**بررسی رشد سوماتیک و گنادیک ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) ماده پرورش یافته در قفس در دریای خزر**

**چکیده :**

هدف از انجام این تحقیق بررسی عملکرد رشد و روند رسیدگی جنسی ماهیان قزل آلای رنگین کمان ماده پرورش یافته در قفس در دریای خزر (مازندران ـ نوشهر) است. جهت انجام این تحقیق، ماهی های قزل آلای رنگین کمان با میانگین وزنی ۵ **±۱۲۲** گرم، به قفس های واقع در دریای خزر، رهاسازی شدند. غذادهی به ماهیان، به صورت روزانه صورت گرفت و نمونه برداری یک ماه پس از رها سازی به صورت ماهانه و تصادفی، از دی ماه 1394 تا اردیبهشت 1395 انجام شد. هر ماه 30 عدد ماهی زیست سنجی و خونگیری شدند؛ کبد و گناد آنها توزین شد؛ طول کل، وزن کل، وزن کبد و وزن گناد، شاخص وضعیت، GSI و HSI و قطر تخمک محاسبه گردید؛ مقادیر **هورمون های 17 بتا استرادیول، تستوسترون، پروژسترون و ویتلوژنین** اندازه گیری شد؛ همچنین نمونه های بافت گناد تهیه و با استفاده از میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفت. **نتایج بدست آمده حاکی از رشد مطلوب سوماتیک** و گنادیک ماهیان بود. **میزان هورمون های جنسی و ویتلوژنین با گذشت زمان، به طور معنی داری افزایش یافت** (۰۱/۰<P)، **بطوریکه مقادیر هورمون های 17-بتا استرادیول، تستوسترون و پروژسترون در دی ماه بترتیب برابر با** ng/ml **05/0 ±56/0،** ng/ml 05/0 **±**50/**0 و** ng/ml **01/0 ±14/0** **بود و در اردیبهشت ماه بترتیب به میزان** ng/ml **13/0 ±63/1،** ng/ml **01/0 ±80/0 و** ng/ml **03/0 ±28/0** **رسید. میزان ویتلوژنین نیز از** ng/ml **26/55 ±40/382 در دی ماه به** ng/ml **۳۴/۸۶ ±۴۰/۶۵۱ در اردیبهشت ماه افزایش یافت. گنادها در طول دوره پرورش تا مرحله** 4 **پیشرفت نمودند و قطر تخمک نیز افزایش معنی داری یافت** (۰۱/۰<P). **یافته های این تحقیق نشان می دهد که ماهی قزل آلای رنگین کمان قادر است در آب لب شور دریای خزر همچون آب شیرین، رشد سوماتیک مناسبی داشته باشد و اختلالی در روند طبیعی رسیدگی** جنسی **آن نیز ایجاد نمی گردد.**

**لغات کلیدی:** ماهی قزل آلای رنگین کمان، پرورش در قفس، عملکرد رشد، هورمون های جنسی، بافت شناسی

**مقدمه:**

**ماهی قزل آلای رنگین کمان، گونه ای با ارزش اﻗﺘﺼﺎدي ﻓﺮاوان، متعلق به خانواده** [**آزادماهیان**](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A2%D8%B2%D8%A7%D8%AF%D9%85%D8%A7%D9%87%DB%8C%D8%A7%D9%86) **(**Salmonidae**) است که در ﺳﺮاﺳﺮ ﺟﻬﺎن ﻣﻨﺘﺸﺮ ﮔﺮدﻳﺪه است (فراهانی و همکاران، 1394). پرورش این گونه با سرعت زیادی در نقاط مختلف دنیا رو به گسترش است و عمدتاً در آب های شیرین و استخرهای پرورش ماهی انجام می پذیرد. با این وجود، سیاست های مربوط به افزایش تولید در کنار بهره وری از آب های شیرین، عامل جهت گیری سازمان شیلات ایران در استفاده از منابع آب لب شور نظیر دریای خزر برای تولید ماهی قزل آلا بوده است که روش پرورش در قفس به عنوان گزینه مناسب در دستور کار دولت و سرمایه گذاران قرار گرفته است. پرورش ماهی در قفس یکی از روش های مرسوم دنیا جهت بهره برداری بهینه از منابع آبی برای پرورش ماهی است. منظور از قفس، بخشي از آب دريا، دریاچه، آب پشت سد و یا هر منبع آبی مشابه دیگر است كه از اطراف و كف توسط ابزارهاي مختلفي مثل توري با چشمه هاي مختلف محصور و در آن محيط محصور، ماهي پرورش داده شود (**Kumar and Karnatak, 2014**). در ایران پرورش ماهی در قفس از منظر استفاده بهینه از منابع و تولید محصول یک موضوع خیلی مهم و از نظر اشتغال زایی و توسعه پایدار از جایگاه ویژه ای برخوردار است، از این رو، توسعه آبزی پروری در دریا در ایران، از ضروریات است (آذری، 1396). از آنجاییکه محیط های مختلف پرورشی (شرایط محیط پرورشی) عامل اصلی راندمان تولید ماهی می باشد؛ و همواره رشد سوماتیک برای آبزی پروران نسبت به رشد گنادیک از ارجحیت بالاتری برخوردار است؛ کسب اطلاع از روند تولید مثل ماهی در محیط پرورش در قفس می تواند در سیاستگذاری و برنامه ریزی توسعه و تولید اینگونه ماهیان در قفس های دریایی موثر باشد. مطالعاتی در رابطه با تکامل جنسی در گونه های مختلف آزاد ماهیان در قفس انجام شده است که از آن جمله می توان به بررسی انجام شده در ماهی قزل آلای رنگین کمان (**Noda *et al*., 2010**) و ماهی آزاد اقیانوس اطلس (**Hansen *et al.*, 2008; Endal *et al*., 2000**) اشاره نمود.**

**پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان در قفس در دریای خزر، دارای جنبه های مجهولی در زمینه روند رشد و تکامل جنسی این گونه است. هر چند مطالعات اندکی جهت بررسی روند رسیدگی جنسی ماهی قزل آلای رنگین کمان در آب های شور و لب شور در ایران و جهان انجام شده است (فلاحتی مروست و همکاران، ۱۳۸۱؛ گلشاهی و همکاران، ۱۳۹۱؛** Rehulka and Adamec, 2004**)؛ اما روند رشد و رسیدگی جنسی و تغییرات خونی این گونه در شرایط پرورش در قفس در دریای خزر مورد بررسی قرار نگرفته است. از این رو در این تحقیق تلاش گردید تا چگونگی عملکرد رشد و روند رسیدگی جنسی ماهی قزل آلای رنگین کمان در دریای خزر و تغییرات بافتی و خونی متاثر از آن، مورد بررسی قرار گیرد.**

**مواد و روش ها:**

**ماهی های ماده با میانگین وزن 5 ±** ۱۲۲ **گرم، که به روش اسکواشینگ تعیین جنسیت گردیدند (**Kim *et al*., 2017**)، از مزرعه ای محلی تهیه و از آذر ماه 1394 در قفس هایی به قطر 20 متر و ارتفاع 10 متر که در عمق 30 متری دریا در آبهای ساحلی دریای خزر (مازندران ـ نوشهر)، در طول جغرافیایی"11 '46 51 و عرض جغرافیایی "91 '66 36، در فاصله ۵/۳ کیلومتری از ساحل دریا قرار داشتند، رهاسازی شدند. تراکم نگهداری ماهیان برابر با 40 کیلوگرم در هر متر مربع بوده است که در قفسی به ظرفیت 25 تن(۳۰ هزار عدد ماهی در قفس) نگهداری گردیدند. نمونه برداری به صورت ماهانه و تصادفی، از دی ماه تا اردیبهشت ماه انجام شد. غذادهی به صورت روزانه با استفاده از غذای تجاری، صورت می گرفت. میزان غذای روزانه و سایز آن با توجه به دمای آب، میانگین وزن ماهیان و میزان زی توده موجود در قفس، تعیین می گردید (فلاحتی مرورست و همکاران، 1381). هر ماه 30 عدد ماهی، نمونه برداری شدند. برای تسهیل زیست سنجی و خونگیری و همچنین رعایت اخلاق زیستی، نمونه صید شده ابتدا در ظرف حاوی 222 MS به میزان 1 گرم در لیتر قرار داده شد و پس از بیهوشی کامل، زیست سنجی گردیدند (فلاحتی مروست و همکاران 1381). تغییرات وزن و طول کل مورد بررسی قرار گرفت و محاسبه شد. میزان شاخص وضعیت (**CF**) با استفاده از فرمول** 100× (3(طول کل (سانتی متر))/ وزن (گرم)) = CF محاسبه گردید ( Kizak *et al*., 2013). **پس از کالبد گشایی، کبد و گناد ماهیان جداسازی و با استفاده از ترازوی حساس با دقت 001/0 گرم، توزین شد. شاخص گنادی از طریق فرمول 100× (وزن بدن (گرم)/ وزن گناد (گرم))** = GSI (Crabtree *et al*., 2001; Funamoto *et al*., 2004) و **شاخص کبدی از طریق فرمول 100× (وزن بدن (گرم)/ وزن کبد (گرم) =** HSI (Yildiz, 2004) محاسبه **گردید.**

**خونگیری از طریق قطع ساقه دمی و پس از بیهوش نمودن ماهیان، انجام شد. پلاسمای خون با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ با دور rpm ۳۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه جداسازی شد و تا انجام آنالیزهای بیوشیمیایی، در دمای منفی** ۲۰ **درجه سانتی گراد قرار داده شد (**Heidari *et al*., 2010**). در آزمایشگاه تخصصی دامپزشکی ـ ویرومد گیلان** فاکتورهای **تستوسترون، پروژسترون، 17 بتا استرادیول و ویتلوژنین اندازه گیری شد.** مقادیر **هورمون های جنسی** با استفاده از کیت های هورمونی به روش رادیو ایمنو اسی و با دستگاه گاماکانتر (Good *et al*., 2014)**؛ و** میزان ویتلوژنین با استفاده از کیت ELISA و از طریق تکنولوژی Biotin double antibody sandwich اندازه گیری شد (دهقان زاده و همکاران، 1392). **برای آماده سازی نمونه ها جهت بافت شناسی، گناد پس از کالبد گشایی، جداسازی شد و قطعات برش داده شده از گناد در محلول بوئن فیکس گردید. نمونه های فیکس شده بعد از آبگیری و شفاف سازی با درجات مختلف الکل و پارافینه کردن، قالب گیری شدند. به منظور تهیه بلوک بافتی نمونه پارافینه شده با استفاده از پارافین ذوب شده روی تکه چوب چسبانده شد. در نهایت برش های بافتی با استفاده از دستگاه میکروتوم تهیه شد. نمونه های تهیه شده روی لام چسبانده شد و با روش هماتو کسیلین ـ ائوزین، رنگ آمیزی گردید. در نهايت جهت تجزيه و تحليل بافت شناسی از میکروسکوپ نوری و عدسی های** x**۴،** x۱۰ **و** x **۴۰ به منظور بررسی مراحل تکوین تخمک، استفاده گردید؛ جهت تعیین ابعاد سلولی (قطر تخمک) از نرم افزار** Axiovision V. 4. 8 **استفاده شد (**Estay *et al*., 2012**). جهت تشخیص مراحل تکاملی گناد، لام ها و عکس های تهیه شده از آنها با استفاده از روش تقسیم بندی 6 مرحله ای (**Naca, 1989; McMillan, 2007**) مورد بررسی قرارگرفتند.** پارامترهاي كيفي آب شامل میزان درجه حرارت با دماسنج، اکسیژن محلول آب با استفاده از اکسیژن متر، شوری آب با استفاده از شوری سنج و pH با استفاده از pH متر، در روزهای نمونه برداری اندازه گيري و كنترل گرديدند (جدول 2). براي تجزيه وتحليل كليه داده ها، از نرم افزارSPSS 19 استفاده گرديد. داده ها ابتدا جهت اطمينان از نرمال بودن با آزمون Kolmogorov-Smirnov بررسي شدند .سپس در صورت نرمال بودن توزيع داده هاي مورد بررسي، با استفاده از آزمون تجزيه واريانس يكطرفه (Oneway ANOVA) در سطح اطمینان ۹۹%، ابتدا اختلاف كلي بين ميانگين ها مشخص و سپس با آزمون توکی (Tukey)، گروه ها از يكديگر تفكيك گرديدند.

**نتایج:**

نتایج بررسی تغییرات طول، وزن و شاخص وضعیت در جدول ۱ نشان داده شده است. روند تغییرات وزن کل و طول کل، افزایش معنی داری را نشان داده است (۰۱/۰< P)؛ اما تغییرات میانگین شاخص وضعیت روند مشخصی نداشت بطوریکه بیشترین مقدار در بهمن و کمترین آن در اردیبهشت مشاهده شد (۰۱/۰< P).

جدول 1: مقادیر وزن کل، طول کل و شاخص وضعیت ماهیان قزل آلای ماده رها شده در قفس از آذر ماه ۱۳۹۴ تا اردیبهشت ماه ۱۳۹۵

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  ماه نمونه برداریشاخص | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت |
| وزن کل (گرم) | 4 ± 19۱  a  | 6 ± ۲۷۷ a | 10 ± ۳۷۶ b | 8 ± 5۵۷ c | ±0/10 ۷۲۸ d |
| طول کل (سانتی متر) | 29/1 ± 42/25  a  | 62/1 ± 52/27  b  | 64/1 ± 30/31  c  | 81/1 ± 08/35  d  | 10/2 ± 85/40  e  |
| شاخص وضعیت (%) | 0/05 ±1/11 b | 05/0 ± 34/1 e  | 40/0 ±1۸/1 c | 03/0 ± 2۴/1d | 07/0 ± 0۶/1 a |

اعداد دارای بالانویس متفاوت در یک ردیف، دارای اختلاف معنی دار آماری هستند (۰۱/۰< P).

 مقادیر شاخص های گنادی و کبدی، تغییرات هورمون ها و قطر تخمک در جدول ۲ ذکر شده است. روند تغییرات شاخص گنادی، هورمون های جنسی (17 بتا استرادیول، استروژن، تستوسترون)، ویتلوژنین و قطر تخمک از دی ماه تا اردیبهشت ماه، افزایشی بوده است (۰۱/۰< P). میزان شاخص کبدی نیز از اسفند ماه به بعد، روندی افزایشی را نشان داد.

 نتایج بررسی های بافت شناسی و تغییرات مشاده شده در گناد در شکل1 نشان داده شده است. با گذشت زمان تکامل گنادی پیشرفت نمود؛ بطوریکه از دی ماه تا اردیبهشت ماه، گنادها تا مرحله 4 رسیدگی جنسی (از کلید ۶ مرحله ای رسیدگی جنسی (Naca, 1989; McMillan, 2007) پیشرفت نمودند. گناد ماهیان در دی ماه و بهمن ماه مرحله ۱ (هستک کروماتینی)، در اسفند ماه مرحله ۲ (پیش هستکی)، در فروردین ماه مرحله ۳ (آلوئل های قشری) و در اردیبهشت ماه مرحله 4 (گرانول های زرده) را نشان دادند.

جدول 2: مقادیر شاخص گنادی، شاخص کبدی، قطر تخمک، ۱۷ـ بتا استرادیول، تستوسترون، پروژسترون ویتلوژنین در ماهیان قزل آلای ماده رها شده در قفس از آذر ماه ۱۳۹۴تا اردیبهشت ماه ۱۳۹۵

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  ماه نمونه برداری فاکتور یا شاخص | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت |
| GSI (%) | 03/0± 98/0  a  | 04/0± 11/1 b  | 03/0± 56/1  c  | 04/0± 20/2  d  | 03/0± 73/2e  |
| HSI (%) | 02/0±۷۹/۱  c  | 03/0±80/1  c  | 03/0± 64/1  a  | 02/0± 68/1  ab  | 02/0±69/1  b  |
| قطر تخمک (µm) | 09/50 ± 81/158a  | 61/33 ± 74/327b  | 69/32 ± 25/354bc  | 56/21 ± ۹۴/۴۰۵ bc  | 22/24 ± 11/420 c  |
| 17 – بتا استرادیول (ng/ml) | 05/0 ± 56/0 a | 05/0 ± 72/0 ab | 09/0 ± 84/0 b |  15/0± ۴۵/1 c | 13/0 ± 63/1 d |
| تستوسترون (ng/ml) | 06/0 ± 50/0 a | 03/0 ± 58/0 b | 03/0 ± 61/0 b | 01/0 ± 72/0 c | 01/0 ± 80/0 d |
| پروژسترون | 01/0 ± 14/0 a | 02/0 ± 16/0 a | 03/0 ± 18/0 ab | 02/0 ± 22/0 b | 03/0 ± 2۷/0 c |
| ویتلوژنین (ng/ml) | 26/55 ± 40/382ab  | 53/73 ± 40/338a  | 25/69 ± 60/473b  | 26/10 ± 60/466b  | 34/86 ± 40/651c  |

اعداد دارای بالانویس متفاوت در یک ردیف، دارای اختلاف معنی دار آماری هستند (۰۱/۰< P).

جدول 2: مقادیر فاکتورهای فیزیکی شیمیایی آب طی ماه های نمونه برداری

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| فاکتورماه نمونه برداری | درجه حرارت (°C) | اکسیژن محلول (mg/L) | pH | شوری آب(ppt) |
| دی | ۱۳ | ۲/۱۲ | ۸/۷ | ۱۳ |
| بهمن | ۱۲ | ۴/۱۲ | ۹/۶ | ۱۳ |
| اسفند | ۱۲ | ۱۳ | ۵/۶ | ۱/۱۲ |
| فروردین | ۱۰ | ۷/۱۲ | ۳/۷ | ۹/۱۱ |
| اردیبهشت | ۱۱ | ۳/۱۳ | ۱/۷ | ۵/۱۱ |

**بحث:**

ماهیان **مورد بررسی طی این تحقیق، بچه ماهیانی ۱۰ ماهه با میانگین وزن اولیه 5 ±۱۲۲ بودند که طی 6 ماه از سال (از آذر ماه تا اردیبهشت ماه) در قفس های موجود در آب دریای خزر (دمای بین ۱۰ـ ۱۳ درجه سانتی گراد،** pH **بین ۵/۶ـ ۸/۷، میزان اکسیژن محلول ۲/۱۲ـ ۳/۱۳ میلی گرم در لیتر و میزان شوری ۵/۱۱ـ ۱۳ قسمت در هزار) پرورش داده شدن**د؛ و نمونه برداری از آنها طی ماه های دی تا اردیبهشت انجام شد. روند تغییرات **وزن کل و طول کل ماهیان قزل آلای رنگین کمان طی ماه های نمونه برداری، افزایشی بود. افزایش وزن و طول کل ماهیان با گذشت زمان، نشان دهنده مناسب بودن شرایط محیطی و تغذیه ای جهت رشد ماهی های مورد بررسی می باشد بطوریکه ماهیان به خوبی توانستند پس از انتقال به آب لب شور دریای خزر، با محیط جدید سازگار شوند. از طرفی افزایش طول روز، نیز به عنوان یک عامل محیطی، در معنی دار شدن روند افزایش وزن بی تاثیر نبوده است؛ چرا که در مطالعات بسیاری ثابت شده است که قرار گرفتن ماهی قزل آلای رنگین کمان و گونه های دیگر آزاد ماهیان پرورشی در معرض دوره نوری طولانی تر، افزایش بیشتر رشد را در پی دارد (**Randall *et al.*, 2001; Turker *et al*., 2011**)؛ این افزایش رشد ناشی از تغییرات فتوپریودیک الگوهای رشد فصلی است (**Endal *et al.*, 2000**)، که با افزایش دوره نوری از زمستان تا بهار رخ داده است. مشابه با تحقیق حاضر، گزارشاتی از پرورش موفقیت آمیز ماهی قزل آلای رنگین کمان در قفس در آب های لب شور و شور وجود دارد (**Guner *et al*., 2006 ; Kljajic *et al*., 2014**).** در ایران نیز فلاحتی و همکاران (۱۳۸۱) ماهی قزل آلای ۱۱ ماهه با میانگین وزنی ۲۰۰ گرم را در آب لب شور و شیرین پرورش دادند که ماهیان آب لب شور پس از ۱۴۰ روز به وزن ۴۹۰ گرم و از مرحله ۲ رسیدگی جنسی در ابتدای دوره پرورش به مرحله ۵ رسیدگی جنسی رسیدند.

**شاخص وضعیت ماهیان قزل آلای رنگین کمان در ماه های مختلف** اختلاف معنی دار آماری با هم داشتند. شاخص وضعیت یا ضریب چاقی برای مقایسه کیفیت ماهی از نظر وضعیت چاقی یا تناسب ماهی و در کل تعیین وضعیت سلامت جمعیت کاربرد دارد (Jonsen *et al*., 1999). درتحقیق حاضر میزان شاخص وضعیت از بهمن تا فروردین ماه نسبتا ثابت و بدون تفاوت معنی دار بود اما در اردیبهشت ماه کاهش یافت. این امر می تواند نشان دهنده جذب کمتر غذا طی دی ماه و استرس اولیه ناشی از ورود به آب لب شور باشد. سپس ماهیان به تناسب رشد وزنی و طولی رسیده و از این رو تفاوت معنی داری در شاخص وضعیت ماه های بهمن، اسفند و فروردین مشاهده نشد؛ در واقع طی این زمان، از شرایط رشد سوماتیک مطلوبی برخوردار بودند. کاهش شاخص وضعیت در اردیبهشت ماه نیز می تواند به ایجاد نوسانات احتمالی در شرایط زیست محیطی و فیزیولوژی ماهیان ارتباط داشته باشد (King, 2007)، چرا که بخش بیشتری از غذای جذب شده به جای مصرف جهت رشد سوماتیک، صرف رشد گنادی و تکامل گامت ها می گردد (Davidson *et al*., 2014; Manor *et al*., 2012).

تولید مثل مکانیسمی کلیدی برای بقای گونه هاست. تعیین وضعیت تولید مثلی و زمان تخمریزی در ماهی ها با استفاده از شاخص های گنادی و شاخص کبدی کاملا به اثبات رسیده است (حسین زاده صحافی و همکاران، ۱۳۸۰). در تحقیق حاضر **شاخص گنادی از دی ماه روندی صعودی در پیش گرفت و در آخرین ماه (اردیبهشت ماه) به بیشترین حد خود رسید.** شاخص گنادی قبل از تخمریزی و در زمان تکامل گناد و تخمک ها در حال افزایش می باشد و در زمان تخمریزی و تخلیه تخمک ها کاهش چشمگیری می یابد (آخوندیان، 1393)؛ در واقع طی رسیدگی جنسی ماهیان، با افزایش وزن تخمک ها در مراحل زرده سازی اولیه و ثانویه و بلوغ، شاخص گنادی نیز افزایش می یابد (Shirali *et al*., 2012; Tempero *et al*., 2006)؛ **از این رو مشاهده میزان شاخص گنادی حدودا بین ۱/۰ تا 3 درصد در تحقیق حاضر، نشان دهنده آغاز مراحل تکامل جنسی و فاصله داشتن تا تکامل جنسی کامل در ماهیان قزل آلای رنگین کمان است.**

**شاخص کبدی نیز هرچند در ماه های اول بیشتر از سایر ماه ها بود** (۰۱/۰< P)، **اما وزن کبد در این دو ماه کمتر از سایر ماه ها بود. از آنجائیکه شاخص کبدی،** نسبت وزنی کبد به وزن کل بدن ماهی است، مشاهده چنین وضعیتی، امری نادرست نیست. **از طرفی شاخص کبدی مجددا از اسفند ماه روندی صعودی را در پیش گرفت.** بطور کلی طی روند تکامل گنادی و قبل از شروع تخم ریزی، کبد ماهیان در حال زرده سازی است تا به رشد تخمک ها و انباشت زرده در تخمک ها کمک نماید؛ از این رو، وزن کبد در این زمان، به دلیل سنتز ویتلوژنین که پیش ماده مورد نیاز در فرایند زرده سازی است، افزایش می یابد و با افزایش میزان ویتلوژنین و پیشرفت زرده سازی، افزایش وزن کبد نیز مشاهده می گردد. در تحقیق حاضر، آغاز فرایند زرده سازی که دوره مهم و ویژه ای در تکامل سیکل تولید مثل است (Tyler *et al*., 2000)، سبب افزایش وزن کبد شده است. میزان شاخص کبدی که متاثر از این فرایند فیزیولوژیک طی تکامل (زرده سازی) و بطور همزمان وزن کل ماهی است، تغییراتی را طی مراحل رسیدگی جنسی نشان می دهد اما افزایش شاخص کبدی در کنار شاخص گنادی در جنس ماده بسیاری از گونه های ماهی گزارش شده است (حسین زاده صحافی و همکاران، ۱۳۸۰ Yildiz, 2004;).

در تحقیق حاضر، قطر تخمک ها با گذشت زمان افزایش یافت ولی به حداکثر اندازه خود نرسید با این حال کاملا مشخص است که ماهیان در حال طی کردن مسیر افزایش وزن تخمک تا رسیدن به حداکثر اندازه هستند. همانطور که پیشتر بیان شد، عامل اصلی رشد تخمک، تولید زرده توسط سلول های کبدی و ورود آنها به داخل تخمک می باشد (Wallace and Selman, 1985)، در تحقیق حاضر نیز هم روند وزن کبد، هم روند میزان تغییرات ویتلوژنین همچون روند تغییرات قطر تخمک، با گذشت زمان از دی ماه تا اردیبهشت ماه، صعودی بوده است. در بررسی مقایسه ای انجام شده توسط فلاحتی مروست و همکاران (1381) مشخص شد که در صورت نگهداری ماهیان ماده (از وزن 200 گرم) در آب لب شور تا رسیدگی نهایی، قطر تخمک ها با قطر تخمک های ماهیان ماده قزل آلای پرورش یافته در آب شیرین، تفاوتی نخواهد داشت. در بررسی انجام شده توسط Kong و همکاران (2020) که روند رشد سوماتیک و گنادیک را در کنار تغییرات هورمون های جنسی و ژن های دخیل در زرده سازی در ماهیان قزل الای رنگین کمان 80 گرم تا 1200 گرم بررسی نمودند نیز مشخص شد که در محدوده وزنی 80 تا 180 گرم، اووسیت هایی که در مراحل اولیه زرده سازی هستند، میزانشان بیشتر از سایر گروه های اووسیتی است و زمانیکه وزن افزایش می یابد و به محدوده بالای 700 گرم تا 1200 گرم، می رسد، اووسیت های بالغ در کل تخمدان پر می شوند تا ماهی برای تخمریزی آماده گردد (مرحله ای که در تحقیق ما مشاهده نشد). در تحقیق حاضر هر چند تکامل گنادی و بلوغ جنسی در ماهیان مورد بررسی به طور کامل انجام نشده است و نمی توان فقط با استناد به یافته های فعلی به طور دقیق نقطه اوج و زمان دقیق حداکثر و حداقل میزان شاخص گنادی و کبدی و قطر تخمک را برای این ماهیان بیان نمود، اما می توان اظهار نمود که ماهیان قزل آلا از دی ماه به تدریج و با سرعت کم وارد پروسه رسیدگی جنسی شدند و روند تغییرات هورمونی و شاخص های تولید مثلی در حال طی شدن است و تا اردیبهشت ماه (آخرین ماه مورد بررسی) بخشی از مسیر تکامل جنسی را طی نموده اند و توقع می رود که شیب نوسانات شاخص های تولید مثلی در ماه های آتی، تند تر و مشخص تر باشد اما تا همین زمان نیز، روند تغییرات شاخص های مختلف آغاز شده و خود را به نمایش گذاشته است.

**ﺳﻨﺠﺶ ﻫﻮرﻣﻮنﻫﺎ و ﺑﺮرﺳﯽﻫﺎي ﻓﯿﺰﯾﻮﻟﻮژﯾﮏ ﺳﺮم ﺧﻮن در کنار ﻋﻮاﻣﻞ ﻣﺤﯿﻄﯽ در ﺑﺮرﺳﯽ ﭼﺮﺧﻪ ﺗﻮﻟﯿﺪ ﻣﺜﻠﯽ ﻣﺎﻫﯿﺎن ﺑﺴﯿﺎر ﺣﺎﺋﺰ اﻫﻤﯿﺖ ﻣﯽﺑﺎﺷﺪ. از آنجائیکه ﺧﻮن ﻣﺴﺘﻘﯿﻤﺎً در ﺑﺴﯿﺎري از ﻓﺮآﯾﻨﺪﻫﺎي ﻣﺘﺎﺑﻮﻟﯿﮏ ﻧﻘﺶ داﺷﺘﻪ و ﺗﻐﯿﯿﺮات ﺑﺪن ﺟﺎﻧﻮر را دﻗﯿﻘﺎً ﻣﻨﻌﮑﺲ ﻣﯽکند، ارزﯾﺎبی ﻫﺎي ﺧﻮﻧﯽ و ﻫﻮرﻣﻮﻧﯽ ﻣﯽﺗﻮاﻧﻨﺪ در اﻣﺮ ﺗﺸﺨﯿﺺ وﺿﻌﯿﺖ فیزیولوژیک ماهیان ﻣﻔﯿﺪ واﻗﻊ گردد (ستاری، ۱۳۸۵). در تحقیق حاضر روند تغییرات هورمون های جنسی از دی ماه تا اردیبهشت ماه به طور کلی افزایشی بوده است و بیشترین میزان همه هورمون های جنسی (۱۷بتا استرادیول، تستوسترون و پروژسترون) در اردیبهشت ماه مشاهده گردید که تفاوت معنی داری با سایر ماه ها داشت** (۰۱/۰< P) **(جدول 2). در طول دوره رشد و نمو اووسیت ها، گنادوتروپین ها باعث تحریک تخمدان و سپس تولید هورمون ۱۷ بتا استرادیول می شوند و تستوسترون نیز خود به عنوان پیش ساز استرادیول مطرح می باشد. هورمون 17 ﺑﺘﺎ اﺳﺘﺮادﯾﻮل باعث تحریک سنتز و ترشح ویتلوژنین در کبد و تجمع آن در اووسیت ها می شود بنابراین تغییر در سطوح هورمون 17 بتا استرادیول با رشد اووسیت ها در تخمدان و افزایش شاخص گنادی ارتباط دارد (**Lee and Yang, 2002**)، پروژسترون ﻫﺎ نیز ﻣﺴﺌﻮل ﺑﻠﻮغ ﻧﻬﺎﯾﯽ ﺗﺨﻤﮏ ﻧﺎﺑﺎﻟﻎ در ﺟﻨﺲ ﻣﺎده اﮐﺜﺮ ﻣﺎﻫﯿﺎن ﻫﺴﺘﻨﺪ (عقیلی و همکاران، 1397). در تحقیق حاضر، روند تغییرات این هورمون ها از دی ماه تا اردیبهشت ماه افزایشی بوده است، اما حداکثر میزان هورمون ۱۷ بتا استرادیول برابر با (**ng/ml **13/0 ±63/1) و حداکثر میزان هورمون تستوسترون برابر با (** ng/ml**01/0 ±۸۰/۰) بود که بسیار کمتر از مقادیر گزارش شده در ماهی قزل آلا در مراحل نهایی رسیدگی جنسی است.** Scotte **و همکاران (۱۹۸۰) حداکثر مقدار هورمون ۱۷ بتا استرادیول را در یک سیکل تولید مثلی طبیعی در ماهی قزل آلای رنگین کمان را تقریبا برابر با** ng**/**ml **۵۰ و همچنین** Estay **و همکاران (۲۰۱۲) و نیز** Schulz **(1984) حداکثر مقدار همین هورمون را بیش از** ng**/**ml **۳۰ گزارش نموده اند. مقادیر بسیار پایین تر مشاهده شده در تحقیق حاضر و عدم مشاهده شیب تند افزایشی در مقدار هورمون های جنسی، در بازه زمانی مورد بررسی، امری دور از ذهن نیست؛ چون ماهیان قزل آلای ماده در این تحقیق، تا رسیدن به مرحله رسیدگی کامل فاصله دارند؛ اما آنچه مسلم است، روند تکامل جنسی آغاز گردیده است و افزایش همه هورمون های جنسی، گواهی بر این مدعاست. افزایش میزان هورمون ۱۷ بتا استرادیول، نشان دهنده شروع زرده سازی می باشد.** در واقع این افزایش سبب افزایش ترجمه وتیلوژنین به واسطه ی انواع گیرنده های مربوطه می گردد و بلوغ اووسیت ها را در ماهیان قزل آلا تسریع و تسهیل می نماید (Kong *et al*., 2020).). چنین روندی **در طول مرحله زرده سازی اووسیت ها در بسیاری از گونه های دیگر ماهی همچون ماهی آزاد اماگو(***Oncorhynchus**rhodurus***) (**Kagawa *et al*., 1982**) و ماهی آزاد دریای خزر (**Mehrpoosh *et al*., 2013**) نیز گزا**رش شده است.

هورمون تستوسترون در پلاسمای خون ماهیان ماده وجود **دارد (**Fostier *et al*., 1983**) و به عنوان پیش ساز تولید ۱۷ بتا استرادیول عمل می نماید (**Kagawa *et al.,* 1982**) ؛ این امر توجیحی برای مشاهده روند افزایشی مشابه در میزان هورمون های جنسی ۱۷ بتا استرادیول و تستوسترون در ماهیان قزل آلای رنگین کمان مورد بررسی در تحقیق حاضر است. از طرفی افزایش تدریجی هورمون تستوسترون به دلیل تغییر فعالیت آنزیم های کلیدی در استروئید زایی است به طوری که فولیکول ها آماده سنتز پروژسترون ها می شوند. در واقع در مراحل نهایی رسیدگی اووسیت (که تخمک ها در تحقیق حاضر هنوز به آن مرحله نرسیده اند) غلظت پروژسترون افزایش می یابد و فولیکول ها آماده سنتز پروژسترون ها می شوند (**Mylonas *et al*., 2010**). هرچند روند تغییرات هورمون پروژسترون نیز در محدوده زمانی مورد بررسی در تحقیق حاضر افزایشی بوده است و حداکثر میزان هورمون پروژسترون در اردیبهشت ماه برابر با**  ng**/**ml **03/0 ±۲۸/۰ بود؛ اما توقع می رود با توسعه مراحل تکامل جنسی و با توجه به تغییرات هورمونی که بیان گردید، میزان افزایش بسیار چشمگیری در مقدار این هورمون در مراحل نهایی تکامل تخمک ها، مشاهده گردد. نتیجتا مشاهده روند افزایشی در میزان هر سه هورمون جنسی در ماهیان قزل آلای رنگین کمان ماده طی این تحقیق نشان دهنده آغاز تدریجی فرایند رسیدگی جنسی است و احتمالا در ماه های آتی، تغییرات به طور چشمگیرتری مشخص خواهد شد؛ زیرا توقع می رود مقادیر هورمون های جنسی در زمان اوجشان که همزمان با تکامل کامل تخمک و نزدیک به تخمریزی است به چندین برابر مقادیر بدست آمده در تحقیق حاضر برسند(**Pavlidis *et al*., 1994; Estay *et al*., 2012**) .**

**میزان ویتلوژنین با گذشت زمان به تدریج افزایش یافت بطوریکه بیشترین میزان آن در ماه اردیبهشت مشاهده گردید. ویتلوژنین (**Vtg**)، گلیکوفسفولیپوپروتئینی با وزن مولکولی بالا می باشد که به عنوان پیش ساز زرده شناخته شده و طی زرده سازی توسط کبد در سلول های کبدی و در پاسخ به 17 بتا استرادیول ساخته می شود؛ به خون رها می شود و به تخمدان حمل می گردد (**Verslycke *et al*., 2002**). افزایش مقدار هورمون ۱۷ بتا استرادیول، سبب افزایش تولید ویتلوژنین و پیشرفت فرایند زرده سازی و نتیجتا تجمع پروتئین های زرده در اووسیت ها می گردد (عقیلی و همکاران، 1397)، که این روند در تحقیق** حاضر نیز مشاهده شد. افزایش ویتلوژنین در کنار افزایش شاخص گنادی، بزرگ شدن اووسیت ها و پیشرفت تکامل جنسی در گونه های مختلف ماهی گزارش شده است (آخوندیان و همکاران، 1393؛ Geraudie *et al*., 2010). مشاهده روند افزایشی در میزان ویتلوژنین طی دی ماه تا اردیبهشت ماه در تحقیق حاضر، همسو و مشابه با روند افزایش هورمون های جنسی، افزایش وزن گناد، GSI و افزایش قطر تخمک، بوده است که با توجه به تاثیر زرده سازی در افزایش اندازه ی تخمک و وزن گناد و تاثیر آن از ترشح هورمون 17 بتا استرادیول، امری اجتناب ناپذیر و نشان دهنده طی شدن روند طبیعی رسیدگی جنسی در ماهیان مورد بررسی است؛ زیرا از یک طرف، افزایش مقدار هورمون ۱۷ بتا استرادیول، سبب تحریک ترشح ویتلوژنین و افزایش فرایند زرده سازی و تجمع پروتئین های زرده در اووسیت ها می گردد (عقیلی و همکاران، 1397)، که این روند در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد؛ و از طرف دیگر، از آنجائیکه پروتئین زرده، بیش از 80 الی 90 درصد وزن خشک تخمک را در اکثر ماهیان استخوانی به خود اختصاص می دهد، لذا تولید زرده به عنوان مهمترین عامل رشد تخمک در نظر گرفته می شود. به همین دلیل افزایش قطر تخمک ها در طی مراحل تکامل گنادی می تواند به طور عمده به دلیل جذب زرده ساخته شده توسط سلول های کبدی و ورود انها به داخل تخمک باشد و زرده سازی نیز همسو با افزایش ترشح ویتلوژنین به عنوان پیش ساز زرده، رخ می دهد و در مراحل نهایی رسیدگی جنسی به کامل ترین حد می رسد.

مطالعات بسیاری در خصوص ﺗﻐﯿﯿﺮات ﻣﺮﻓﻮﻟﻮژﯾﮏ گناد ماهیان ﻃﯽ روﻧﺪ ﺗﻮﻟﯿﺪ ﻣﺜـﻞ ﺗﻮﺳـﻂ ﻣﺤﻘﻘﯿﻦ ﻣﺨﺘﻠﻒ اﻧﺠﺎم ﮔﺮﻓﺘﻪ اﺳﺖ ﮐﻪ ﺑﺎ ﺗﻮﺟﻪ ﺑﻪ ﺷﺎﺧﺺﻫﺎي ﺗﺸﺨﯿﺼﯽ، ﻧﻈﯿﺮ رﻧـﮓ، اﻧﺪازه ﮔﻨﺎد، وزن ﮔﻨﺎد، ﻣﯿﺰان اﺷﻐﺎل ﻣﺤﻮﻃﻪ ﺷﮑﻤﯽ و ﺑﺮﺣﺴﺐ ﺗﺸﺎبهات ﺑﯿﻦ ﮔﻮﻧﻪای ﺑـﻪ ﻣﺮاﺣﻞ ﻣﺨﺘﻠﻔﯽ تقسیم بندی گردیده است (Biswas, 1993). در تحقیق حاضر تقسیم بندی 6 مرحله ای (Naca, 1989; McMillan, 2007) برای تکامل گناد در ماهی قزل آلای رنگین کمان در نظر گرفته شد؛ و ماهیان در طول زمان مورد بررسی مراحل ۱ تا 4 رسیدگی جنسی را سپری نمودند. تخمدان طی ماه های دی و بهمن، دارای ساختار تیغه ای (Rigid) بود که مجموعه ای از اووگونی های کوچک و اووسیت های مرحله هستک کروماتینی به صورت خوشه ای در تخمدان قابل مشاهده بودند. اووسیتها در این مرحله نابالغ بوده و در کوچکترین حالت خود قرار داشتند و در لایه های نگهداری تخم به اشکال کروی، بیضوی یا چند ضلعی مشاهده شدند. با پیشرفت مراحل تکامل تخمدان در اسفند ماه، مرحله هستک کناری مشاهده شد که هسته در مرکز و یا اندکی به سمت محیط حرکت کرده بود؛ تعداد زیادی هستک های کوچک (حدود ده هستک) در مجاورت دیواره داخلی غشا هسته بود و سیتوپلاسم دانه دانه بود. در فروردین ماه، وزیکول های سیتوپلاسمی (آلوئل های قشری) مشاهده گردید، این وزیکول ها هنگام رنگ آمیزی، اغلب محتویات خود را از دست داده و به صورت حفره های توخالی قابل مشاهده بودند؛ اووسیت ها تقریبا شکل کروی یا بیضوی داشتند؛ هسته در مرکز اووسیت بود و درصد کمتری از فضای داخل اووسیت را اشغال کرده بود؛ در این مرحله در برخی از اووسیت ها زرده سازی شروع شده بود و اندازه اووسیت به دلیل تجمع زرده و چربی افزایش یافته بود. در اردیبهشت ماه، تخمک ها با چشم غیر مسلح نیز قابل مشاهده بودند؛ در بررسی بافت شناسی مشخص شد که تخمدان بیشتر دارای اووسیت های ویتلوژنیک و در مراحل مختلفی از زرده گیری است، و زرده سازی که به میزان بسیار کم از مرحله قبل شروع شده بود، در این مرحله بیشتر شده بود؛ در برخی اووسیت ها هسته هنوز در مرکز بود و در بعضی هسته به سمت قطب حیوانی حرکت کرده بود؛ به دلیل فشاری که گرانول های زرده به هسته وارد می کرد غشای هسته چین دار شده بود؛ که به تدریج محو شد؛ اما هستک ها همچنان مشاهده می شدند که اغلب آنها به مرکز حرکت کرده بودند؛ گرانول های زرده کوچک در مجاورت زونارادیاتا قابل تشخیص بود. در واقع نتایج مطالعه بافت شناسی گناد ماهی قزل آلای رنگین کمان در تحقیق حاضر نشان داد که مراحل تکامل جنسی در تخمدان و تخمک های موجود در آن رو به پیشرفت است و همسو با سایر تغییرات در حال انجام است و انطباق مشاهده شده در تغییرات بافتی گناد ماهی قزل آلای رنگین کمان ماده همراه با تغییرات هورمونی و شاخص های تولید مثلی در تحقیق حاضر، در مطالعه انجام شده توسط Estay و همکارن (2012) و همچنین فلاحتی و همکاران (۱۳۸۱) در ایران نیز گزارش گردیده است. مشابه با نتایج تحقیق حاضر، در بررسی انجام شده توسط Albrektsen و Torrissen (۱۹۸۸) نیز مشخص شد که آب لب شور محیط مساعدی برای بالغ شدن ماهیان پیش مولد قزل آلای رنگین کمان است. Tofteberg و Hansen (1986) بر اساس تحقیق خود بیان کردند که مولدهای ماده ۲ ساله قزل آلای رنگین کمان تا حدی از مولدهای ۳ ساله در طول اولین تابستان و زمستان در دریا بزرگتر بودند، هرچند میزان رشد ماهیان بالغ (مولدهای ۲ ساله) در طول فصل تخمریزی کاهش یافت، اما به دلیل رشد سریعتر این ماهیان در ابتدای دوره، زودتر بالغ شدند. موضوع ارتباط میان سرعت رشد بالا و سن بلوغ پایین به وسیله محققانی مانند Sylven و Elvingson (1991) در مورد قزل آلای رنگین کمان و در مورد آزاد ماهی اقیانوس اطلس توسط Duncan و همکاران (۲۰۰۲) به اثبات رسیده است.

به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر مشخص شد که ماهی قزل آلای رنگین کمان ماده پرورش یافته در قفس در آب لب شور دریای خزر طی ماه های آذر تا اردیبهشت ماه، نه تنها رشد سوماتیک مطلوبی داشته است بلکه روند تکامل جنسی را نیز به طور مناسبی پیش برده است و از این رو پرورش این گونه در قفس هیچگونه محدودیتی در تکامل سوماتیک و گنادی آن ایجاد نمی نماید و می توان از منبع بیکران دریای خزر به خوبی جهت افزایش تولید ماهی قزل آلای رنگین کمان، بهره برد.

رفرنس ها

آخوندیان، م. 1393. [مطالعه برخی پارامترهای اکوفیزیولوژیک و هیستومورفولوژیک تولیدمثلی ماهی کلمه خزری *Rutilus* *rutilus caspicus* و اثر کنترلی دما و فتوپریود بر آن](https://ganj-old.irandoc.ac.ir/articles/691747). پایان نامه دکترای تخصصی. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر - دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی .

آذری، ع. 1396. ارزیابی اقتصادی و اجتماعی پرورش ماهی در قفس در حوزه جنوبی دریای خزر (فاز مقدماتی). موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. 32 صفحه.

حسین زاده صحافی، ه.، سلطانی،م. و دادور، ف. 1380. زیست شناسی تولید مثل ماهی شوورت *Sillago* *Sihama* در خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران. سال دهم. شماره 1. ص 37- 54.

دهقان زاده، س.، زمینی، ع. و خارا، ح. 1393. تاثیرات اضافه نمودن ویتامین D3 در جیره غذایی بچه ماهیان قزل آلا (*Oncorhynchus* *Mykiss*) با تاکید بر متابولیسم کلسیم. مجله شیلات. دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر. بهار 1393. سال هشتم. شماره اول (پیاپی 29). ص: 87- 92.

ستاری، م. 1385. ماهی شناسی (1) (تشریح و فیزیولوژی). انتشارات حق شناس. 662 صفحه.

عقیلی، ک.، یگانه، س. و امینی، ک. 1397. بررسی تغییرات شاخص های یونی و هورمونی سرم خون مولدین وحشی کپور دریایی *Cyprinus* *carpio* *Linnaeus*, 1758 و مولدین دریایی پرورش یافته. نشریه پژوهش های ماهی شناسی کاربردی. دوره ششم. شماره سوم. 85-98.

فلاحتي مروست، ع.، مجازي اميري، ب.، عليزاده، م. و ابطحي، ب. 1381. مقايسه روند توسعه غدد جنسي قزل آلاي رنگين كمان (*Oncorhynchus* *Mykiss*) در آب لب شور و شيرين. مجله علوم دريائي. شماره 5. دانشگاه تربيت مدرس.

فراهانی، ر.، شیرازی، غ.، خوشخو، ز.، عظیمی اسک شهر، م.، اسدی، ه. و صیدی، د. 1394. راهنمای پرورش قزل آلا. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی. 189 صفحه.

گلشاهی، ک.، سقلی، م. و صالحی، م. 1391. ﺑﺮرﺳﯽ ﭘﺮورش ﻣﺎﻫﯽ ﻗﺰل آﻻي رنگین کمان (*Oncorhynchus* *Mykiss*) با استفاده از آب لب شور درﯾﺎي ﺧﺰر در اﺳﺘﺨﺮﻫﺎي ﺧﺎﮐﯽ ﻣﺮﮐﺰ ﻣﯿﮕﻮي ﮔﻤﯿﺸﺎن اﺳﺘﺎن ﮔﻠﺴﺘﺎن. مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر. سال ششم، شماره چهارم. 15-20.

Albrektsen, S. and Torrissen, O. J. 1988. Pysiological Changes in Blood and Seminal Plasma During the Spawning Period of Maturation Rainbow Trout Hold Under Different Temperature and Salinity Regimes, and The Effect On Survival of the Brood stock and The Eyed Eggs. International Council for the Exploration of the Sea. 1-24.

Biswas, P. 1993. Manual of methods in fish Biology. Asian publishers Pvt Ltd, New Delhi.

Crabtree, R. E., Hood, P. B. and Snodgrass, D. 2001. Age, Growth, And Reproduction of Permit *Trachinotus Falcatus* in Florida Water. Journal of Fish Bulletin.100, 26-34.

Davidson, J. W., Kenney, P. B., Manor, M., Good, C. M. and Weber, G.M. 2014. Aussanasuwannakul, A., Turk, P.J., Welsh, C. and Summerfelt, S.T: Growth Performance, Fillet Quality, and Reproductive Maturity of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Cultured to 5 Kilograms within Freshwater Recirculating Systems. Aquaculture Research & Development. 5 (4), 1-9.

Endal, H. P., Taranger, G. L., Stefansson, S. O. and Hansen, T. 2000. Effects of continuous additional light on growth and sexual maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar*, reared in sea cage. Aquaculture.191, 337–349.

Estay, F., Colihueque, N. and Araneda, C. 2012. Comparison of Oogenesis and Sex Steroid Profiles Between Twice and Once Annually Spawning of Rainbow Trout Females (*Oncorhynchus Mykiss*). The Scientific World Journal.7 Pages.

Fostier, A. and Jalabert, B. 1983. Steroidogenesis in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) at various pre ovulatory stages: Changes in plasma hormone levels and in vivo and in vitro responses of the ovary to salmon gonadotropine. Fish Physiology and Biochemistry. 2, 87-99.

Funamoto, T., Aoki, I. and Wada, Y. 2004. Reproductive Characteristics of Japanese Anchovy, Engraulis Japonicus, In Two Bays of Japan. Journal of Fisheries Research. 70, 71-78.

Geraudie, P., Gerbron, M., Hill, E. and Minier, C. 2010. Roach (*Rutilus rutilus*) reproductive cycle: A study of biochemical and histological parameters in a low contaminated site. Fish physiology and Biochemistry. 36 (3). 767-777.

Good, C. H., Davidson, J., Earley, R., Lee, E. and Summerfelt, S. 2014. The Impact of Water Exchange Rate and Treatment Processes On Waterborn Hormones in Recirculation Aquaculture Systems Containing Sexually Maturing Atlantic Salmon *Salmo Salar*. Journal of Aquaculture Research and Development. 5, 5.

Guner, Y., Ozde, O. and Gullu, K. 2006. Adaptation to Sea water and growth performance of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Biological Sciences. 6(1), 22-27.

Hansen, T., Stefansson, S. O. and Taranger, G. L. 2008. Growth and sexual maturation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L, reared in sea cages at two different light regimes. Aquaculture Research. 23(3), 275 – 280.

Heidari, B., Roozati, S. A. and Yavari, L. 2010. Changes in Plasma Levels of Steroid Hormones During Oocyte Development of Caspian Kutum *Rutilus Frisii Kutum*, Kamensky, 1901. Animal Reproduction. Iran. 7, 373- 381.

Jonsen, R. E., Petrell, R. J. and Pauly, D. 1999. Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. Aquacultural Engineering. 20, 261-276.

Kagawa, H., Young, C., Adachi, S. and Nagahama, Y. 1982. Estradiol-17β production in amago salmon (*Oncorhynchus rhodurus*) ovarian follicles: Role of the thecal layer and granulose cells. General and Comparative Endocrinology. 47, 440448.

Kim, H.S., Ch, K. and Son, K. 2017. Comparison of different ploidy detection methods in *Oncorhynchus mykiss*, the rainbow trout. Fisheries and Aquatic Sciences. 1-7.

King, M. 2007. Fisheries biology, assessment and management. 2ndedition. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 382p.

Kizak, V., Guner, Y., Turel, M. and Kayim, M. 2013. Comparison of Growth Performance, Gonadal Structure and Erythrocyte Size in Triploid and Diploid Brown Trout (*Salmo Trouta Fario* L, 1758). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 13, 571- 580.

Kljajic Z., Gacic, Z., Mickovic, B. and Lazarevic, B. 2014. Growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in floating cage in the Bay of Kotor. Stud. Mar. 27 (1), 97-108.

Kong, L., Bi, B., Su, Y., Rong, H and Hu, Q. 2020. Gonadal Development and Associated Changes in Estradiol, Thyroid Hormones, and Sex-Related Genes During Different Growth Stages in Cultured Female Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) in Yunnan. Research square. 1-21.

Kumar, V. and Karnatak, G. 2014. Engineering Consideration for Cage Aquaculture. Iosr Journal of Engineering (Iosrjen). 4 (6), 11-18.

Lee, W. K. and Yang, S. W. 2002. Relationship Between Ovarian Development and Serum Levels of Gonadal Steroid Hormones, And Induction of Oocyte Maturation and Ovulation in The Cultured Female Korean Spotted Sea Bass *Lateolabrax Maculatus* (Jeom - Nong - Eo). Aquaculture. 207, 169 – 183.

McMillan, D. B. 2007. Fish histology: Female Reproductive Systems. Pp. 68-78. Canada, Springer.

Manor, M. L, Weber, G. M., Salem, M., Yao, J. and Ausanasuwanakul, A. 2012. Effect of Sexual Maturation and Triploidy on Chemical Composition and Fatty Acid Content of Energy Stores in Female Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 364-365, 312-321.

Mehrpoosh, M., Akhoundian M., Khara H., Kabir M. and Hajirezaee, S. 2013. Serum biochemical parameters of endangered Caspian brown trout, *Salmo trutta caspius*, Kessler 1870. Comparative Clinical Pathology. 22, 899-901.

Mylonas, C. C., Fostier A. and Zanuy, S. 2010. Bloodstock management and hormonal manipulations of ﬁsh reproduction. General and Comparative Endocrinology.165, 516-534.

NACA. 1989. Integrated Fish Farming in China. NACA Technical Manual 7. A World Food Day Publication of the Network of Aquaculture Centers in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. 278 pp.

Noda, H., Okamoto, K., Okada, H. and Takagi, T. 2010. Survival, growth, and maturity of the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* reared in deep seawater and surface seawater. Deep Ocean Water research. 11 (1), 1-11.

Pavlidis, M., Dimitriou, D. and Dessypris, A. 1994. Testosterone and 17 β- steradiol plasma fluctuations throughout spawning period in male and female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) kept under several photoperiod regimes. Annales Zoologici Fennici. 31, 319-327.

Randall, C., North, B., Futter, W., Porter, M. and Bromage, N. 2001. Photoperiod effects on reproduction and growth in rainbow trout. Trout News. 32, 12–16.

Rehulka, J. and Adamec, V. 2004. Red Blood Cell Indices for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) Reared in Cage and Raceway Culture. Acta veterinaria brno. 73, 105-114.

Schulz, R. 1984. Serum levels of 11-oxotestosterone in male and17β-estradiol in female rainbow trout (*Salmo gairdneri*) during the ﬁrst reproductive cycle, General and Comparative Endocrinology. 56 (1), 111–120.

Scotte, A. P., Bye, V. J. and Baynes, S. M. 1980. Seasonal variations in sex steroids of female rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Fish Biology. 17 (6), 587-592.

Shirali, S., Erfani majd, N., Mesbah, M. and Seifi, M. R. 2012. Histological Studies of Common Carp Ovarian Development During Breeding Season in Khouzestan Province, Iran. World Journal of Fish and Marine Sciences. 4 (2),159-164.

Sylven, S. and Elvingson, P. 1991. Comparison of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* strain for body weigth, length and age at maturity in different Swedish production systems”; Aquculture. 104, 37-50.

Tempero, G. W., Ling, N., Hicks, B. J. and Osborne, M. 2006. Age composition, growth and reproduction of koi carp (*Cyprinus carpio*) in the lower Waikato region, New Zealand. Journal of Marine and Freshwater Research. 40, 571-583.

Turker, A. and Yildirim, O. 2011. Interrelationship of Photoperiod with Growth Performance and Feeding of Seawater Farmed Rainbow Trout, (*Oncorhynchus mykiss*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 11, 393-397.

Tofteberg, P. and Hansen, T. 1986. Relationship between age at maturity and growth rate in farmed rainbow trout, Salmo gairdneri. EIFAC/Symp. E50. Bordeaux (france). 1-36.

Tyler, C. R., Santos, E. M. and Prat, F. 2000. Unscrambling the egg-cellular, biochemical, molecular and endocrine advances in oogenesis. In Proceedings of the 6th International symposium on the reproductive physiology of fish (eds. B. Norberg, O.S. Kjesbu, G.L. Taranger, E. Andersson and S.O. Stefansson). John Greig A/S. Bergen. 273-280.

Verslycke, T., Vandenbergh, G. F., Versonnen, B., Arijs, K. and Janssen, C. R. 2002. Induction of vitellogenesis in 17 α-ethinylestradiol-exposed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): a method comparison. Comparative Biochemistry and Physiology Part C. 132, 483-492.

Wallace, R. A. and Selman, K. 1985. Major protein changes during vitellogenesis and maturation of Fundulus oocytes. Developmental Biology. 110, 492–498.

Yildiz, M. 2004. The study of fillet quality and the growth performance of rainbow (*Oncorhynchus mykiss*) fed with diets containing different amounts of vitamin E. Turkish Journal of Fishery and Aquatic Sciences. 4: 81- 86.

**Investigation of somatic and gonadal growth of female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in cage in the Caspian Sea**

**Abstract**

The aim of the present study is to investigate the growth performance and sexual maturation process of female rainbow trout reared in a cage in the Caspian Sea (Mazandaran- Nowshahr). Rainbow trout with an average weight of 122± 5 g were stocked into a cage located in Caspian Sea. Fish were fed daily and random sampling was done monthly (January 2015) to May 2016. Weight and length of thirty fish were measured; their gonad and liver were weighted; total length, total weight, liver and gonad weight, condition factor, GSI and HSI and oocyte diameter were calculated; their blood samples were collected and the levels of 17 beta estradiol, testosterone, progesterone and the vitellogenin were measured; also gonad tissue samples were prepared and examined using a light microscope. The results showed optimal somatic and gonadal growth of fish caged in the Caspian Sea. Sex hormones and vitellogenin levels increased significantly (P<0.01) during the study period. The levels of 17 beta estradiol, testosterone and progesterone in January were 0.56± 0.05 ngml-1, 0.50± 0.05 ngml-1and 0.14± 0.01 ngml-1 respectively and reach to 1.63± 0.13 ngml-1, 0.80± 0.01 ngml-1 and 0.28± 0.03 ngml-1 in May, respectively. Vitellogenin levels increased from 382.40± 55.26 ngml-1 in January to 651.40± 86.34 ngml-1 in May. The gonads developed to stage 4 and the oocyte diameter increased significantly (P<0.01) during the study period. The findings of present study show that female rainbow trout are able to have appropriate somatic growth in the brackish water of the Caspian Sea like fresh water, and the natural process of sexual maturation won’t be disturbed.

**Keywords:** Rainbow trout, cage culture, growth performance, sex hormones, histology