقش نوع غذا، نتایج نشان داد که دو دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی و ۲۴ ساعت روشنایی دارای فاکتور وضعیت بیشتر و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی دارای کمترین فاکتور وضعیت بودند. همچنین تفاوت معنی داری بین دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی با سایر دوره‌های نوری مشاهده شد (جدول ۵). در بررسی نقش غذا به تنهایی نیز کمترین عدد متعلق به غذای وارداتی و بیشترین متعلق به غذای داخلی بود و

جدول ۴- تغییرات فاکتور وضعیت بچه ماهیان آزاد خزر در دوره‌های نوری مختلف در زمان‌های مختلف نمونه برداری در طول دوره تحقیق (الف) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی (ب) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی

(الف)						
زمان‌های نمونه برداری		۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
دوره‌های نوری		۱/۳۸±۰/۰۶	۱/۵۲±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۱/۴۵±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۱/۳۵±۰/۱۳ <sup>b</sup>	۰/۹۵±۰/۰۸ <sup>b</sup>
8L:16D	۱/۳۸±۰/۰۶	۱/۴۶±۰/۱۴ <sup>a</sup>	۱/۵۰±۰/۱۱ <sup>b</sup>	۱/۲۸±۰/۱۱ <sup>b</sup>	۰/۹۵±۰/۰۳ <sup>b</sup>	12L:12D
16L:8D	۱/۳۸±۰/۰۶	۱/۳۱±۰/۱۳ <sup>a</sup>	۱/۱۲±۰/۸۴ <sup>a</sup>	۰/۹۳±۰/۰۷ <sup>a</sup>	۰/۸۴±۰/۰۶ <sup>a</sup>	24L:0D
24L:0D	۱/۳۸±۰/۰۶	۱/۴۷±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۱/۵۴±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۱/۳۶±۰/۱۳ <sup>b</sup>	۰/۹۴±۰/۰۰۵ <sup>b</sup>	
(ب)						
زمان‌های نمونه برداری		۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
دوره‌های نوری		۱/۳۸±۰/۰۶	۱/۴۸±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۱/۵۷±۰/۰۷ <sup>b</sup>	۱/۲۳±۰/۰۶ <sup>b</sup>	۰/۹۷±۰/۰۲ <sup>ab</sup>
8L:16D	۱/۳۸±۰/۰۶	۱/۴۶±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۱/۴۷±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۱/۳۷±۰/۱۱ <sup>bc</sup>	۱/۰۹±۰/۰۷ <sup>b</sup>	12L:12D
16L:8D	۱/۳۸±۰/۰۶	۱/۳۳±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱/۱۵±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۹۵±۰/۰۸ <sup>a</sup>	۰/۸۹±۰/۰۱ <sup>a</sup>	24L:0D
24L:0D	۱/۳۸±۰/۰۶	۱/۳۰±۰/۱۴ <sup>a</sup>	۱/۳۱±۰/۲۱ <sup>ab</sup>	۱/۴۸±۰/۱۳ <sup>c</sup>	۱/۰۴±۰/۰۷ <sup>ab</sup>	

اعدادی که در ستون‌های عمودی با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی دار ندارند ( $P > 0/05$ ).

غذایی در تغذیه با غذای وارداتی کمتر از غذای داخلی بود و تفاوت بین آنها معنی دار بود ( $P < 0/05$ ) (جدول ۶). اما در بررسی اثرات متقابل دوره‌های نوری و رژیم غذایی در میزان ضریب تبدیل غذایی نتایج حاکی از معنی دار بودن اعداد در هر ۴ دوره نوری بود. همچنین در تمام دوره‌های نوری ضریب تبدیل غذایی در تغذیه با غذای وارداتی کمتر از غذای داخلی بود. کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی در مورد هر دو نوع جیره نیز

ضریب تبدیل غذایی: بررسی مقدار ضریب تبدیل غذایی در دوره‌های نوری مختلف صرف نظر از نقش نوع غذا نشان داد که کمترین و بیشترین ضریب تبدیل غذایی به ترتیب متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و ۲۴ ساعت روشنایی بود (جدول ۵). همچنین هر ۴ دوره نوری از نظر ضریب تبدیل غذایی دارای تفاوت معنی دار بودند ( $P < 0/05$ ). در بررسی تأثیر انفرادی جیره غذایی نیز ضریب تبدیل

(جدول ۷).

در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی به دست آمد که با هم دارای تفاوت معنی‌دار بودند

جدول ۵- تأثیر مستقل و انفرادی دوره‌های نوری مختلف بر پارامترهای رشد و تغذیه‌ای بچه‌ماهیان آزاد خزر

پارامتر	دوره‌های نوری			
	24L:0D	16L:8D	12L:12D	8L:16D
افزایش وزن (g)	۹/۸۲±۰/۷۳ <sup>b</sup>	۱۰/۸۱±۰/۲۶ <sup>d</sup>	۱/۳۸±۰/۵۳ <sup>c</sup>	۹/۴۵±۰/۴۶ <sup>a</sup>
افزایش طول کل (cm)	۴/۱۴±۰/۳۹ <sup>a</sup>	۴/۵۴±۰/۲۴ <sup>b</sup>	۴/۲۱±۰/۴۶ <sup>ab</sup>	۴/۲۰±۰/۲۴ <sup>ab</sup>
فاکتور وضعیت (%)	۰/۹۹۰±۰/۰۷۰ <sup>b</sup>	۰/۸۶۵±۰/۰۴۷ <sup>a</sup>	۱/۰۲۰±۰/۰۹۰ <sup>b</sup>	۰/۹۶۰±۰/۰۵۳ <sup>b</sup>
ضریب تبدیل غذایی	۲/۷۰±۰/۱۱۱ <sup>d</sup>	۲/۵۵±۰/۰۶۳ <sup>a</sup>	۲/۶۰±۰/۱۱۴ <sup>b</sup>	۲/۶۶±۰/۱۵۶ <sup>c</sup>

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند ( $P>0.05$ )

جدول ۶- تأثیر مستقل و انفرادی جیره‌های غذایی بر پارامترهای رشد و تغذیه‌ای بچه‌ماهیان آزاد خزر

پارامتر	جیره‌های غذایی	
	غذای وارداتی	غذای داخلی
افزایش وزن (g)	۱۰/۵۴±۰/۵۱ <sup>a</sup>	۹/۶۹±۰/۶۶ <sup>b</sup>
افزایش طول کل (cm)	۴/۵۱±۰/۲۳ <sup>a</sup>	۴/۰۴±۰/۳۱ <sup>b</sup>
فاکتور وضعیت (%)	۰/۹۲۰±۰/۰۶۶ <sup>a</sup>	۰/۹۹۸±۰/۰۸۹ <sup>b</sup>
ضریب تبدیل غذایی	۲/۵۳±۰/۰۴۷ <sup>a</sup>	۲/۸۳±۰/۰۸۶ <sup>b</sup>

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند ( $P>0.05$ )

جدول ۷- تأثیر متقابل و هم زمان دوره‌های نوری مختلف و جیره‌های غذایی بر پارامترهای مورد سنجش بچه‌ماهیان آزاد خزر

پارامتر	دوره نوری							
	24L:0D		16L:8D		12L:12D		8L:16D	
	غذای داخلی	غذای وارداتی	غذای داخلی	غذای وارداتی	غذای داخلی	غذای وارداتی	غذای داخلی	غذای وارداتی
افزایش وزن (g)	۹/۱۷±۰/۲۹ <sup>g</sup>	۱۰/۴۷±۰/۵۸ <sup>f</sup>	۱۰/۵۸±۰/۱۴ <sup>e</sup>	۱۱/۰۳±۰/۰۶ <sup>e</sup>	۹/۹۳±۰/۱۲ <sup>d</sup>	۱۰/۸۳±۰/۲۸ <sup>c</sup>	۹/۰۶±۰/۱۱ <sup>b</sup>	۹/۸۳±۰/۲۹ <sup>a</sup>
افزایش طول کل (cm)	۳/۸۳±۰/۲۸ <sup>f</sup>	۴/۴۵±۰/۰۸ <sup>e</sup>	۴/۴۲±۰/۱۵ <sup>d</sup>	۴/۶۷±۰/۲۸ <sup>d</sup>	۳/۸۳±۰/۲۹ <sup>c</sup>	۴/۵۸±۰/۱۴ <sup>b</sup>	۴/۰۶±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۴/۳۳±۰/۲۸ <sup>a</sup>
فاکتور وضعیت (%)	۱/۰۴±۰/۰۷۰ <sup>e</sup>	۰/۹۴±۰/۰۰۵ <sup>e</sup>	۰/۸۹±۰/۰۱۰ <sup>d</sup>	۰/۸۴±۰/۰۶۰ <sup>d</sup>	۱/۰۹±۰/۰۷۰ <sup>c</sup>	۰/۹۵±۰/۰۳۰ <sup>b</sup>	۰/۹۷±۰/۰۲۸ <sup>a</sup>	۰/۹۵±۰/۰۸۵ <sup>a</sup>
ضریب تبدیل غذایی	۲/۸۰±۰/۰۲۵ <sup>h</sup>	۲/۶۰±۰/۰۱۴ <sup>g</sup>	۲/۶۱±۰/۰۱۰ <sup>f</sup>	۲/۴۹±۰/۰۱۵ <sup>e</sup>	۲/۷۱±۰/۰۲۱ <sup>d</sup>	۲/۵۰±۰/۰۲۰ <sup>c</sup>	۲/۸۱±۰/۰۱۱ <sup>b</sup>	۲/۵۲±۰/۰۲۱ <sup>a</sup>

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند ( $P>0.05$ )

هورمون افزایش یافت تا به عدد  $10.76 \pm 2.09$  نانوگرم در میلی‌لیتر رسید و در نمونه برداری آخر (۱۵ اردیبهشت) میزان آن دچار تغییر محسوسی نشد (جدول ۸- الف). در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی نیز بیشترین میزان

هورمون رشد: بیشترین میزان هورمون رشد در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی تحت رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و در نمونه برداری ۳۱ فروردین اندازه‌گیری شد. به طوری که از زمان شروع تحقیق تا ۳۱ فروردین ماه میزان این



در بررسی انفرادی نقش نوع غذا مستقل از دوره‌های نوری، بیشترین مقدار هورمون رشد در تغذیه با غذای وارداتی حاصل شد اما با تغذیه با غذای داخلی تفاوت معنی‌دار نداشت ( $P>0/05$ ) (جدول ۱۱). در بررسی اثر متقابل دوره‌های نوری و جیره غذایی در مقدار هورمون رشد نتایج نشان داد که بیشترین مقدار این هورمون در مورد هر دو جیره غذایی در رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی به دست آمد که تفاوت معنی‌دار نداشتند ( $P>0/05$ ). همچنین اگرچه مقدار این هورمون در سایر دوره‌های نوری نیز در تغذیه با غذای وارداتی اندکی بیشتر بود اما تفاوت معنی‌داری با گروه تغذیه شده با غذای داخلی نداشتند ( $P>0/05$ ) (جدول ۱۲).

هورمون رشد در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی در ۳۱ فروردین ماه اندازه‌گیری شد ( $10/22 \pm 3/03 \text{ ng/ml}$ ). در نمونه‌برداری فروردین ماه، مشابه بچه ماهیان گروه قبل در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی به یک باره مقدار هورمون رشد تا حدود ۳ برابر افزایش یافت (جدول ۸-ب). آنالیز داده‌های مربوط به هورمون رشد تحت تأثیر تنها دوره‌های نوری (صرف‌نظر از نوع غذا) بیان‌کننده این است که بیشترین مقدار هورمون رشد در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی اندازه‌گیری شد ( $10/33 \pm 2/39 \text{ ng/mlit}$ ). کمترین مقدار آن نیز متعلق به دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی بود که البته با دوره نوری ۸ ساعت روشنایی، ۱۶ ساعت تاریکی تفاوت معنی‌دار نداشت. (جدول ۱۰).

جدول ۸- میزان هورمون رشد در بچه‌ماهیان آزاد خزر در دوره‌های نوری مختلف (الف) در بچه‌ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی (ب) در بچه‌ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی

(الف)					
زمان‌های نمونه‌برداری					دوره‌های نوری
۱۵ اردیبهشت	۳۱ فروردین	۲۷ اسفند	۳۰ بهمن	۲۷ دی	
$3/99 \pm 0/34^a$	$2/85 \pm 0/80^a$	$1/72 \pm 0/11^a$	$0/68 \pm 0/21^a$	$0/36 \pm 0/08$	8L:16D
$7/83 \pm 1/09^b$	$6/3 \pm 1/98^b$	$3/04 \pm 0/98^b$	$1/07 \pm 0/63^b$	$0/36 \pm 0/08$	12L:12D
$10/49 \pm 3/05^c$	$10/76 \pm 2/09^c$	$3/91 \pm 1/45^b$	$1/15 \pm 0/11^b$	$0/36 \pm 0/08$	16L:8D
$3/5 \pm 0/12^a$	$3/12 \pm 1/03^a$	$2/2 \pm 0/76^a$	$0/51 \pm 0/18^a$	$0/36 \pm 0/08$	24L:0D
(ب)					
زمان‌های نمونه‌برداری					دوره‌های نوری
۱۵ اردیبهشت	۳۱ فروردین	۲۷ اسفند	۳۰ بهمن	۲۷ دی	
$3/51 \pm 0/18^a$	$1/18 \pm 0/98^a$	$1/19 \pm 0/68^a$	$0/49 \pm 0/05^a$	$0/36 \pm 0/08$	8L:16D
$6/07 \pm 1/63^b$	$5/8 \pm 1/25^b$	$2/03 \pm 0/41^a$	$0/63 \pm 0/26^a$	$0/36 \pm 0/08$	12L:12D
$10/18 \pm 2/21^c$	$10/22 \pm 3/03^c$	$3/68 \pm 0/65^b$	$0/89 \pm 0/33^a$	$0/36 \pm 0/08$	16L:8D
$3/15 \pm 1/11^a$	$1/13 \pm 1/02^a$	$1/16 \pm 0/9^a$	$0/52 \pm 0/10^a$	$0/36 \pm 0/08$	24L:0D

در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی در آخر دوره اندازه‌گیری شد ( $16/8 \pm 3/54$ ) و پس از آن بیشترین مقدار متعلق به دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی بود ( $8/14 \pm 3/12$ ).

فعالیت آنزیم **ATPase**: مقدار فعالیت این آنزیم در شروع آزمایش  $3/02 \pm 2/6$  میکرومول ADP در میلی‌گرم پروتئین در ساعت اندازه‌گیری شد. در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی بیشترین مقدار آن

(جدول ۹- الف). در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی نیز بیشترین مقدار فعالیت این آنزیم در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی در پایان دوره اندازه‌گیری شد ( $15/3 \pm 3/2$ ) و پس از آن بیشترین مقدار متعلق به دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲

ساعت تاریک بود ( $9 \pm 2/9$ ). در نمونه‌برداری ۱۵ اردیبهشت مقدار فعالیت این آنزیم در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی نزدیک به دو برابر شد و تفاوت مقدار فعالیت آنزیم ATPase در هر ۴ دوره نوری معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ) (جدول ۹- ب).

جدول ۹- میزان فعالیت آنزیم ATPase در بچه‌ماهیان آزاد خزر در دوره‌های نوری مختلف (الف) در بچه‌ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی (ب) در بچه‌ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی

(الف)

زمان‌های نمونه‌برداری					دوره‌های نوری
۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت	
$3/02 \pm 2/6$	$3/05 \pm 1/00^a$	$3/89 \pm 1/97^a$	$4/13 \pm 2/02^a$	$4/26 \pm 0/59^a$	8L:16D
$3/02 \pm 2/6$	$4/91 \pm 1/08^b$	$4/60 \pm 2/88^{ab}$	$5/20 \pm 2/82^{ab}$	$8/14 \pm 3/12^b$	12L:12D
$3/02 \pm 2/6$	$4/08 \pm 1/76^{ab}$	$5/53 \pm 1/55^b$	$7/95 \pm 1/68^b$	$16/8 \pm 3/54^c$	16L:8D
$3/02 \pm 2/6$	$3/68 \pm 0/58^a$	$3/73 \pm 1/7^a$	$4/82 \pm 1/13^a$	$4/05 \pm 0/99^a$	24L:0D

(ب)

زمان‌های نمونه‌برداری					دوره‌های نوری
۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت	
$3/02 \pm 2/6$	$2/81 \pm 0/67^a$	$3/64 \pm 1/08^a$	$3/98 \pm 0/70^a$	$4/11 \pm 2/8^a$	8L:16D
$3/02 \pm 2/6$	$3/48 \pm 1/2^a$	$4/12 \pm 2/6^{ab}$	$5/75 \pm 1/14^{ab}$	$9/00 \pm 2/9^b$	12L:12D
$3/02 \pm 2/6$	$3/76 \pm 1/9^a$	$5/03 \pm 1/3^b$	$8/18 \pm 1/9^b$	$15/3 \pm 3/2^c$	16L:8D
$3/02 \pm 2/6$	$3/16 \pm 1^a$	$4/20 \pm 2/9^{ab}$	$4/71 \pm 0/65^a$	$4/30 \pm 1/9^a$	24L:0D

اعدادی که در ستون‌های عمودی با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند ( $P > 0/05$ ).

تأثیر انفرادی دوره‌های نوری بر میزان فعالیت آنزیم ATPase نشان داد که بیشترین و کم‌ترین مقدار آن به ترتیب متعلق به دوره‌های نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و ۲۴ ساعت روشنایی بود. دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی با سایر دوره‌های نوری دارای تفاوت معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ) (جدول ۱۰). بررسی نقش نوع غذا به تنهایی نیز نتایج حاکی از بیشتر بودن فعالیت این آنزیم در تغذیه با غذای وارداتی بود اما با گروه دوم

تفاوت معنی‌دار نداشت ( $P > 0/05$ ) (جدول ۱۱). در بررسی تأثیر متقابل و هم زمان دوره‌های نوری و جیره غذایی، بیشترین عدد در مورد هر دو نوع غذا متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود که با هم تفاوت معنی‌دار نداشتند. در مورد سایر دوره‌های نوری هم تفاوت معنی‌داری بین بچه ماهیان تغذیه شده با ۲ نوع غذا مشاهده نشد (جدول ۱۲).

جدول ۱۰- تأثیر مستقل و انفرادی دوره‌های نوری مختلف بر مقادیر هورمون رشد و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش بچه‌ماهیان آزاد خزر

دوره‌های نوری				پارامتر
24L:0D	16L:8D	12L:12D	8L:16D	
۳/۳۲±۰/۷۳ <sup>a</sup>	۱۰/۳۳±۲/۳۹ <sup>c</sup>	۶/۹۵±۱/۵۷ <sup>b</sup>	۳/۷۵±۰/۳۶ <sup>a</sup>	هورمون رشد (ng/ml)
۴/۱۷±۱/۳۶ <sup>a</sup>	۱۶/۰۵±۳/۱۳ <sup>c</sup>	۸/۵۷±۲/۷۳ <sup>b</sup>	۴/۱۸±۱/۸۱ <sup>a</sup>	فعالیت آنزیم ATPase (mg protein/h)

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند ( $P>0/05$ ).

جدول ۱۱- تأثیر مستقل و انفرادی جیره‌های غذایی بر میزان هورمون رشد و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش بچه‌ماهیان آزاد خزر

جیره‌های غذایی		پارامتر
غذای داخلی	غذای وارداتی	
۵/۷۳±۳/۱۹ <sup>a</sup>	۶/۴۵±۳/۳۰ <sup>a</sup>	هورمون رشد (ng/ml)
۸/۱۸±۵/۳۰ <sup>a</sup>	۸/۳۱±۵/۷۸ <sup>a</sup>	فعالیت آنزیم ATPase (mg protein/h)

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند ( $P>0/05$ ).

جدول ۱۲- تأثیر متقابل و هم زمان دوره‌های نوری مختلف و جیره‌های غذایی بر مقدار هورمون رشد و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش بچه‌ماهیان آزاد خزر

دوره نوری				جیره غذایی		پارامتر
24L:0D	16L:8D	12L:12D	8L:16D	غذای داخلی	غذای وارداتی	
۳/۱۵±۱/۱۱ <sup>d</sup>	۳/۵۰±۰/۱۲ <sup>d</sup>	۱۰/۱۸±۲/۲۱ <sup>c</sup>	۱۰/۴۹±۳/۰۵ <sup>c</sup>	۶/۰۷±۱/۶۳ <sup>b</sup>	۷/۸۳±۱/۰۹ <sup>b</sup>	هورمون رشد (ng/ml)
۴/۳۰±۱/۹۰ <sup>d</sup>	۴/۰۵±۰/۹۹ <sup>d</sup>	۱۵/۳۰±۳/۲۰ <sup>c</sup>	۱۶/۸۰±۳/۵۴ <sup>c</sup>	۹/۰۰±۲/۹۰ <sup>b</sup>	۸/۱۴±۳/۱۲ <sup>b</sup>	فعالیت آنزیم (μmol ADP/mg protein.h)

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند ( $P>0/05$ ).

### بحث و نتیجه‌گیری

ماهیان دو تابستانه را اسملت (با میانگین وزن حدود ۱۵ گرم) می‌نامند. نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان با دستکاری‌های نوری، بچه ماهیان را وادار به ادامه رشد در طول فصول سرد نمود و روند تولید بچه ماهیان را تسریع کرد. به گونه‌ای که در رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بچه ماهیان پار با وزن حدود ۶ گرم ظرف مدت ۱۱۰ روز به مرحله اسملت رسیدند.

در این پژوهش در بررسی نقش انفرادی نور، بیشترین افزایش در پارامترهای رشد مانند افزایش وزن و طول در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بچه ماهیان آزاد دریای خزر که با غذای وارداتی و داخلی تغذیه شدند، تحت دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نسبت به سایر دوره‌های نوری از رشد بیشتری برخوردار بودند و فرایند اسملت شدن در آنها تسریع گردید. لازم به ذکر است که در ایران، با توجه به شرایط موجود در کارگاه شهید باهنر کلاردشت، تولید بچه ماهیان قابل رهاسازی ۲ سال به طول می‌انجامد به طوری که بچه ماهیان یک تابستانه را اصطلاحاً پار (با میانگین وزن حدود ۵ گرم) و بچه

و در نتیجه رشد بهتر می‌گردد. توانایی تنظیم اسمزی تا زمان اسملت شدن با رشد ماهیان افزایش می‌یابد. در واقع تنها بچه ماهیانی که دارای اندازه مناسب باشند مراحل تکامل و تغییرات فیزیولوژیک و رفتاری لازم برای مهاجرت به پایین دست رودخانه و زنده ماندن در آب دریایی را طی می‌کنند. بر اساس تحقیقات Eales و Johnston در سال ۱۹۹۰، در ماهی آزاد اقیانوس اطلس، پیشرفت خاصیت شناوری و نقره‌ای شدن در طول فرایند اسملت شدن در افراد درشت‌تر زودتر از پاره‌ای کوچک اتفاق می‌افتد. این در حالی است که در تحقیقی که توسط Handeland و Stefansson در سال ۲۰۰۳ بر روی همین گونه انجام شد، اگرچه نور مداوم (۲۴ ساعت روشنایی) با رشد بیشتر همراه بود اما در روند طبیعی تبدیل بچه ماهی پار به اسملت (افزایش فعالیت آنزیم ATPase و فاکتور وضعیت کمتر) ایجاد اختلال کرد و در انتقال بچه ماهیان به آب شور، این گروه نسبت به سایر گروه‌ها کمتر رشد کردند. این امر بیان کننده وجود برخی محدودیت‌ها در استفاده از نور در تسریع رشد و وقوع اسملتی فیکشن در این گونه است.

بر اساس اطلاعات حاصل از این تحقیق در بررسی نقش انفرادی نور، کمترین فاکتور وضعیت متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود. در بررسی نقش مستقل غذا نیز، تفاوت معنی‌دار بین ۲ جیره غذایی دیده شد که عدد متعلق به غذای وارداتی کوچک‌تر بود. بررسی اثر متقابل نور و غذا نیز نشان داد که اگرچه در هر ۴ دوره نوری، در تغذیه با غذای وارداتی فاکتور وضعیت کمتری حاصل شد اما با بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی تنها در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی تفاوت معنی‌دار داشت. کمترین عدد نیز متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی

ساعت تاریکی حاصل شد. در بررسی نقش غذا به تنهایی نیز بیشترین مقدار رشد متعلق به غذای وارداتی بود که با غذای داخلی دارای تفاوت معنی‌دار بود. اما در بررسی اثر متقابل نور و غذا، بیشترین مقدار از ۲ پارامتر فوق در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و در تغذیه با غذای وارداتی به دست آمد که البته در این دوره نوری تفاوت معنی‌داری با غذای داخلی نداشت. نتایجی مشابه تحقیق حاضر توسط Sonmez و همکاران در سال ۲۰۰۹ در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) به دست آمد که دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بیشترین تأثیر را روی رشد و افزایش وزن داشت. در سال ۱۹۹۰، Stefansson و همکاران، در سال ۱۹۹۵، Sigholt و همکاران و در سال ۲۰۰۱ Handeland و همکاران در تحقیق خود بر روی ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) دریافتند که این ماهی در طی فصل زمستان بالاترین نرخ رشد خود را در دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی و کمترین رشد را در دوره نوری ۱۶ ساعت تاریکی، ۸ ساعت روشنایی به دست آورد. همچنین در ماهی آزاد کوهستان (*Salvelinus alpinus*) بالاترین نرخ رشد در دوره نوری ۲۰ ساعت روشنایی و ۴ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی حاصل شد. Clarke و Thorarensen نیز در سال ۱۹۸۹ در مطالعه کوهو سالمون (*Onchorhynchus kisuteh*) رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی را جهت رشد بیشتر توصیه کردند. این محققین اظهار کردند که احتیاجات دوره نوری در ماهیان مختلف متفاوت است و نرخ رشد در آنها بستگی به قابلیت و توانایی گونه‌های مختلف در کاهش مصرف انرژی و ذخیره انرژی دارد. در واقع افزایش طول روز موجب بیشتر شدن اشتها و تغذیه بیشتر و بازده غذایی بالاتر

معمولی (*Cyprinus carpio*) پیشنهاد کردند. Ballagh و همکاران در سال ۲۰۰۸ به نتایج متفاوتی در ضریب تبدیل غذایی بچه ماهیان گونه *Argyrosoma japonicas* دست یافتند. آنها بهترین ضریب تبدیل غذایی را در ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی اعلام کردند. آنها دلیل این امر را در این دانستند که در دوره نوری مداوم (۲۴ ساعت روشنایی) انرژی بیشتری هم صرف شنا و هم فعالیت این ماهی برای تغذیه بیشتر می‌شود و شاید این دلیلی برای افزایش ضریب تبدیل غذایی در آنان باشد.

در بررسی هورمونی در این تحقیق، بیشترین میزان هورمون رشد در هر دو گروه از ماهیان در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و در نمونه برداری ۳۱ فروردین ماه اندازه‌گیری شد. در بررسی اثر انفرادی نور بر میزان هورمون رشد، بیشترین میزان آن در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و کمترین آن بدون تفاوت معنی‌دار در ۲ دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی و ۸ ساعت روشنایی مشاهده شد. در بررسی انفرادی غذا نیز، میزان این هورمون بدون تفاوت معنی‌دار در تغذیه با غذای وارداتی بیشتر بود. اما در بررسی اثر متقابل نور و غذا، اگرچه مقدار این هورمون در تغذیه با غذای وارداتی در همه دوره‌های نوری بیشتر بود اما با غذای داخلی تفاوت معنی‌دار نداشت.

میزان فعالیت آنزیم ATPase نیز کمابیش افزایشی بود اما در نمونه برداری اردیبهشت‌ماه در دو تیمار ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی مقدار آن یکباره افزایش یافت. البته این رقم در مورد دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی چشمگیر بود و یکباره تا حدود ۲ برابر افزایش یافت. اندازه‌گیری فوق همراه با تکمیل علایم مورفولوژیک در بچه ماهیان اسملت بود. به طوری که در این تاریخ، نقره فام شدن جوانب

بود. بر اساس مطالعات موجود، کاهش فاکتور وضعیت که نسبت بین وزن به طول است می‌تواند به عنوان معیاری از وقوع فرایند اسملت شدن در بچه ماهیان در نظر گرفته شود. در واقع در مقایسه با بچه ماهیان پار، بچه ماهیان اسملت به ازاء هر واحد از طولشان دارای وزن کمتری هستند و معمولاً در زمان تبدیل بچه ماهی پار به اسملت، فاکتور وضعیت کاهش می‌یابد. تغییرات در فاکتور وضعیت در طول اسملت شدن احتمالاً به دلیل تغییر در متابولیسم چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها در بدن است. افزایش تجزیه چربی‌ها (Lypolysis) که با کاهش ساخت چربی‌ها (Lypogenesis) همراه است و همین‌طور کاهش ساخت گلیکوژن و افزایش تولید گلوکز از عوامل اصلی کاهش فاکتور وضعیت در زمان اسملت شدن هستند. همچنین افزایش ترشح هورمون رشد باعث تحریک رشد اسکلتی (طولی) در ماهیان شده و موجب کاهش فاکتور وضعیت می‌گردد (Sigholt و همکاران، ۱۹۹۵).

کمترین ضریب تبدیل غذایی متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و بیشترین متعلق به دوره ۲۴ ساعت روشنایی در بررسی انفرادی تأثیر نور محاسبه شد. همچنین عدد مربوط به غذای وارداتی کمتر از غذای داخلی بود و تفاوت معنی‌دار داشتند. در بررسی اثر متقابل نور و غذا نیز در هر ۴ دوره نوری، عدد مربوط به غذای وارداتی کمتر بود و تفاوت معنی‌دار بود. کمترین عدد نیز متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود. در ماهی آزاد اقیانوس اطلس در مقایسه دوره نوری طبیعی و نور مداوم، کمترین ضریب تبدیل غذایی و ضریب چاقی در نور مداوم حاصل شد (Handeland و همکاران، ۲۰۰۳). Danisman و Yigit در سال ۲۰۰۹، دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی را برای رشد بهتر و ضریب تبدیل غذایی کمتر در ماهی کپور

Sigholt و همکاران در سال ۱۹۹۵ انجام شد، افزایش تدریجی میزان هورمون رشد در طول دوره آزمایش که با یک افزایش در فعالیت آنزیم ATPase همراه بود در ماهی آزاد اقیانوس اطلس مشاهده شد. همچنین انتقال از طول روز کم به زیاد باعث افزایش هم در میزان هورمون رشد و هم در فعالیت آنزیم ATPase شد که بعد از ۴ هفته شروع شد و پس از ۷ هفته به حداکثر رسید.

در زمان اسملت شدن، تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مرتبط با تنظیم اسمزی در اندام‌های مرتبط با آن (آبشش، روده و کلیه‌ها) ایجاد می‌شود. افزایش تعداد سلول‌های کلراید و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش با هم اتفاق می‌افتد که اغلب با افزایش تحمل شوری در ماهیان همراه است. چندین هورمون در تنظیم فعالیت این آنزیم، توسعه سلول‌های کلراید و تحمل شوری در زمان تبدیل بچه ماهی پار به اسملت دخالت دارند. ترشح هورمون رشد می‌تواند تمام این موارد را در آزاد ماهیان افزایش دهد و مقدار این هورمون در زمان اسملت شدن افزایش می‌یابد (Handeland و Stefansson، ۲۰۰۱).

Komourdjian و همکاران در سال ۱۹۹۶ با مطالعه بافت شناسی دریافتند که به دنبال افزایش طول روز، تعداد سلول‌های ترشح کننده هورمون رشد در ماهی آزاد اقیانوس اطلس افزایش می‌یابد. همچنین مشخص شده است که هورمون رشد می‌تواند تعداد گیرنده‌های هورمون کورتیزول را در کوهوسالمون (*Oncorhynchus kisutch*) افزایش دهد. کورتیزول هم در شرایط *in vivo* و هم *in vitro* موجب افزایش تعداد سلول‌های کلراید و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش می‌شود (Thorarensen و Clarke، ۲۰۰۵).

بر اساس تحقیقات انجام شده، ترشح هورمون رشد می‌تواند در ظرف مدت ۴۸ ساعت بر تحمل شوری

بدن به‌خصوص در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و به مقدار جزئی‌تری در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی دیده شد. در بررسی اثر مستقل نور بر میزان فعالیت آنزیم ATPase، بیشترین مقدار در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و کمترین مقدار آن در دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی اندازه‌گیری شد. در بررسی انفرادی اثر غذا، اگرچه میزان فعالیت این آنزیم در تغذیه با غذای وارداتی بیشتر بود اما با غذای داخلی تفاوت معنی‌دار نبود. در بررسی اثر متقابل نور و غذا نیز بیشترین میزان فعالیت این آنزیم به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی در تغذیه با غذای وارداتی بود اما با غذای داخلی تفاوت معنی‌دار نداشت.

در این تحقیق افزایش چشمگیر در میزان هورمون رشد حدود ۱۳ هفته بعد از شروع تحقیق در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی دیده شد و به دنبال آن بعد از گذشت ۲ هفته، مقدار فعالیت آنزیم ATPase به پیک خود در این دوره نوری رسید. McCormick و همکاران (۱۹۹۵) در ماهی آزاد اقیانوس اطلس یک افزایش در هورمون رشد را در طول ۳ هفته بعد از افزایش ناگهانی در طول روز مشاهده کردند که بعد از ۸ هفته به پیک رسید و ۳-۱ هفته قبل از افزایش فعالیت آنزیم ATPase بود. ارتباط مثبت بین دوره نوری و رشد و میزان هورمون رشد در آزاد ماهیان در مرحله اسملت بیان شده است. در واقع هورمون رشد یک کلید تنظیم کننده رشد در آزاد ماهیان است به گونه‌ای که تزریق هورمون رشد باعث تحریک جذب غذا و افزایش بازدهی تبدیل غذا در قزل‌آلای رنگین‌کمان (Johnston و Bjornsson، ۱۹۹۴) و افزایش میزان رشد و تبدیل غذا در قزل‌آلای قهوه‌ای (*Salmo trutta*) (Johnston و همکاران، ۱۹۹۶) شده است. در مطالعه‌ای که توسط

آماري نشان داد که به جز ضريب تبديل غذايي در ساير پارامترهاي مورد بررسي تفاوت بين آنها معني دار نيست. شايد علت اين امر در ميزان انرژي قابل هضم بيشتري و فرايند توليد بهتر در ارتباط با غذاي وارداتي باشد. لذا در راستاي رسيدن به اقتصاد مقاومتي مي توان از چيره غذايي داخلي مزبور به جاي غذاي وارداتي جهت تغذيه بچه ماهيان آزاد دريای خزر استفاده کرد.

### تشکر و قدردانی

اين طرح پژوهشي با حمايت مالي دانشگاه آزاد اسلامي واحد قائمشهر به انجام رسيد که لازم است از حمايت هاي اين واحد دانشگاهي تشکر شود.

بچه ماهيان اثر بگذارند در حالي که اثر آن روي فعاليت آنزيم ATPase حداقل به يك هفته يا بيشتري زمان نياز دارد (Handeland و Stefansson, 2001). اين دوره زماني از عملکرد هورمون رشد بر فعاليت آنزيم ATPase در آبشش در مطالعه حاضر نيز ثابت شد. زيرا افزايش هورمون رشد بعد از 2 هفته با افزايش فعاليت آنزيم فوق همراه بود.

بنابراين دوره نوري 16 ساعت روشنايي، 8 ساعت تاريخي از بين 4 دوره نوري به کار رفته در اين تحقيق توانست موجب ادامه رشد بچه ماهي آزاد دريای خزر حتي در فصل سرد زمستان شود و روند اسملت شدن را تسريع نمايد. اگرچه ميزان رشد و روند اسملت شدن در بچه ماهيان تغذيه شده با غذاي وارداتي اندکي بهتر از غذاي داخلي بود اما بررسي

### منابع

- بهراميان، ب.، 1380. نقش اداره کل تکثير و بازسازي ذخاير شهيد باهنر کلاردشت در افزايش ماهي آزاد دريای خزر. گزارش نهايي، موسسه تحقيقات شيلات مازندران، 56 صفحه.
- Adams, C.E., and Torpe, J.E., 1989. Photoperiod and temperature effects on early development and reproductive investment in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 79, 403-409
- Ballagh, D.A., Pankhurst, P.M., and Fielder, D.S., 2008. Photoperiod and feeding interval requirements of Juvenile Mulloway, *Argyrosomus japonicas*. *Aquaculture* 277, 52-57
- Barimani, Sh., Bahre Kazemi, M., and Hazaei, K., 2013. Effects of different photoperiod regimes on growth and feed conversion rate of young Iranian and French rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *World Applied Sciences Journal* 21, 1440-1444.
- Boyer, J.N., Toever, W.V., and Jansen, M.E., 1994. Effect of photoperiod on growth of Arctic char (*Salvelinus alpinus*), under commercial production condition. *The Progressive Fish-Culturist* 56(1), 25-32.
- Damşman, Y., and Yigit, M., 2009. Influence of increased photoperiod on growth, feed consumption and survival of juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Fisheries Sciences* 3, 146-152.
- Evans, D.H., and Claiborne, J.B., 2006. *The physiology of fishes*. Third edition. Boca Raton: Taylor and Francis group.
- Fulberth, M., Moran, D., Jarlbeak, H., and Stettrup, J.G., 2009. Growth of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) in land based recirculation system: Effects of feeding regime, photoperiod and diet. *Aquaculture* 292, 225-231.
- Ghomi, M.R., Zarei, M., and Sohrabnejad, M., 2011. Effects of Photoperiod on Growth and Feed Conversion of Juvenile Wild Carp, *Cyprinus carpio*. *Acta Biologica Hungarica* 62, 215-218.
- Giri, S.S., Sahoo S.K., and Sahu, B.B., 2002. Larval survival and growth in *wallagoattu* (Bloch and Schneider): effects of light, photoperiod and feeding regimes, *Aquaculture* 213, 151-161.
- Handeland, S.O., and Stefansson, S.O., 2001. Photoperiod control and influence of body size on off-season parr-smolt transformation and post-smolt growth. *Aquaculture* 192, 291-307.

- Handeland, S.O., Porter, M., Bjornsson, B.T., and Stefansson, S.O., 2003. Osmoregulation and growth in a wide and a selected strain of Atlantic salmon smolt on two photoperiod regimes. *Aquaculture* 222, 29-43.
- Johnsson, J.I., and Björnsson, B.Th., 1994. Growth hormone increases growth rate, appetite and dominance in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Animal Behavior Journal* 48, 177-186.
- Johnsson, J.I., Petersson, E., Jönsson, E., Björnsson, B.Th., and Järvi, T., 1996. Domestication and growth hormone alter antipredator behavior and growth pattern in juvenile brown trout, *Salmo trutta*. *Canadian Journal of the Fisheries and Aquatic Science* 53, 1546-1554.
- Johnston, C.E., and Eales, J.G., 1990. Influence of body size on silvering of Atlantic salmon (*Salmo salar*) at parr-smolt transformation. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 27, 983-987.
- McCormick, S.D., 1993. Methods for nonlethal gill biopsy and measurements  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase activity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 50, 656-658.
- McCormick, S.D., Bjornsson, B.Th., Sheridan, M., Eilerson, C., Carey, J.B., and Odea, M., 1995. Increased daylength stimulates plasma growth hormone and gill Na, K-ATPase in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Comparative Physiology* 165, 245-254.
- Sigholt, T., Staurnes, M., Jakobsen, H.J., and Asgard, T., 1995. Effect of continuous light and short day photoperiod on smolting, seawater survival and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 130, 373-388.
- Sonmez, A.Y., Hisar, O., Hisa, S.A., Alak, G., Aras, M.S., and Yanik, T., 2009. The Effects of Different Photoperiod Regims on Growth Feed Conversion Rate and Survival of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fry. *Animal and Veterinary Advances* 8, 760-763.
- Stefansson, S.O., Nævdal G., and Hansen, T., 1990. Growth of Different Families of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) under Three Experimental Photoperiods. *Aquaculture* 86, 271-281.
- Thorarensen, H., and Clarke, W.C., 1989. Smoltification induced by a skeleton photoperiod in underyearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Fish Physiology and Biochemistry* 6(1), 11-18.