شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲
صفحات ۳۴۰-۳۲۹

تأثیر تغییرات دمای آب بر تکامل جنینی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و بررسی میزان تفریخ، بقای لارو و شاخص‌های رشد بچه‌ماهی

غلامرضا رفیعی[1*]، ملیکا میرزایی نشترودی، پوریا غلام‌زاده[3]

۱. استاد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳. دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۳۱

چکیده

دما نقش مهمی را در انجام فرآیندهای فیزیولوژیک جانداران دارد. در آبزیان، نقش دما در فرآیند تکامل جنینی اثبات شده است و بررسی و شناخت این تغییرات در تولید لارو و بچه ماهی با کیفیت دارای اهمیت زیادی از بعد تولید اقتصـــاد ی دارد. در این پژوهش اثر تغییرات دمای آب بر میزان تخم‌گشایی و بقای لاروهای قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل تیمارهای دمایی ۱۰ (تیمار شاهد)، ۱۲ (تیمار ۱) و ۱۴ (تیمار ۲) درجه سـانتی‌گراد با سـه تکرار بودند. میانگین درصـد تفریخ در تیمارهای ۱ (۸۵/۰۴±۰/۷۸) و تیمار ۲ (۸۴/۷۱±۱/۰۷) به‌طور معنی‌داری بیشـتر از تیمار شـاهد (۸۲/۹۰±۰/۹۷) بود ($P<۰/۰۵$). در صـورتی که تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۱ و ۲ مشـاهده نشـد ($P>۰/۰۵$). میانگین درصـد بقای لارو در تیمارهای آزمایش، افزایش معنی‌داری را در تیمار ۱ (۸۸/۲۴±۰/۷۸) و ۲ (۹۱/۱۰±۱/۵۷) در مقایسـه با تیمار شـاهد (۸۰/۳۰±۱/۰۹) نشـان داد. همچنین در تیمار ۲ این میزان به‌صـورت معنی‌داری بیشـتر از تیمار ۱ بود ($P<۰/۰۵$). در مراحل بعدی رشـد، در این آزمایش مشخص شد که میزان بقای بچه ماهیان قزل‌آلا با افزایش دما در مقایسه با شاهد کاهش می‌یابد، به‌طوری که کمترین میزان بقا در تیمار ۱۴ درجهٔ سانتی‌گراد مشاهده شد، بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با افزایش دما میزان سوخت و ساز ماهیان افزایش می‌یابد و در دمای ۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد شرایط ماندگاری بچه ماهیان بهتر است.

واژگان کلیدی: دما، تکامل جنینی، شاخص‌های رشد، قزل‌آلای رنگین‌کمان

* نویسنده مسئول: غلامرضا رفیعی
Email: ghrafiee@ut.ac.ir

Journal of Fisheries
Vol. 76, No. 2, Summer 2023
pp. 329-340

Role of temperature changes in embryo development of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), and larvae and fingerlings growth indices

Gholamreza Rafiee[1*], Melika Mirzaei Nashtroudy[2], Pourya Gholamzadeh[3]

1. Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2. M.Sc. Student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3. Ph.D. Student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 3-Feb-2022 Accepted: 22-Agu-2022

Abstract

Temperature plays an important role in physiological processes in animals. In aquatic animals, the role of temperature in embryonic development has been proved and investigation and recognition of these changes in the production of larvae and quality of fish is of great importance in the economic production dimension. In this study, the effect of water temperature changes on hatching rate and survival of rainbow trout embryo, larvae and fingerlings were investigated. The experimental treatments included of waterborne temperature 10 (control treatment), 12 (treatment 1) and 14 (treatment 2) °C in three replicates. The mean percentage of hatching in treatments 1 (85.04±0.78) and treatment 2 (84.71±1.07) were significantly higher than control treatment. (82.90±0.97) (P<0.05). The mean percentage of larvae survival in experimental treatments showed a significant increase in treatments 1 (88.24±0.78) and 2 (91.10±1.57) compared to control (80.30±1.09) (P<0.05). Also, the lowest survival rate was observed in 14°C treatment, so it can be concluded that with increasing temperature, fish metabolic rate increases and at 12°C, the survival conditions of larva and fingerlings are better, in treatment 2, this rate was significantly higher than treatment 1 (P<0.05). In the later stages of growth, it was found that the survival rate of salmon fish decreased with increasing temperature compared to the control, so that the lowest survival rate was observed in 14 °C treatment.

Keywords: Temperature, Growth indices, Embryo development, Rainbow trout

∗ Corresponding author: Gholamreza Rafiee Email: ghrafiee@ut.ac.ir

۱. مقدمه

عوامل غیر زنده (فیزیکی و شیمیایی) محیطی تأثیر به‌سزایی در مراحل مختلف تکامل و رشد موجودات را دارند (Myers, 1998) و دما یکی از مهمترین آن‌ها است (Shepherd *et al.*, 1984). به‌دلیل اینکه ماهیان جزء موجودات خونسرد طبقه‌بندی می شوند، دمای بدن آن‌ها از دمای محیط آبی اطراف تبعیت می‌کند. بنابراین، تغییرات در دمای محیط زیست آن‌ها اثرات مستقیم و یا غیر مستقیم بر فیزیولوژی و رفتار آن ها دارد. فرآیند سازگاری موجودات خونسرد با دمای محیط زیستشان به‌طور مستقیم در شاخص‌های رشد این موجودات چه در مراحل جنینی و چه در مراحل دیگر رشد تأثیرگذار است (Coutant, 1987). گونه‌های مختلف ماهیان دارای نیازهای مختلف دمایی‌اند و هر گونه در دامنهٔ تغییرات دمایی مورد نیاز خود، دارای بهترین میزان تغذیه و رشد است و افزایش و یا کاهش دما غیر از دامنهٔ مطلوب، باعث کاهش مصرف غذا و یا حتی قطع تغذیه، کاهش رشد، افزایش احتمال بروز بیماری و حتی مرگ و میر خواهد شد که این امر منجر به افزایش ریسک تولید آبزیان در مراکز تکثیر و پرورش ماهیان خواهد شد. بنابراین، تعیین دمای مطلوب تکثیر و پرورش انواع ماهیان برای افزایش بهره‌وری در صنعت آبزی‌پروری یک امر ضروری است، زیرا بر عوامل درونی کنترل‌کنندهٔ رشد تأثیر گذاشته و اثرات فیزیولوژیک مختلفی بر آبزیان دارد (Quigley and Hinch, 2006)، و بیشترین نرخ ساخت پروتئین در دمای بهینه را نیز سبب می‌شود (McCarthy, 1996). دمای بهینه برای رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بین ۷ تا ۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد تعیین شده است، با افزایش دما بالاتر از ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد و کاهش دما نزدیک به ۲ درجهٔ سانتی‌گراد درصد تلفات در مراحل مختلف رشد افزایش می یابد (Kwain, 1975; Raleigh *et al.*, 1984; Velsen, 1987; Myrick and Cech, 2001; Carter, 2005). در بین شاخص‌های محیطی دما مهمترین فاکتور اکولوژیک تأثیرگذار بر رشد و پراکنش قزل‌آلای رنگین‌کمان است (Wehrly *et al.*, 2007). از سوی دیگر، ماهیان همواره در معرض استرس‌های مختلف محیطی قرار دارند. در سیستم‌های پرورشی با تراکم بالا، تراکم به‌دلیل تغییر شدیدتر در شرایط کیفی فیزیکی و شیمیایی آب می‌تواند به‌عنوان اولین عامل ایجاد تنش در ماهیان تلقی شود (Koeypudsa and Jongjareanjai, 2011).

رشد ماهی از جنبه‌های مهم زیستی به‌شمار می‌آید (Abbasi *et al.*, 2021)، که برا ساس تغییر در اندازهٔ بدن از نظر طول و وزن ماهی برر سی می شود، بر این ا ساس، اندازه‌گیری طول و وزن ماهیان، شاخص مناسبی برای برآورد رشد ماهی به‌حساب می‌آید (Downing and Litvak, 2002).

پارامتر های رابطهٔ طول و وزن می‌تواند تحت تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیست‌محیطی از قبیل فصل، جنسیت، سن بلوغ، تغذیه و سلامتی قرار گیرد (Dadfar *et al.*, 2016; Mouludi-Saleh *et al.*, 2020). در عین حال، دما در تمامی مراحل زندگی ماهیان یک عامل تأثیرگذار است، به‌طوری که تحقیقات پیشین به اثبات رساندند که دمای محیط تفریخ و یا دمای محیط پرورش لارو می‌تواند رشد و تکامل ماهیان را در مراحل بعدی زندگی نیز تحت تأثیر قرار دهد. نشان داده شده است که تفریخ تخم‌ها در دمای بالاتر موجب کاهش زمان تخم گشایی می‌شود (Calvo and Johnston, 1992; Vieira and Johnston, 1996). پس تغیرات دمایی می‌تواند اثرات زیادی روی میزان بقا در تخم‌ها در دورهٔ تکامل جنینی داشته باشد (Laurel and Bradbury, 2006)، همچنین با توجه به گونهٔ ماهی، پس از تخم‌گشایی افزایش دما باعث کاهش زمان جذب کیسهٔ زرده و انتقال به مرحلهٔ شنای فعال و تغذیهٔ خارجی در ماهیان نیز خواهد شد، در این شرایط انرژی مصرفی افزایش یافته، و باعث مصرف سریع‌تر اندوختهٔ غذایی در دورهٔ لاروی می‌شود و در صورتی که این نوسانات دمایی در خارج از محدودهٔ قابل تحمل ماهی باشد به افزایش تلفات و مرگ و میر دستهٔ جمعی منجر می‌شود، اما در صورت مناسب و ثابت بودن دمای آب رشد

و تکامل لارو با سرعت بیشتری انجام خواهد شد (Gisbert *et al*., 2004; Melendez and Mueller, 2021).

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss* بومی حوضهٔ آبریز بخش شرقی اقیانوس آرام از آلاسکا تا مکزیک است. با این حال، به‌دلیل قابلیت سازگاری و مقاومت بالای این ماهی در برابر تغییرات محیطی برای اهداف تکثیر و پرورش در صنعت آبزی‌پروری، به سایر نقاط دنیا منتقل شده است (Danger and Hawryshym, 2001; Blaxter, 1968)، نشان داده شده است که افزایش دما در هنگام تکامل جنینی از ۱۰ درجه به ۱۷/۵ درجهٔ سانتی‌گراد در زمان اندام زایی میزان بقای جنین را در مقایسه با دمای ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش می‌دهد و افزایش دما طول دورهٔ تکامل جنینی را کاهش می‌دهد (Melendez and Mueller, 2021). با توجه به این داده‌ها نیاز به بررسی دقیق‌تری در این ارتباط وجود دارد. بنابراین، با توجه به ارزش اقتصادی این گونه، اثرات تغییرات دمایی آب در طول دورهٔ انکوباسیون تخم و تکامل جنینی، تفریخ، رشد لارو و بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. تهیهٔ تخم ماهی

به‌منظور انجام این آزمایش حدود ۲۵۰۰ تخم لقاح یافته ماهی قزل‌آلای نژاد ایرانی حاصل از دو مولد ماده و سه مولد نر، از مرکز تکثیر و پرورش قزل‌آلا واقع در استان البرز و بخش برغان، خریداری و به آزمایشگاه کنترل کیفیت آب گروه شیلات دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل گردید.

۲.۲. تیمارها و شرح آزمایش

تخم‌های لقاح یافته برای تفریخ در انکوباتور عمودی مداربسته با حجم ۱۰۰ لیتر با میزان تعویض ۱۰ درصد روزانه آب قرار داده شدند (دست‌ساز) و دما تا زمان رسیدن تخم‌ها به مرحلهٔ چشم‌زدگی، در دمای ۱۰±۰/۵ درجهٔ سانتی‌گراد نگه داشته شد (Melendez and Mueller, 2021). دما روزانه به‌وسیلهٔ دماسنج جیوه‌ای بررسی و ثبت و همچنین تخم‌های مرده به‌وسیلهٔ پیپت از انکوباتور حذف شدند، همچنین در طول این دوره انکوباتور به‌وسیلهٔ یونولیت به‌منظور جلوگیری از تابش نور پوشانده شد. پس از رسیدن تخم‌ها به مرحلهٔ چشم‌زدگی، تعداد ۷۵۰ تخم چشم زدهٔ قزل‌آلای رنگین‌کمان به واحدهای آزمایش که یک سیستم مدار بسته تفریخ تخم بود، انتقال داده شدند. تیمارهای آزمایش شامل تیمارهای دمایی ۱۰ (تیمار شاهد)، ۱۲ (تیمار ۱) و ۱۴ (تیمار ۲) درجهٔ سانتی‌گراد با سه تکرار بودند. برای افزایش دما در تیمارهای ۱ و ۲ به‌ترتیب از گرم‌کن‌های برقی دارای ترموستات به‌ترتیب (۲۵ و۵۰) وات استفاده شد. در انتهای این مرحله، درصد میزان تفریخ تخم‌ها با استفاده از رابطهٔ زیر برای هر یک از تیمارها و تکرارها محاسبه شد:

$$\text{درصد تفریخ} = \frac{\text{تعداد تخم های تفریخ شده}}{\text{تعداد کل تخم ها}} \times 100$$

همچنین به‌منظور آزمایش تأثیر افزایش دما بر لارو ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مرحلهٔ بعدی، لاروهای تازه تفریخ شده، به مخازن مستطیلی شکل ۴۰۰ لیتری دارای ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر آب منتقل شدند و به‌وسیله یک سنگ هوا منفصل به هواده مرکزی هوادهی شدند. دمای آب بین تیمارها در این مرحله از آزمایش (۱۰، ۱۴ و ۱۶) درجهٔ سانتی‌گراد به‌ترتیب برای تیمار شاهد، تیمار ۱ و تیمار ۲ روزانه تنظیم شد. برای جلوگیری از ایجاد آلودگی‌های میکروبی و قارچی تلفات به‌صورت روزانه بررسی و از تیمارهای آزمایشی جداسازی شد. پس از جذب حدود $\frac{2}{3}$ کیسهٔ زرده در لاروها، غذادهی دستی (شرکت۲۱ بیضاء آغازین سه صفر) در حد سیری در ۵ وعده غذایی انجام پذیرفت. غذای مصرفی غذای آغازین بود که دارای ۴۵ درصد پروتیین بود. در این مرحله از آزمایش نیز درصد بقای لاروها برای هر یک از تیمارهای دمایی آزمایش از طریق رابطهٔ زیر محاسبه شد:

درصد بقا=$\frac{\text{تعداد لارو های زنده}}{\text{تعداد کل لارو ها}} \times 100$

به‌منظور بررسی تأثیر افزایش دمای آب و تعیین آستانهٔ تحمل دمایی بر لارو و بچه ماهی قزل‌آلا و تعیین شاخص‌های رشد آن‌ها، در ابتدای این مرحله از آزمایش، میانگین طول و وزن بچه ماهیان با بررسی زیست‌سنجی و توسط کولیس و ترازوی دیجیتال انجام و جهت اطمینان از خالی شدن دستگاه گوارش از غذا، ۱۲ ساعت قبل از زیست‌سنجی غذادهی قطع و بیهوشی با پودر گل میخک با دوز ppm ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر انجام شد (Mohammadi *et al*., 2002) و پس از آن تعداد ۱۰۰ قطعه بچه ماهی در مرحلهٔ بعد در تیمارهای دمایی با دمای ابتدایی (۱۲/۳، ۱۴ و ۱۶) درجهٔ سانتی‌گراد به‌ترتیب برای تیمارهای شاهد، تیمار ۱ و تیمار ۲ در سه تکرار در مخازن مدار بسته ۷۰ لیتری با میزان ۳۰ درصد تعویض آب روزانه قرار داده شدند. برای افزایش دمای تیمارهای آزمایش از گرمکن‌های برقی (۲۰۰-۱۵۰) وات به‌ترتیب در تیمارهای ۱ و ۲ استفاده شد. روند افزایش دما برای هر یک از تیمارهای دمایی ۱ درجهٔ سانتی‌گراد در هر ۵ روز آزمایشی تا شروع تلفات بچه ماهیان بود. در این دوره غذادهی بچه‌ماهیان به در حد سیری به‌صورت روزانه در ۳ وعدهٔ غذایی، به‌وسیله غذای آغازین یک صفر و آغازین یک شرکت ۲۱ بیضا انجام پذیرفت. در این بخش از آزمایش نیز شاخص‌های افزایش وزن (g)، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، ضریب چاقی و بقا برای هریک از تیمارها و تکرارهای آزمایش با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شد (Taylor *et al*., 2006; Felix and Sudharsan, 2004).

میزان افزایش وزن (g)= میزان وزن ثانویه- میزان وزن اولیه

ضریب تبدیل غذایی= $\frac{\text{میزان غذای مصرفی}}{\text{میزان افزایش وزن}}$

ضریب چاقی= $\frac{\text{وزن}\times 100}{\text{طول}^3}$

ضریب رشد ویژه= $\frac{\text{لگاریتم طبیعی وزن نهایی}-\text{لگاریتم طبیعی وزن اولیه}}{\text{طول دوره پرورش}} \times 100$

درصد بقا=$\frac{\text{تعداد بچه ماهی های زنده}}{\text{تعداد کل بچه ماهی ها}} \times 100$

همچنین طی دورهٔ آزمایش فاکتورهای pH، EC، TDS و اکسیژن محلول به‌صورت هفتگی اندازه‌گیری و ثبت شدند. اختلاف معنی‌داری میان این عامل‌ها در دماهای مختلف مشاهده نشد. میانگین شاخص‌های ثبت شده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- میانگین (میانگین+انحراف معیار) تغییرات برخی از شاخص‌های کیفی آب در طول دورهٔ آزمایش

شاخص‌های کیفی آب	تیمارهای آزمایشی		
	تیمار شاهد	تیمار۱	تیمار۲
اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)	۸/۷۳ ± ۰/۴	۸/۶۸ ± ۰/۵	۸/۶۶ ± ۰/۸
pH	۷/۰۵ ± ۰/۲	۷/۲ ± ۰/۵	۷/۱۵ ± ۰/۳
EC (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	۷۰۰ ± ۰/۳	۶۹۰ ± ۰/۶	۶۸۰ ± ۰/۲
TDS (میلی‌گرم در لیتر)	۳۵۰ ± ۰/۴	۳۴۵ ± ۰/۷	۳۴۰ ± ۰/۴

۳.۲. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخهٔ ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One way- ANOVA) و با استفاده از آزمون دانکن جهت مقایسهٔ میانگین‌ها و بررسی وجود و عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد استفاده گردید. رسم

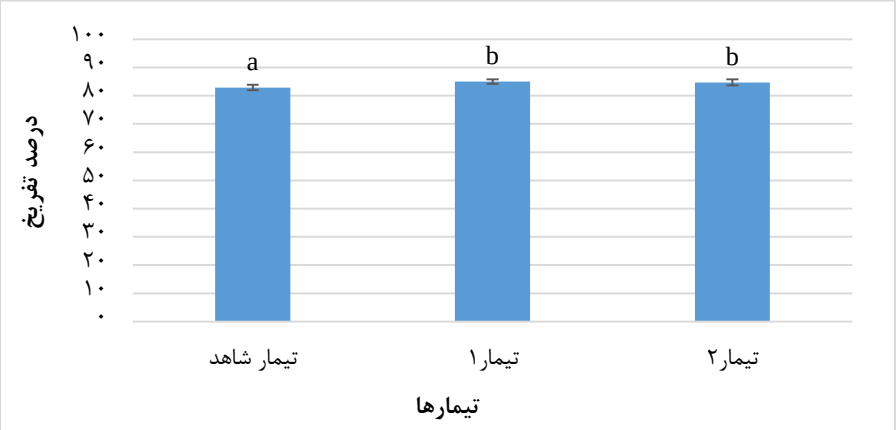
نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار اکسل نسخهٔ ۲۰۱۰ صورت گرفت.

۳. نتایج

میانگین درصد تفریخ در تیمارهای ۱ (۸۵/۰۴±۰/۷۸) و تیمار ۲ (۸۴/۷۱±۱/۰۷) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد (۸۲/۹۰±۰/۹۷) بود ($P<0/05$)، در صورتی که تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۱ و ۲ مشاهده نشد ($P>0/05$)، (شکل ۱). جدول ۲ طول دورهٔ چشم‌زدگی، طول دورهٔ تفریخ، طول دورهٔ تفریخ تا شروع تغذیهٔ ترکیبی و طول دورهٔ شروع تغذیهٔ ترکیبی تا شروع تغذیهٔ خارجی را نشان می‌دهد.

جدول ۲-طول دورهٔ چشم‌زدن، تفریخ، تغذیهٔ ترکیبی و تغذیهٔ خارجی در جنین و لارو ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان پرورش یافته در تیمارهای دمایی متفاوت.

شاخص	تیمارهای آزمایشی		
	تیمار شاهد	تیمار۱	تیمار۲
طول دوره چشم‌زدگی (درجه روز)	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰
طول دوره تفریخ (درجه روز)	۳۷۰	۳۲۴	۳۰۶
طول دوره تفریخ تا شروع تغذیه ترکیبی (روز)	۲۳	۱۳	۹
طول دوره شروع تغذیه ترکیبی تا شروع تغذیه خارجی (روز)	۱۴	۱۰	۸



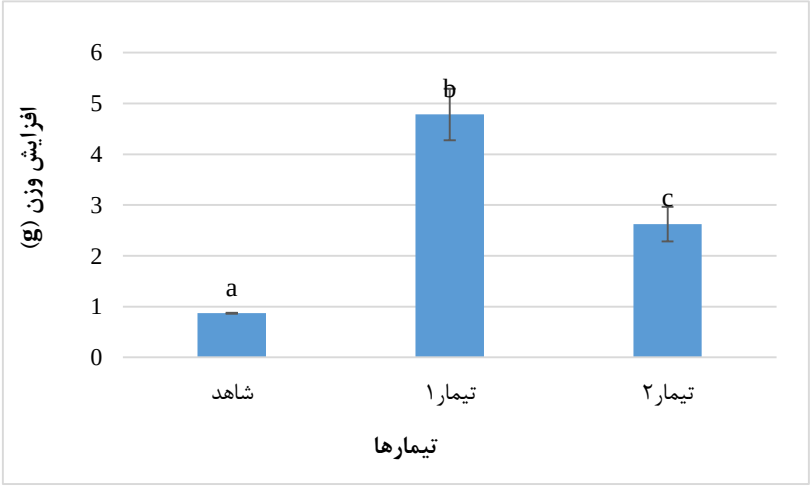
شکل ۱- نمودار میانگین (میانگین+انحراف معیار) درصد تفریخ تخم در تیمارهای دمایی متفاوت.

میانگین درصد بقای لارو در تیمارهای آزمایش، افزایش معنی‌داری را در تیمار ۱ (۸۸/۲۴±۰/۷۸) و ۲ (۹۱/۱۰±۱/۵۷) در مقایسه با تیمار شاهد (۸۰/۳۰±۱/۰۹) نشان داد. همچنین در تیمار ۲ این میزان به‌صورت معنی‌داری بیشتر از تیمار ۱ بود ($P<0/05$) (شکل ۲).

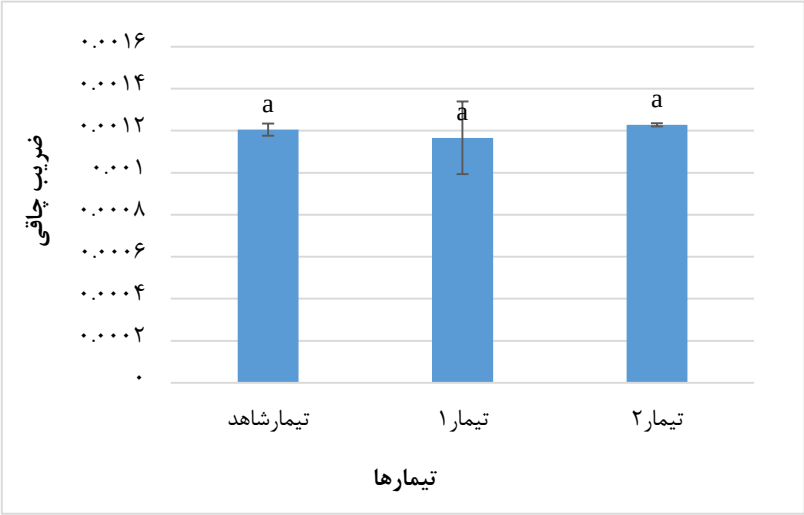
بررسی داده‌های اندازه‌گیری شده از افزایش وزن (g) بچه ماهیان ماهیان تحت آزمایش نشان داد میانگین وزن بچه ماهیان تیمار ۱ (۴/۷۸±۰/۵۰)، به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد (۰/۸۷±۰/۰۱) و همچنین تیمار ۲ (۲/۶۲±۰/۳۴) بود ($P<0/05$)، از طرفی، تیمار ۲ نیز به‌صورت معنی‌داری از تیمار شاهد بیشتر بود ($P<0/05$)، (شکل ۳).

میانگین ضریب چاقی در تیمارهای آزمایشی بچه‌ماهیان تفاوت معنی‌داری را در بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد ($P>0/05$)، (شکل ۴).

شکل ۲- نمودار میانگین (میانگین+انحراف معیار) درصد بقای لارو در تیمارهای دمایی مختلف.

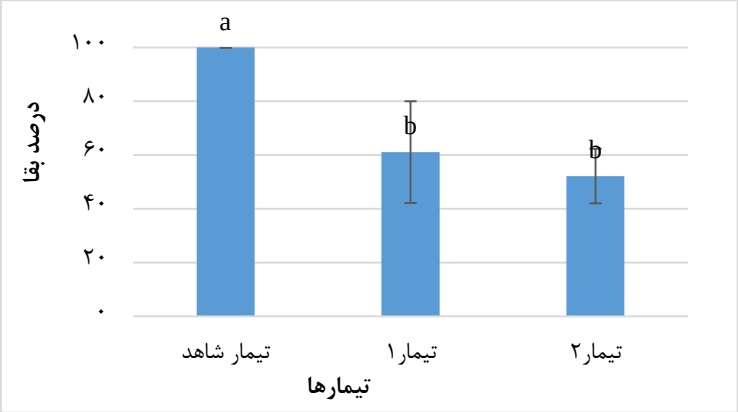


شکل ۳- نمودار میانگین (میانگین+انحراف معیار) افزایش وزن بچه ماهیان در تیمارهای دمایی مختلف



شکل ۴- نمودار میانگین (میانگین+انحراف معیار) ضریب چاقی بچه ماهیان در تیمارهای دمایی مختلف

داده‌های حاصل از بررسی میانگین درصد بقا بچه ماهیان نشان داد افزایش دما باعث کاهش معنی‌دار سطح بقا در بچه ماهیان در تیمارهای ۱ (۱۸/۹۵±۶۱/۱۱) و۲ (۱۰/۱۸±۵۲/۲۲) آزمایش نسبت به تیمار شاهد (۰±۱۰۰) خواهد شد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ۱ و ۲ آزمایشی مشاهده نشد ($P>0/05$) (شکل ۵).



شکل۵- نمودار میانگین (میانگین+انحراف معیار) درصد بقای بچه ماهی در تیمارهای دمایی مختلف

۴. بحث و نتیجه‌گیری نهایی

تغییر دما در زمان انکوباسیون تخم آزاد ماهیان یکی از روش‌های متداول در دستکاری و تغییر در روند تفریخ تخم آنهاست (Weber *et al.*, 2016). دمای مناسب برای تفریخ تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بین ۷ تا ۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد تعیین شده است که افزایش دما و عبور آن از ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد و کاهش آن تا ۲ درجهٔ سانتی‌گراد باعث افزایش میزان مرگ و میر در این ماهیان می‌شود (Carter, 2005). در میان آزاد ماهیان تفاوت در نیاز دمایی بهینه در جنس‌های مختلف دیده می‌شود. یکی از مهمترین دوره‌های زمانی به‌منظور تنظیم و تعدیل دمایی در طول دورهٔ حیات آزاد ماهیان، گذراندن دورهٔ جنینی یا انکوباسیون تخم است. به‌همین منظورکارگاه‌های تکثیر آزاد ماهیان بسته به میزان توانایی در مدیریت و امکانات در دسترس و بروز تغییر در دمای بهینهٔ مورد نیاز انکوباسیون تخم‌ها امکان کوتاه‌تر و یا طولانی‌تر کردن مدت زمان تفریخ تخم و دستیابی به بچه ماهیان مورد نظر را در تمامی طول سال دارند. در بسیاری از پژوهش‌ها مدت زمان تفریخ تخم ماهی قزل‌آلا ۲۵۰ روز-درجه گزارش شده است (Ballard, 1973). در مطالعهٔ حاضر درصد بقای تخم‌های چشم‌زدهٔ ماهی قزل‌آلا تا زمان تفریخ در دماهای آزمایشی ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد (شاهد)، ۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد و ۱۴ درجهٔ سانتی‌گراد مورد ارزیابی قرار گرفت و میزان بقای تخم در تیمار ۱۲ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد به صورت معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد با دمای ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد بود، درصورتی که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی ۱۲ و ۱۴ در جهٔ سانتی‌گراد مشاهده نشد. باید توجه داشت که به‌جز دما سایر عوامل فیزیکی و شیمیای آب نیز بر سپری شدن دوران جنینی در ماهیان نقش دارند. غلظت اکسیژن آب یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار محسوب می شودکه بر اساس قانون انحلال گازها در مایع با افزایش دما حد اشباعیت و غلظت آن در آب کاهش می‌یابد. بر این اساس مرز فیزیولوژیک و فیزیکی در ارتباط با فرآیندهای فیزیولوژیک با توجه به دمای محیط و غلظت اکسیژن شکل می‌گیرد. در دمای‌های پایین فرآیندهای فیزیولوژیک آهسته‌تر رخ می‌دهد و با کاهش زیاد دما گاهی متوقف می‌شود که این خود یکی از عوامل مرگ و میر می‌تواند باشد. از طرف دیگر افزایش دمای آب باکاهش حلالیت اکسیژن همراه است. بنابراین نقطه یا دامنه‌ای بهینه را می‌توان بر این اساس برای گذراندن دوران جنینی آبزیان

و تفریخ تخم تعریف کرد. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش و عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بقای تخم‌ها در طول دوره انکوباسیون بین تیمارهای ۱۲ و ۱۴ درجهٔ سانتی‌گراد می‌توان نتیجه‌گیری نمود که غلظت اکسیژن در محیط پرورش منطبق با نیازهای تخم‌ها بوده است و هوادهی آب در محیط تفریخ توانسته غلظت اکسیژن را در حد مطلوب نگه دارد. نشان داده شده است که با کاهش اکسیژن میزان ترشح آنزیم کوریوناز نیز افزایش می‌یابد (Rothbard, 1981). نقش مهم این آنزیم در روند تخم‌گشایی تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و تسریع در زمان تفریخ تخم‌ها به‌خوبی در تیمارهای دمایی بالاتر از تیمار شاهد نشان داده شد و تفریخ زودتر در مقایسه با تیمار شاهد به ثبت رسیده است. میزان تلفات در این تیمارها نیز کمتر از تخم‌های تیمار شاهد بود، ولی در تیمار شاهد طول دوره انکوباسیون طولانی‌تر بود. در برخی از پژوهش‌ها ثابت شده که افزایش زمان-درجه به بیش از ۱۰۰ روز-درجه تأثیر مخرب بیشتری را بر روند تکامل جنینی و تفریخ تخم آزاد ماهیان می‌گذارد (Jensen, 2003).

بهینه‌سازی شرایط پرورش ماهی قزل‌آلا و سایر ماهیان پرورشی با اثری که در افزایش رشد ماهی و کاهش هزینه‌های تولید دارد لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد (Munro and Waddell, 1987). افزایش دما در محدودهٔ بهینه رشد ماهی قزل‌آلا کاهش ضریب تبدیل غذایی و افزایش بهره‌وری استفاده از مواد غذایی را در این گونه به‌همراه دارد و به موجب آن افزایش رشد در ماهی طی دوره پرورش مشاهده می‌گردد. از طرفی افزایش دمای آب باعث افزایش نرخ متابولیسم ماهی می شود. بنابراین نیاز اکسیژنی ماهی افزایش می‌یابد در صورتی‌که ظرفیت نگهداری اکسیژن آب کاهش یافته و باعث کاهش در میزان غذاگیری و رشد ماهی و در نهایت مرگ لاروها خواهد شد (Foss *et al.*, 2003). بهترین دما برای پرورش بچه‌ماهیان قزل‌آلا ۱۵-۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد اعلام شده است (Dou *et al.*, 2005). نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که میزان رشد در بچه ماهیان تولیدی از تیمار ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد (شاهد) کمتر از تیمار دمایی ۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد است. در ادامه رشد بچه ماهیان در تیمار دمایی ۱۴ درجهٔ سانتی‌گراد نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد. اگرچه میزان رشد در بچه ماهیان تیمار ۱ نیز نسبت به بچه ماهیان تیمار ۲ دارای افزایش معنی‌دار بود. می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری نمود که با افزایش دمای آب میزان سوخت و ساز در بچه ماهیان افزایش، و با توجه به غذادهی بچه ماهیان در حد سیری، میزان تغذیه از مواد مغذی نیز افزایش و در نتیجه رشد بیشتر نیز حاصل خواهد شد. از طرفی وجود تفاوت معنی‌دار بین دو تیمار ۱۲ و ۱۴ درجهٔ سانتی‌گراد با توجه به هوادهی یکسان در دو تیمار آزمایشی را می‌توان به غلظت اکیسژن بیشتر در تیمار ۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد نسبت داد، زیرا این تیمار دارای قابلیت نگهداری اکسیژن بیشتری نسبت به تیمار ۱۴ درجهٔ سانتی‌گراد است و به‌همین دلیل شرایط برای رشد بیشتر و بهتر بچه ماهیان بهتر فراهم بوده است.

میزان رشد ماهیان در فصول مختلف متفاوت است و ماهیان معمولاً نمی‌توانند نسبت وزن به طول بدن خود را طی دوران مختلف زندگی ثابت نگه دارند که به‌همین دلیل شاخص وضعیت را در زمان‌های مختلف زندگی آبزی محاسبه می‌کنند (Pauly *et al.*, 1992). شاخص وضعیت یا ضریب چاقی برای مقایسهٔ کیفیت ماهی از نظر وضعیت چاقی یا تناسب ماهی کاربرد دارد و در کل تعیین‌کننده وضعیت سلامت جمعیت است. ماهیانی که شاخص وضعیت یا ضریب چاقی در آن‌ها بالاست نسبت به طولشان ماهیان سنگینی هستند و بالعکس ماهیانی که شاخص وضعیت یا ضریب چاقی در آنها پایین است،نسبت به طولشان ماهیان سبکی هستند (Wootton, 2003; Jones *et al.*, 1999). نتایج شاخص وضعیت یا ضریب چاقی در این مطالعه در بین تیمارهای مختلف دمایی تفاوت معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد و یکدیگر نشان ندادند و می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که با توجه به ثابت بودن شرایط پرورش در دورهٔ رشد بچه ماهیان در بازهٔ زمانی انجام این آزمایش به‌جز عامل دما، سایر عوامل دخالتی در ضریب چاقی نداشتند و ماهیان در این شرایط از یک رشد آلومتریک مثبت برخوردار بوده‌اند.

عامل دمای آب در پرورش بچه‌ماهیان قزل‌آلا یک فاکتور حیاتی محسوب می‌شود، اگرچه در مطالعات پیشین دامنهٔ رشد مناسب برای ماهی قزل‌آلا را بین ۲۰-۸ درجهٔ سانتی‌گراد بیان کرده‌اند. ولی دمای بهینهٔ رشد برای ماهی قزل‌آلا ۱۵-۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد است که در این بازه بیشترین میزان رشد، ضریب تبدیل غذایی و به تبع آن بهترین بازده اقتصادی تولید حاصل خواهد شد (Bear *et al*., 2007).

۵. نتیجه‌گیری نهایی

در این آزمایش مشخص شد میزان بقا بچه ماهیان قزل‌آلا با افزایش دما در مقایسه با شاهد کاهش می‌یابد، به‌طوری که کمترین میزان بقا در تیمار ۱۴ درجهٔ سانتی‌گراد مشاهده شد، بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با افزایش دما میزان سوخت و ساز ماهیان افزایش می یابد و شرایط زیستی برای بچه ماهیان در دمای کمتر بهتر است. زیرا در دمای ۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد شرایط ماندگاری بهتر بود. به‌نظر می‌رسد رشد این ماهی در دماهای مختلف می‌تواند متفاوت باشد. با توجه به اینکه در پژوهش های گذشته بهترین شرایط دمایی برای پروراربندی این ماهی ۱۶-۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد تعیین شده است. نیاز است پژوهش‌های دقیق‌تری در این زمینه در مراحل مختلف رشد صورت پذیرد.

۶. منابع

References

Abbasi, K., Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Nikmehr, N., 2021. Morphological variations, length-weight relationship parameters and condition factor of autumn and spring populations of *Alburnus chalcoides* (Gueldenstaedt, 1772) from Sefid and Siahdarvishan rivers in the southern Caspian Sea basin. *Journal of Fisheries* 74(1), 73-83. (In Persian)

Ballard, W.W., 1973. Normal embryonic stages for salmonid fishes, based on *Salmo gairdneri* Richardson and Salvelinus fontinalis (Mitchill). *Journal of Experimental Zoology* 184(1), 7-25.

Bear, E.A., McMahon, T.E., Zale, A.V., 2007. Comparative thermal requirements of wests lope cutthroat trout and rainbow trout: implications for species interactions and development of thermal protection standards. *Transactions of the American Fisheries Society* 136(4), 1113-1121.

Blaxter, J.H.S., 1968. Visual thresholds and spectral sensitivity of herring larvae. *Journal of Experimental Biology* 48(1), 39-53.

Calvo, J., Johnston, I.A., 1992. Influence of rearing temperature on the distribution of muscle fiber types in the turbot *Scophthalmus maximus* at metamorphosis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 161*(1), 45-55.

Carter, K., 2005. The effects of temperature on steelhead trout, coho salmon, and Chinook salmon biology and function by life stage. *California regional water quality control board*, pp: 1-26. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.433.8836&rep=rep1&type=pdf.

Coutant, C.C., 1987. Thermal preference: when does an asset become a liability?. *Environmental Biology of Fishes* 18(3), 161-172.

Dadfar, F., Bahedini, A., Esmaeili, H.R., 2016. The effects of color lights on condition factor and weight-length relationships on Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Experimental Animal Biology* 4(3), 31-39. (In Persian)

Degner, S.L., Hawryshyn, C.W., 2001. Orientation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to multiple patches of linearly polarized light. *Canadian Journal of Zoology 79*(3), 407-415.

Dou, S.Z., Masuda, R., Tanaka, M.,Tsukamoto, K., 2005. Effects of temperature and delayed initial feeding on the survival and growth of Japanese flounder larvae. *Journal of Fish Biology* 66(2), 362-377.

Downing, G., Litvak, M.K., 2002. Effects of light intensity, spectral composition and photoperiod on development and hatching of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) embryos. *Aquaculture* 213(1-4), 265-278.

Felix, N., Sudharsan, M., 2004. Effect of glycine betaine, a feed attractant affecting growth and feed conversion of juvenile freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Nutrition* 10(3), 193-197.

Foss, A., Vollen, T. and Øiestad, V., 2003. Growth and oxygen consumption in normal and O2 supersaturated water, and interactive effects of O2 saturation and ammonia on growth in spotted wolffish (*Anarhichas minor* Olafsen). *Aquaculture* 224(1-4), 105-116.

Gisbert, E., Conklin, D.B., Piedrahita, R.H., 2004. Effects of delayed first feeding on the nutritional condition and mortality of California halibut larvae. *Journal of Fish Biology* 64(1), 116-132.

Jensen, J.O.T., 2003. New mechanical shock sensitivity units in support of criteria for protection of salmonid eggs from blasting or seismic disturbance. Fisheries & Oceans Canada, Pacific Region, Science Branch, Pacific Biological Station. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.499.8819&rep=rep1&type=pdf.

Jones, R.E., Petrell, R.J., Pauly, D., 1999. Using modified length–weight relationships to assess the condition of fish. *Aquacultural Engineering* 20(4), 261-276.

Koeypudsa, W., Jongjareanjai, M., 2011. Impact of water temperature and sodium chloride (NaCl) on stress indicators of hybrid catfish (*Clarias gariepinus* Burchell x *C. macrocephalus* Gunther). *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, *33*(4), 369-378.

Kwain, W.H., 1975. Effects of temperature on development and survival of rainbow trout, Salmo gairdneri, in acid waters. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 32(4), 493-497.

Laurel, B.J., Bradbury, I.R., 2006. "Big" concerns with high latitude marine protected areas (MPAs): trends in connectivity and MPA size. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63(12), 2603-2607.

Melendez, C.L., Mueller, C.A., 2021. Effect of increased embryonic temperature during developmental windows on survival, morphology and oxygen consumption of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology 252*, 110834.

McCarthy, I.D., 1996. The effect of temperature on protein metabolism in fish: the possible consequences for wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) stocks in Europe as a result of global warming. *Global Warming: Implications for Freshwater and Marine Fish* pp: 51-77.

Munro, A.L.S., Waddell, I.F., 1987. Growth of salmon and trout farming in Scotland. *Developments in fisheries research in Scotland*.

Mohammadi, M., Abedin Kenari A., Shariatmadari F., Mohseni M. 2002. Effects of dietary protein levels on growth and body composition in giant sturgeon juvenile (*Huso huso*). *Journal of Marine Science and Technology* 4(1):99-109.

Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Abbasi, K., Pourgholami, A., 2020. Comparison of some biological parameters of *Leuciscus aspius* (Linnaeus, 1758) from south-western part of the Caspian Sea. *Journal of Fisheries* 73(1), 113-122. (In Persian)

Myers, R.A., 1998. When do environment–recruitment correlations work?. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 8(3), 285-305.

Myrick, C.A., Cech Jr, J.J., 2001. Temperature effects on Chinook salmon and steelhead, a review focusing on California's Central Valley populations: Bay-Delta Modeling Forum Technical Publication 01-1.

Pauly, S., Soriano-Bartz, M., Moreau, J., Jarre-Teichmann, A., 1992. A new model accounting for seasonal cessation of growth in fishes. *Marine and Freshwater Research* 43(5), 1151-1156.

Quigley, J.T., Hinch, S.G., 2006. Effects of rapid experimental temperature increases on acute physiological stress and behaviour of stream dwelling juvenile Chinook salmon. *Journal of Thermal Biology* 31(5), 429-441.

Raleigh, R.F., 1984. *Habitat suitability information: rainbow trout*. Western Energy and Land Use Team, Division of Biological Services, Research and Development, Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior.

Rothbard, S., 1981. Induced reproduction in cultivated cyprinids: the common carp and the group of Chinese carps. I: The technique of induction, spawning and hatching.

Shepherd, J.G., Pope, J.G. and Cousens, R.D., 1984. Variations in fish stocks and hypotheses concerning their links with climate. *Rapp. P.-v Réun. Cons. Int. Explor. Mer 185*, 255-267. https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Marine%20Science%20Symposia/Phase%202/Rapport%20et%20Proces-Verbaux%20des%20Reunions%20-%20Volume%20185%20-%201984%20-%20Partie%2023%20de%2025.pdf.

Taylor, J.F., North, B.P., Porter, M.J.R., Bromage, N.R., Migaud, H., 2006. Photoperiod can be used to enhance growth and improve feeding efficiency in farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 256(1-4), 216-234.

Vieira, V.L.A., Johnston, I.A., 1996. Muscle development in the tambaqui, an important Amazonian food fish. *Journal of Fish Biology* 49(5), 842-853.

Velsen, F.P.J., 1987. *Temperature and incubation in Pacific salmon and rainbow trout: compilation of data on median hatching time, mortality and embryonic staging*. Department of Fisheries and Oceans, Fisheries Research Branch, Pacific Biological Station.

Weber, G.M., Martin, K., Kretzer, J., Ma, H., Dixon, D., 2016. Effects of incubation temperatures on embryonic and larval survival in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture* 28(4), 285-297.

Wehrly, K.E., Wang, L., Mitro, M., 2007. Field-based estimates of thermal tolerance limits for trout: incorporating exposure time and temperature fluctuation. *Transactions of the American Fisheries Society* 136(2), 365-374.

Wootton, R.J., 2012. *Ecology of teleost fishes* (Vol. 1). Springer Science & Business Media. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=CFj-CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP9&ots=mPfU1blUMk&sig=ZpVnn7ayHVkFywYHKkabRJXruXg#v=onepage&q&f=false.