"مقاله پژوهشی"

بررسی رشد سوماتیک و گنادیک ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) ماده پرورش‌یافته در قفس در دریای خزر

سمیرا ناصری[1*]، همایون حسین زاده صحافی[2]، حسین عبدالحی[2]، ابولفضل سپهداری[1]، محمد صیاد بورانی[3]

۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، تهران، ایران

۲- سازمان شیلات ایران، تهران، ایران

۳- پژوهشکده آبزی پروری آب‌های داخلی گیلان، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، انزلی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱۲

چکیده

هدف از انجام این تحقیق بررسی عملکرد رشد و روند رسیدگی جنسی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان ماده پرورش یافته در قفس در دریای خزر (مازندران ـ نوشهر) بود. جهت انجام این تحقیق، ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن ۵ ± ۱۲۲ گرم، به قفس‌های واقع در دریای خزر، رهاسازی شدند. غذادهی به ماهیان، به صورت روزانه صورت گرفت و نمونه برداری یک ماه پس از رهاسازی به صورت ماهانه و تصادفی، از دی ماه ۱۳۹۴ تا اردیبهشت ۱۳۹۵ انجام شد. هر ماه ۳۰ 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 هورمون‌های ۱۷ بتا استرادیول، تستوسترون، پروژسترون و ویتلوژنین اندازه گیری شد. همچنین نمونه‌های بافت گناد تهیه و با استفاده از میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرارگرفت. نتایج به‌دست آمده حاکی از رشد مطلوب سوماتیک و گنادیک ماهیان بود. میزان هورمون-های جنسی و ویتلوژنین با گذشت زمان، به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p <$ ۰/۰۱)، بطوریکه مقادیر هورمون‌های ۱۷-بتا استرادیول، تستوسترون و پروژسترون در دی ماه به ترتیب برابر با ۰/۰۵ ± ۰/۵۶ ng/ml، ۰/۰۵ ± ۰/۵۰ ng/ml و ۰/۰۱ ± ۰/۱۴ ng/ml بود و در اردیبهشت ماه به ترتیب به میزان ۰/۱۳ ± ۱/۶۳ ng/ml، ۰/۰۱ ± ۰/۸۰ ng/ml و ۰/۰۳ ± ۰/۲۸ ng/ml رسید. همچنین میزان ویتلوژنین از ۵۵/۲۶ ± ۳۸۲/۴۰ ng/ml در دی ماه به ۸۶/۳۴ ± ۶۵۱/۴۰ ng/ml در اردیبهشت ماه افزایش یافت. گنادها در طول دوره پرورش تا مرحله ۴ پیشرفت نمودند و قطر تخمک نیز افزایش معنی داری یافت ($p <$ ۰/۰۱). یافته‌های این تحقیق نشان داد که ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان 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 نمی‌گردد.

کلمات کلیدی: ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، پرورش در قفس، عملکرد رشد، هورمون‌های جنسی، بافت شناسی.

* عهده‌دار مکاتبات: samiranaseri@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]

[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]

[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، گونه‌ای با ارزش اقتصادی فراوان، متعلق به خانواده آزادماهیان (Salmonidae) است که در سراسر جهان منتشر گردیده‌است (فراهانی و همکاران، ۱۳۹۴؛ غرقی و رضوانی گیل‌کلایی، ۱۳۹۷). پرورش این گونه با سرعت زیادی در نقاط مختلف دنیا رو به گسترش است و عمدتاً در آب‌های شیرین و استخرهای پرورش ماهی انجام می‌پذیرد. با این وجود، سیاست‌های مربوط به افزایش تولید در کنار بهره وری از آب‌های 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 قرارگرفته است. پرورش ماهی در قفس یکی از روش‌های مرسوم دنیا جهت بهره برداری بهینه از منابع آبی برای پرورش ماهی است. منظور از قفس، بخشی از آب دریا، دریاچه، آب پشت سد و یا هر منبع آبی مشابه دیگر است که از اطراف و کف توسط ابزارهای مختلفی مثل توری با چشمه‌های مختلف محصور و در آن محیط محصور، ماهی پرورش داده‌شود (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 ویژه‌ای برخوردار است، از این رو، توسعه آبزی پروری در دریا در ایران، از ضروریات است (آذری، ۱۳۹۶). از آنجایی‌که محیط‌های مختلف پرورشی (شرایط محیط پرورشی) عامل اصلی راندمان تولید ماهی می‌باشد؛ و همواره رشد سوماتیک برای آبزی‌پروران نسبت به رشد گنادیک از ارجحیت بالاتری برخوردار است؛ کسب اطلاع از روند تولید مثل ماهی در محیط پرورش در قفس می‌تواند در سیاستگذاری و برنامه ریزی توسعه و تولید اینگونه ماهیان در قفس‌های دریایی موثرباشد. مطالعاتی در رابطه با تکامل جنسی در گونه‌های مختلف آزاد ماهیان در قفس انجام شده‌است که از آن جمله می‌توان به بررسی انجام شده در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (Noda *et al*., 2010) و ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Hansen et al., 2008; Endal *et al*., 2000) اشاره نمود.

پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس در دریای خزر، دارای جنبه‌های مجهولی در زمینه روند رشد و تکامل جنسی این گونه است. هر چند مطالعات اندکی جهت بررسی روند رسیدگی جنسی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب‌های شور و لب شور در ایران و جهان انجام شده‌است (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 قرارنگرفته است. از این رو در این تحقیق تلاش گردید تا چگونگی عملکرد رشد و روند رسیدگی جنسی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دریای خزر و تغییرات بافتی و خونی متاثر از آن، مورد بررسی قرارگیرد.

مواد و روش‌ها

ماهی‌های ماده با میانگین وزن ۵ ± ۱۲۲ گرم، که به روش اسکواشینگ تعیین جنسیت گردیدند (Kim *et al*., 2017)، از مزرعه ای محلی تهیه و از آذر ماه ۱۳۹۴ در قفس‌هایی به قطر ۲۰ متر و ارتفاع ۱۰ متر که در

عمق ۳۰ متری دریا در آب‌های ساحلی دریای خزر (مازندران ـ نوشهر)، در طول جغرافیایی "۱۱ '۴۶ ۵۱ و عرض جغرافیایی "۹۱ '۶۶ ۳۶، در فاصله ۳/۵ کیلومتری از ساحل دریا قرارداشتند، رهاسازی شدند. تراکم نگهداری ماهیان برابر با ۴۰ کیلوگرم در هر متر مربع بوده‌است که در قفسی به ظرفیت ۲۵ تن(۳۰ هزار عدد ماهی در قفس) نگهداری‌گردیدند. 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 می‌گرفت. میزان غذای روزانه و اندازه آن با توجه به دمای آب، میانگین وزن ماهیان و میزان زی‌توده موجود در قفس تعیین می‌گردید (فلاحتی مرورست و همکاران، ۱۳۸۱). هر ماه ۳۰ عدد ماهی، نمونه‌برداری شدند. برای تسهیل زیست سنجی و خونگیری و همچنین رعایت اخلاق زیستی، نمونه صید شده ابتدا در ظرف حاوی MS ۲۲۲ به میزان ۱ گرم در لیتر قرار داده شد و پس از بیهوشی کامل، زیست سنجی گردیدند (فلاحتی مروست و همکاران ۱۳۸۱). تغییرات وزن و طول کل مورد بررسی قرارگرفت و محاسبه شد. میزان شاخص وضعیت (CF) با استفاده از فرمول ۱۰۰× (۳(طول کل (سانتی متر))/ وزن (گرم)) = CF محاسبه‌گردید (Kizak *et al.*, 2013). پس از کالبد گشایی، کبد و گناد ماهیان جداسازی و با استفاده از ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ گرم، توزین شد. شاخص گنادی از طریق فرمول ۱۰۰× (وزن بدن (گرم)/ وزن گناد (گرم)) = GSI (Crabtree *et al.*, 2001; Funamoto *et al.*, 2004) و شاخص کبدی از طریق فرمول ۱۰۰× (وزن بدن (گرم)/ وزن کبد (گرم) = HSI (Yildiz, 2004) محاسبه‌گردید.

خونگیری از طریق قطع ساقه دمی و پس از بیهوش نمودن ماهیان انجام شد. پلاسمای خون با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه جداسازی شد و تا انجام آنالیزهای بیوشیمیایی، در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده‌شد (Heidari *et al.*, 2010). در آزمایشگاه تخصصی دامپزشکی ـ ویرومد گیلان فاکتورهای تستوسترون، پروژسترون، ۱۷ بتا استرادیول و ویتلوژنین اندازه گیری شد. مقادیر هورمون‌های جنسی با استفاده از کیتهای 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 اندازه‌گیری شد (دهقان زاده و همکاران، ۱۳۹۲). برای آماده سازی نمونه‌ها جهت بافت شناسی، گناد پس از کالبد گشایی، جداسازی شد و قطعات برش داده شده از گناد در محلول بوئن فیکس گردید. نمونه‌های فیکس شده بعد از آبگیری و شفاف سازی با درجات مختلف الکل و پارافینه کردن، قالب گیری شدند. به منظور تهیه بلوک بافتی نمونه پارافینه‌شده با استفاده از پارافین ذوب شده روی تکه چوب چسبانده شد. در نهایت برش‌های بافتی با استفاده از دستگاه میکروتوم تهیه شد. نمونه‌های تهیه شده روی لام چسبانده شد و با روش هماتو کسیلین ـ ائوزین، رنگ آمیزی‌گردید. در نهایت جهت تجزیه و تحلیل بافت شناسی از میکروسکوپ نوری و عدسی‌های ۴x، ۱۰x و ۴۰ x 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، لام‌ها و عکس‌های تهیه شده از آنها با استفاده از

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

روش تقسیم‌بندی ۶ مرحله ای (Naca, 1989; McMillan, 2007) مورد بررسی قرارگرفتند. پارامترهای کیفی 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 گیری و کنترل گردیدند (جدول ۲). برای تجزیه وتحلیل کلیه داده‌ها، از نرم افزار SPSS 19 استفاده گردید. داده‌ها ابتدا جهت اطمینان از نرمال بودن با آزمون Kolmogorov-Smirnov بررسی شدند. سپس در صورت نرمال بودن توزیع داده‌های مورد بررسی، با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه (Oneway ANOVA) در سطح اطمینان ۹۹٪، ابتدا اختلاف کلی بین میانگین‌ها مشخص و سپس با آزمون توکی (Tukey)، گروه‌ها از یکدیگر تفکیک گردیدند.

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 ($p <$ ۰/۰۱)؛ اما تغییرات میانگین شاخص وضعیت روند مشخصی نداشت بطوریکه بیشترین مقدار در بهمن و کمترین آن در اردیبهشت مشاهده شد ($p <$ ۰/۰۱).

جدول ۱: 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 برداری / شاخص	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
وزن کل (گرم)	۱۹۱ ± ۴ ^{a}	۲۷۷ ± ۶^{a}	۳۷۶ ± ۱۰^{b}	۵۵۷ ± ۸^{c}	۷۲۸ ± ۰/۱۰^{b}
طول کل (سانتی متر)	۲۵/۴۲ ± ۱/۲۹^{a}	۲۷/۵۲ ± ۱/۶۲^{b}	۳۱/۳۰ ± ۱/۶۴^{c}	۳۵/۰۸ ± ۱/۸۱ ^{d}	۴۰/۸۵ ± ۲/۱۰^{e}
شاخص وضعیت (٪)	۱/۱۱ ± ۰/۰۵^{b}	۱/۳۴ ± ۰/۰۵^{e}	۱/۱۸ ± ۰/۰۴ ^{b}	۱/۲۴ ± ۰/۰۳^{d}	۱/۰۶ ± ۰/۰۷^{a}

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

مقادیر شاخص‌های گنادی و کبدی، تغییرات هورمون‌ها و قطر تخمک در جدول ۲ ذکر شده است. روند تغییرات شاخص گنادی، هورمون‌های جنسی (۱۷ بتا استرادیول، استروژن، تستوسترون)، ویتلوژنین و قطر تخمک از دی ماه تا اردیبهشت ماه، افزایشی بوده است ($p <$ ۰/۰۱). میزان شاخص کبدی نیز از اسفند ماه به بعد، روندی افزایشی را نشان داد.

نتایج بررسی‌های بافت شناسی و تغییرات مشاده شده در گناد در شکل۱ نشان داده شده است. با گذشت زمان تکامل گنادی پیشرفت نمود؛ بطوریکه از دی ماه تا اردیبهشت ماه، گنادها تا مرحله ۴ رسیدگی جنسی (از کلید ۶ مرحله ای رسیدگی جنسی 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 (آلوئل‌های قشری) و در اردیبهشت ماه مرحله ۴ (گرانول‌های زرده) را نشان دادند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

جدول ۲: مقادیر شاخص گنادی، شاخص کبدی، قطر تخمک، ۱۷ـبتا 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 (٪)	^{a} ۰/۹۸ ۰±/۰۳	^{b} ۱/۱۱ ۰±/۰۴	^{c} ۱/۵۶ ۰±/۰۳	^{d} ۲/۲۰ ۰±/۰۴	^{e} ۲/۷۳ ۰±/۰۳
HSI (٪)	^{c} ۱/۰±۷۹/۰۲	^{c} ۱/۰±۸۰/۰۳	^{a} ۱/۶۴ ۰±/۰۳	^{ab} ۱/۶۸ ۰±/۰۲	^{b} ۱/۰±۶۹/۰۲
قطر تخمک (µm)	^{a} ۱۵۸/۸۱ ± ۵۰/۰۹	^{b} ۳۲۷/۷۴ ± ۳۳/۶۱	^{bc} ۳۵۴/۲۵ ± ۳۲/۶۹	^{bc} ۴۰۵/۹۴ ± ۲۱/۵۶	^{c} ۴۲۰/۱۱ ± ۲۴/۲۲
۱۷ – بتا استرادیول (ng/ml)	^{a} ۰/۵۶ ± ۰/۰۵	^{ab} ۰/۷۲ ± ۰/۰۵	^{b} ۰/۸۴ ± ۰/۰۹	^{c} ۱/۴۵ ۰±/۱۵	^{d} ۱/۶۳ ± ۰/۱۳
تستوسترون (ng/ml)	^{a} ۰/۵۰ ± ۰/۰۶	^{b} ۰/۵۸ ± ۰/۰۳	^{b} ۰/۶۱ ± ۰/۰۳	^{c} ۰/۷۲ ± ۰/۰۱	^{d} ۰/۸۰ ± ۰/۰۱
پروژسترون	^{a} ۰/۱۴ ± ۰/۰۱	^{a} ۰/۱۶ ± ۰/۰۲	^{ab} ۰/۱۸ ± ۰/۰۳	^{b} ۰/۲۲ ± ۰/۰۲	^{c} ۰/۲۷ ± ۰/۰۳
ویتلوژنین (ng/ml)	^{b} ۳۸۲/۴۰ ± ۵۵/۲۶	^{a} ۳۳۸/۴۰ ± ۷۳/۵۳	^{b} ۴۷۳/۶۰ ± ۶۹/۲۵	^{b} ۴۶۶/۶۰ ± ۱۰/۲۶	^{c} ۶۵۱/۴۰ ± ۸۶/۳۴

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

جدول ۲: مقادیر فاکتوهای فیزیکی شیمیایی آب طی ماه‌های نمونه برداری

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

بحث

ماهیان مورد بررسی طی این تحقیق، بچه ماهیانی ۱۰ ماهه با میانگین وزن اولیه ۵ ±۱۲۲ بودند که طی ۶ ماه از سال (از آذر ماه تا اردیبهشت ماه) در قفس‌های موجود در آب دریای خزر (دمای بین ۱۰ـ ۱۳ درجه سانتی گراد، pH بین ۶/۵ـ ۷/۸، میزان اکسیژن محلول ۱۲/۲ـ ۱۳/۳ میلی‌گرم در لیتر و میزان شوری ۱۱/۵ـ ۱۳ قسمت در هزار) پرورش داده شدند؛ و نمونه برداری از آنها طی ماه‌های دی تا اردیبهشت انجام شد. روند تغییرات وزن کل و طول کل ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان طی ماه‌های نمونه‌برداری، افزایشی بود. افزایش وزن و طول کل ماهیان با گذشت زمان، نشان دهنده مناسب بودن شرایط محیطی و تغذیه ای جهت رشد ماهی‌های مورد بررسی می‌باشد. 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 معنی‌دار شدن روند افزایش وزن بی تاثیر نبوده است؛ چرا که در مطالعات بسیاری ثابت شده است که قرارگرفتن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و گونه‌های 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 قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس در آب‌های لب شور و شور وجود

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

دارد (Kljajic *et al*., 2014 ; Guner *et al*., 2006). در ایران نیز فلاحتی مروست و همکاران (۱۳۸۱) ماهی قزل-آلای رنگین‌کمان 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 قزل‌آلای رنگین‌کمان در ماه‌های 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 کاربرددارد (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 می‌تواند 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 ماه‌های 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 می‌تواند 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 گامت‌ها می‌گردد (Davidson *et al*., 2014; Manor *et al*., 2012).

تولید مثل مکانیسمی کلیدی برای بقای‌گونه‌هاست. تعیین وضعیت تولید مثلی و زمان تخمریزی در ماهی‌ها با استفاده از شاخص‌های 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 تخمک‌ها در حال افزایش می‌باشد و در زمان تخمریزی و تخلیه تخمک ها کاهش چشمگیری می‌یابد (آخوندیان، ۱۳۹۳؛ چرخاب و همکاران، ۱۳۹۷)؛ در واقع طی رسیدگی جنسی ماهیان، با افزایش وزن تخمک‌ها در مراحل زرده سازی اولیه و ثانویه و بلوغ، شاخص گنادی نیز افزایش می‌یابد (Shirali *et al*., 2012; Tempero *et al*., 2006)؛ از این رو مشاهده میزان شاخص گنادی حدودا بین ۰/۱ تا ۳ 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 ماه‌های اول بیشتر از سایر ماه‌ها بود، اما وزن کبد در این دو ماه کمتر از سایر ماه‌ها 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 زرده‌سازی است تا به رشد تخمک‌ها و انباشت زرده در تخمک‌ها کمک نماید؛ از این رو، وزن کبد در این زمان، به دلیل سنتز ویتلوژنین که پیش ماده مورد نیاز در فرایند زرده‌سازی است، افزایش می‌یابد و با افزایش میزان ویتلوژنین و پیشرفت زرده سازی، افزایش وزن کبد نیز مشاهده می‌گردد. 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

طی تکامل (زرده‌سازی) و بطور همزمان وزن کل ماهی است، تغییراتی را طی مراحل رسیدگی جنسی نشان می‌دهد اما افزایش شاخص کبدی در کنار شاخص گنادی در جنس ماده بسیاری از گونه‌های ماهی گزارش شده است (حسین زاده صحافی و همکاران، ۱۳۸۰ ;Yildiz, 2004).

در تحقیق حاضر، قطر تخمک‌ها 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 سلول‌های کبدی و ورود آن‌ها به داخل تخمک می‌باشد (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 مقایسه‌ای انجام شده توسط فلاحتی مروست و همکاران (۱۳۸۱) مشخص شد که در صورت نگهداری ماهیان ماده (از وزن ۲۰۰ گرم) در آب لب شور تا رسیدگی نهایی، قطر تخمک‌ها با قطر تخمک‌های ماهیان ماده قزل آلای پرورش یافته در آب شیرین، تفاوتی نخواهد داشت. در بررسی انجام شده توسط Kong و همکاران (۲۰۲۰) که روند رشد سوماتیک و گنادیک را در کنار تغییرات هورمون‌های جنسی و ژن‌های دخیل در زرده‌سازی در ماهیان قزل الای رنگین کمان ۸۰ گرم تا ۱۲۰۰ گرم بررسی نمودند نیز مشخص شد که در محدوده وزنی ۸۰ تا ۱۸۰ گرم، اووسیت‌هایی که در مراحل اولیه زرده سازی هستند، میزانشان بیشتر از سایر گروه‌های اووسیتی است و زمانی‌که وزن افزایش می‌یابد و به محدوده بالای ۷۰۰ گرم تا ۱۲۰۰ گرم، می‌رسد، اووسیت‌های بالغ در کل تخمدان پر می‌شوند تا ماهی برای تخمریزی آماده گردد (مرحله‌ای 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 نمی‌توان فقط با استناد به یافته‌های 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 می‌توان 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 شاخص‌های 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 می‌رود که شیب نوسانات شاخص‌های تولید مثلی در ماه‌های آتی، تندتر و مشخص‌تر باشد اما تا همین زمان نیز، روند تغییرات شاخص‌های مختلف آغاز شده و خود را به نمایش گذاشته است.

سنجش هورمون‌ها و بررسی‌های فیزیولوژیک سرم خون در کنار عوامل محیطی در بررسی چرخه تولید مثلی ماهیان بسیار حائز اهمیت می‌باشد. از آنجائیکه خون مستقیماً در بسیاری از فرآیندهای متابولیک نقش داشته و تغییرات بدن جانور را دقیقاً منعکس می‌کند، ارزیابی های خونی و هورمونی می‌توانند در امر تشخیص وضعیت فیزیولوژیک ماهیان مفید واقع گردد (ستاری، ۱۳۸۵). در تحقیق حاضر روند تغییرات هورمون‌های جنسی از دی ماه تا اردیبهشت ماه به طورکلی افزایشی بوده است و بیشترین میزان همه هورمون‌های جنسی (۱۷بتا استرادیول، تستوسترون و پروژسترون) در اردیبهشت ماه مشاهده گردید که تفاوت معنی داری با سایر ماه‌ها داشت (جدول ۲). در طول دوره رشد و نمو اووسیت‌ها، گنادوتروپین‌ها باعث تحریک تخمدان و سپس تولید هورمون ۱۷ بتا استرادیول می‌شوند و تستوسترون نیز خود به عنوان پیش‌ساز استرادیول مطرح می‌باشد. هورمون ۱۷ بتا استرادیول باعث

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

تحریک سنتز و ترشح ویتلوژنین درکبد و تجمع آن در اووسیت‌ها می‌شود بنابراین تغییر درسطوح هورمون ۱۷ بتا استرادیول با رشد اووسیت‌ها در تخمدان و افزایش شاخص‌گنادی ارتباط دارد (Lee and Yang, 2002)، پروژسترون ها نیز مسئول بلوغ نهایی تخمک نابالغ در جنس ماده اکثر ماهیان هستند (عقیلی و همکاران، ۱۳۹۷). در تحقیق حاضر، روند تغییرات این هورمون‌ها از دی‌ماه تا اردیبهشت ماه افزایشی بوده است، اما حداکثر میزان هورمون ۱۷ بتا استرادیول برابر با (۰/۱۳ ng/ml ± ۱/۶۳) و حداکثر میزان هورمون تستوسترون برابر با (۰/۰۱ ng/ml ± ۰/۸۰) 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 ۵۰ ng/ml و همچنین Estay و همکاران (۲۰۱۲) و نیز Schulz (۱۹۸۴) حداکثر مقدار همین هورمون را بیش از ۳۰ ng/ml گزارش نموده‌اند. مقادیر بسیار پایین تر مشاهده شده در تحقیق حاضر و عدم مشاهده شیب تند افزایشی در مقدار هورمون‌های 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 هورمون‌های جنسی، گواهی بر این مدعاست. افزایش میزان هورمون ۱۷ بتا استرادیول، نشان دهنده شروع زرده سازی می‌باشد. در واقع این افزایش سبب افزایش ترجمه وتیلوژنین به واسطه‌ی انواع گیرنده‌های مربوطه می‌گردد و بلوغ اووسیت‌ها را در ماهیان قزل آلا تسریع و تسهیل می‌نماید (Kong *et al*., 2020). چنین روندی در طول مرحله زرده سازی اووسیت‌ها در بسیاری از گونه‌های دیگر ماهی‌همچون ماهی‌آزاد اماگو (*Oncorhynchus rhodurus*) (Kagawa *et al*., 1982) و ماهی‌آزاددریای‌خزر (Mehrpoosh *et al*., 2013) نیز گزارش شده است.

هورمون تستوسترون در پلاسمای خون ماهیان ماده وجود دارد (Fostier *et al*., 1983) و به عنوان پیش‌ساز تولید ۱۷ بتا استرادیول عمل می‌نماید (Kagawa *et al*., 1982)؛ این امر توجیحی برای مشاهده روند افزایشی مشابه در میزان هورمون‌های 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 آنزیم‌های کلیدی در استروئید زایی است به طوری که فولیکول‌ها آماده سنتز پروژسترون‌ها می‌شوند. در واقع در مراحل نهایی رسیدگی اووسیت (که تخمک‌ها در تحقیق حاضر هنوز به آن مرحله نرسیده اند) غلظت پروژسترون افزایش می‌یابد و فولیکول‌ها آماده سنتز پروژسترون‌ها می‌شوند (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 ۰/۰۳ ng/ml ± ۰/۲۷ بود؛ اما توقع می‌رود 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 تخمک‌ها، 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 ماه‌های آتی، تغییرات به طور چشمگیرتری مشخص خواهد شد؛ زیرا توقع می‌رود مقادیر هورمون‌های جنسی در زمان اوجشان که هم‌زمان با تکامل کامل تخمک و نزدیک به تخمریزی است به چندین برابر

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

مقادیر به‌دست 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 می‌باشد که به عنوان پیش‌ساز زرده شناخته شده و طی زرده سازی توسط کبد در سلول‌های کبدی و در پاسخ به ۱۷ بتا استرادیول ساخته می شود؛ به خون رها می‌شود و به تخمدان حمل می‌گردد (Verslycke *et al*., 2002). افزایش مقدار هورمون ۱۷ بتا استرادیول، سبب افزایش تولید ویتلوژنین و پیشرفت فرایند زرده سازی و نتیجتا تجمع پروتئین‌های زرده در اووسیت‌ها می گردد (عقیلی و همکاران، ۱۳۹۷)، که این روند در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد. افزایش ویتلوژنین در کنار افزایش شاخص گنادی، بزرگ شدن اووسیت‌ها و پیشرفت تکامل جنسی در گونه‌های مختلف ماهی گزارش شده است (آخوندیان و همکاران، ۱۳۹۳؛ 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 هورمون‌های 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 ۱۷ 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 پروتئین‌های زرده در اووسیت‌ها می‌گردد (عقیلی و همکاران، ۱۳۹۷)، که این روند در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد؛ و از طرف دیگر، از آنجائیکه پروتئین زرده، بیش از ۸۰ الی ۹۰ درصد وزن خشک تخمک را در اکثر ماهیان استخوانی به خود اختصاص می‌دهد، لذا تولید زرده به عنوان مهمترین عامل رشد تخمک در نظر گرفته می‌شود. به همین دلیل افزایش قطر تخمک‌ها در طی مراحل تکامل گنادی می تواند به طور عمده به دلیل جذب زرده ساخته شده توسط سلول‌های کبدی و ورود آنها به داخل تخمک باشد و زرده سازی نیز همسو با افزایش ترشح ویتلوژنین به عنوان پیش ساز زرده، رخ می‌دهد و در مراحل نهایی رسیدگی جنسی به کامل ترین حد می‌رسد.

مطالعات بسیاری در خصوص تغییرات مرفولوژیک گناد ماهیان طی روند تولید مثل توسط محققین مختلف انجام گرفته است که با توجه به شاخص‌های تشخیصی، نظیر رنگ، اندازه گناد، وزن گناد، میزان اشغال محوطه شکمی و برحسب تشابهات بین گونه‌ای به مراحل مختلفی تقسیم بندی گردیده است (Biswas, 1993). در تحقیق حاضر تقسیم بندی ۶ مرحله‌ای (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 ۴ رسیدگی جنسی را سپری نمودند. تخمدان طی ماه‌های دی و بهمن، دارای ساختار تیغه‌ای (Rigid) بود که مجموعه‌ای از اووگونی‌های کوچک و اووسیت‌های مرحله هستک کروماتینی به صورت خوشه‌ای در تخمدان قابل مشاهده بودند. اووسیت ها در این مرحله نابالغ بوده و درکوچکترین حالت خود قرار داشتند و در لایه‌های نگهداری تخم به اشکال کروی، بیضوی یا چند ضلعی مشاهده شدند. با پیشرفت مراحل تکامل تخمدان در اسفندماه، مرحله هستک کناری مشاهده شد که هسته در مرکز و یا اندکی به سمت محیط حرکت کرده بود؛ تعداد زیادی هستک‌های کوچک (حدود ده هستک) در مجاورت دیواره داخلی غشا هسته بود و

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

سیتوپلاسم دانه دانه بود. در فروردین ماه، وزیکول‌های سیتوپلاسمی (آلوئل‌های قشری) مشاهده گردید، این وزیکول‌ها هنگام رنگ آمیزی، اغلب محتویات خود را از دست داده و به صورت حفره‌های توخالی قابل مشاهده بودند؛ اووسیت‌ها 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 اووسیت‌ها زرده‌سازی شروع شده بود و اندازه اووسیت به دلیل تجمع زرده و چربی افزایش یافته بود. در اردیبهشت ماه، تخمک‌ها با چشم غیر مسلح نیز قابل مشاهده بودند؛ در بررسی بافت شناسی مشخص شد که تخمدان بیشتر دارای اووسیت‌های 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 اووسیت‌ها هسته هنوز در مرکز بود و در بعضی هسته به سمت قطب حیوانی حرکت کرده بود؛ به دلیل فشاری که گرانول‌های زرده به هسته وارد می‌کرد غشای هسته چین دار شده بود؛ که به تدریج محو شد؛ اما هستک‌ها همچنان مشاهده می‌شدند که اغلب آنها به مرکز حرکت کرده بودند؛ گرانول‌های 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 تخمک‌های 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 شاخص‌های تولید مثلی در تحقیق حاضر، در مطالعه انجام شده توسط Estay و همکارن (۲۰۱۲) و همچنین فلاحتی مروست و همکاران (۱۳۸۱) در ایران نیز گزارش گردیده است. مشابه با نتایج تحقیق حاضر، در بررسی انجام شده توسط Albrektsen و Torrissen در سال ۱۹۸۸ نیز مشخص شد که آب لب شور محیط مساعدی برای بالغ شدن ماهیان پیش مولد قزل‌آلای رنگین کمان است. Tofteberg و Hansen (۱۹۸۶) بر اساس تحقیق خود بیان کردندکه 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 (۱۹۹۱) 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 به‌دست آمده در تحقیق حاضر مشخص شد که ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ماده پرورش‌یافته در قفس در آب لب شور دریای خزر طی ماه‌های 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 نمی‌نماید و می‌توان از منبع بیکران دریای خزر به خوبی جهت افزایش تولید ماهی قزل آلای رنگین کمان، بهره برد.

سپاسگزاری

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

منابع

۱. آخوندیان، م.، ۱۳۹۳. مطالعه برخی پارامترهای اکوفیزیولوژیک و هیستومورفولوژیک تولیدمثلی ماهی کلمه خزری *Rutilus rutilus caspicus* و اثر کنترلی دما و فتوپریود بر آن. پایان نامه دکترای تخصصی شیلات. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر - دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳۲ صفحه.

۲. آذری، ع.، ۱۳۹۶. ارزیابی اقتصادی و اجتماعی پرورش ماهی در قفس در حوزه جنوبی دریای خزر (فاز مقدماتی). موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۳۲ صفحه.

۳. چرخاب، س.، محمدی ،غ.، خدادادی، م.، چله مال دزفول نژاد، م.، ۱۳۹۷. تشخیص تمایز و مراحل جنسی گناد در ماهی شیربت (*Barbus grypu*) از طریق بافت‌شناسی. نشریه توسعه آبزی پروری، ۱۲(۳)۳، ۶۱-۵۳.

۴. حسین زاده صحافی، ه.، سلطانی،م. و دادور، ف.، ۱۳۸۰. زیست شناسی تولید مثل ماهی شوورت *Sillago sihama* در خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، ۱۰(۱)، ۳۷- ۵۴.

۵. دهقان زاده، س.، زمینی، ع. و خارا، ح.، ۱۳۹۳. تاثیرات اضافه نمودن ویتامین D3 در جیره غذایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با تاکید بر متابولیسم کلسیم. مجله شیلات، ۸(۱) ۸۷- ۹۲.

۶. ستاری، م.، ۱۳۸۵. ماهی شناسی (۱) (تشریح و فیزیولوژی). انتشارات حق شناس. ۶۶۲ صفحه.

۷. عقیلی، ک.، یگانه، س. و امینی، ک.، ۱۳۹۷. بررسی تغییرات شاخص‌های یونی و هورمونی سرم خون مولدین وحشی کپور دریایی *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 و مولدین دریایی پرورش یافته. ماهی شناسی کاربردی، ۸(۳)، ۸۵- ۹۸.

۸. غرقی، ا. و رضوانی گیل کلایی، ع.، ۱۳۹۷. معرفی پروتئین‌های سرم خون، خالص‌سازی و تعیین وزن مولکولی ایمونوگلوبولین(IgM) ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان و آمور. توسعه آبزی پروری، ۱۲(۳)۳، ۹۱-۱۰۳.

۹. فلاحتی مروست، ع.، مجازی امیری، ب.، علیزاده، م. و ابطحی، ب.، ۱۳۸۱. مقایسه روند توسعه غدد جنسی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در آب لب شور و شیرین. مجله علوم دریائی. شماره ۵. دانشگاه تربیت مدرس.

۱۰. فراهانی، ر.، شیرازی، غ.، خوشخو، ز.، عظیمی اسک شهر، م.، اسدی، ه. و صیدی، د.، ۱۳۹۴. راهنمای پرورش قزل آلا. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی. ۱۸۹ صفحه.

۱۱. گلشاهی، ک.، سقلی، م. و صالحی، م.، ۱۳۹۱. بررسی پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با استفاده از آب لب شور دریای خزر در استخرهای خاکی مرکز میگوی گمیشان استان گلستان. مجله شیلات، ۶(۴). ۲۰-۱۵.

12. 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

13. Biswas, P., 1993. Manual of methods in fish Biology. Asian publishers Pvt Ltd, New Delhi.
14. 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.
15. 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.
16. 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 a sea cage. Aquaculture,191, 337–349.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Guner, Y., Ozde, O. and Gullu, K., 2006. Adaptation to Seawater and growth performance of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Biological Sciences, 6(1), 22-27.
23. 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.
24. 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, 7, 373- 381.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. King, M., 2007. Fisheries biology, assessment and management. 2ndedition. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 382p.
29. 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.
30. Kljajic Z., Gacic, Z., Mickovic, B. and Lazarevic, B., 2014. Growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

floating cage in the Bay of Kotor. Stud. Mar. 27 (1), 97-108.
31. 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.
32. Kumar, V. and Karnatak, G., 2014. Engineering Consideration for Cage Aquaculture. Iosr Journal of Engineering (Iosrjen). 4 (6), 11-18.
33. 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.
34. McMillan, D. B., 2007. Fish histology: Female Reproductive Systems. Pp. 68-78. Canada, Springer.
35. 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.
36. 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.
37. Mylonas, C. C., Fostier A. and Zanuy, S., 2010. Bloodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. General and Comparative Endocrinology, 165, 516-534.
38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. 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.
42. Rehulka, J. and Adamec, V., 2004. Red Blood Cell Indices for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) Reared in Cage and Raceway Culture. Acta Veterinaria Brunensis, 73, 105-114.
43. 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.
44. 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.
45. 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.
46. 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.
47. 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.
48. Turker, A. and Yildirim, O., 2011. Interrelationship of Photoperiod with Growth Performance and Feeding of Seawater Farmed Rainbow Trout, (*Oncorhynchus mykiss*). Turkish Journal of

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]

Fisheries and Aquatic Sciences, 11, 393-397.

49. 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.
50. 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.
51. 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.
52. Wallace, R. A. and Selman, K., 1985. Major protein changes during vitellogenesis and maturation of Fundulus oocytes. Developmental Biology, 110, 492–498.
53. 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-15]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.10.6]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.103]