"مقاله پژوهشی"

رابطه بین دماهای مطلوب رشد و بازماندگی با فراسنجه‌های خونی، بیوشیمیایی و ایمنی در بچه‌ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus kutum*)

سید نورالدین عقیلی[1]، محمدکاظم خالصی[1]*، سهراب کوهستان اسکندری[1]

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹

چکیده

با توجه به نقش تعیین‌کننده درجه حرارت آب در عملکرد رشد و ایمنی آبزیان پرورشی، در تحقیق حاضر تأثیر تیمارهای حرارتی مختلف بر رشد و ایمنی ماهی سفید دریای خزر جهت دستیابی به مقادیر مطلوب در راستای تلاش پژوهشی برای بررسی زیست‌شناسی پرورشی این گونه مورد بررسی قرار گرفت. رابطه بین دماهای مطلوب رشد و بازماندگی با فراسنجه‌های خونی، بیوشیمیایی و ایمنی بچه‌ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus kutum*) در قالب طرح کاملا تصادفی با شش تیمار شامل دماهای ۱۷، ۲۰، ۲۳، ۲۶، ۲۹ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد با سه تکرار و هر کدام حاوی ۲۰ قطعه ماهی (۰/۰۵± ۲/۴۵ گرم) به مدت ۶۰ روز بررسی گردید. در پایان آزمایش، عملکرد رشد، بازماندگی، و فراسنجه‌های خونی و بیوشمیایی سرم خون ارزیابی شدند. تیمارهای ۲۳ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد اثر معنی‌داری بر عملکرد رشد نسبت به سایر تیمارها داشتند ($p<0/05$) و بالاترین بازماندگی مربوط به تیمار دمایی ۱۷ درجه بود ($p<0/05$). مقادیر گلبول قرمز، هموگلوبین و درصد هماتوکریت در تیمار دمایی ۲۹ درجه بالاتر از سایر تیمارها بود ($p<0/05$). تعداد گلبول سفید و درصد لنفوسیت به ترتیب در تیمارهای دمایی ۲۹ و ۲۳ درجه بیشتر از سایر تیمارها بود ($p<0/05$). بیشترین مقادیر پروتئین کل و گلوبولین در تیمار دمایی ۲۳ درجه سانتی‌گراد و بیشترین مقدار آلبومین در تیمار دمایی ۲۹ درجه سانتی گراد ثبت شد. مقادیر پروتئین کل و آلبومین در تیمارهای دمایی ۲۳ و ۲۹ درجه با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت، و گلوبولین در دمای ۲۳ درجه به طور معنی‌داری با سایر تیمارهای دمایی (به جز تیمار ۱۷ درجه سانتی‌گراد) متفاوت بود ($p<0/05$). بچه‌ماهیان در تیمارهای ۲۹ و ۳۲ درجه حاوی مقادیر گلوکز بیشتری نسبت به سایر تیمارها بودند ($p<0/05$). در فراسنجه‌های ایمنی، سطوح بیشینه و کمینه لیزوزیم و همچنین کمپلمان به ترتیب در تیمارهای دمایی ۱۷ و ۳۲ درجه مشاهده شدند ($p<0/05$). تیمارهای دمایی ۲۳ تا ۲۶ درجه به عنوان دامنه حرارتی بهینه از نظر عملکرد رشد و بقاء بودند که می‌توانند نقش مهمی را در بهبود عملکرد رشد و شاخص‌های خونی و ارتقای سیستم ایمنی ماهی بچه‌ماهی سفید دریای خزر ایفا کنند.

کلمات کلیدی: بچه‌ماهی سفید دریای خزر، درجه حرارت، شاخص‌های رشد، ایمنی، فراسنجه‌های خونی و سرمی.

* عهده‌دار مکاتبات: khalesi46@gmail.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

مقدمه

پرورش آبزیان به منظور رهاسازی بچه‌ماهیان در آب‌های طبیعی جهت بازسازی ذخایر و به منظور تولید پروتئین، یک صنعت رو به رشد در سراسر دنیا محسوب می‌شود (Dabrowski, 2011). تعیین دمای رشد مطلوب از جمله عوامل اولیه و مهم پرورش ماهی است. درجه حرارت آب یکی از عوامل محدودکننده رشد آبزیان است که بر نرخ متابولیکی آنها اثر می‌گذارد، میزان غذاگیری و رشد را در این جانداران تحت تاثیر قرار می‌دهد، و سازوکارهای فیزیولوژیکی تمامی اندام‌ها را کنترل می‌کند (Garcia-Esquivel *et al*., 2007). اغلب ثابت شده است که با افزایش دما ابتدا مقادیر مصرف غذا افزایش می‌یابد، مقادیر تغذیه در محدوده‌ای از دماهای میانه به حداکثر می‌رسند، و سپس با افزایش مداوم دما مقادیر تغذیه به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابند (بلک و پیکرینگ، ۱۳۹۴). نرخ رشد با افزایش درجه حرارت تا رسیدن به حالت بهینه افزایش و پس از آن با افزایش دما کاهش می‌یابد (Jobling, 2003). همچنین دما روی پارامترهای تنظیم اسمزی در ماهیان اثرگذار است و پارامترهای خون‌شناسی و عوامل یونی پلاسما را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد (Marshall, 2002). در جانداران خونسرد، درجه‌حرارت محیط خواص کارکردی و ساختار پروتئین‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. دمای مطلوب رشد در سنین مختلف ماهی متفاوت است و با تعیین آن می‌توان به نرخ رشد بالا در تمام دوره پرورشی دست یافت. بچه‌ماهیان برای رشد و بقا به درجه حرارت بهینه نیاز دارند که تحت‌تاثیر عواملی نظیر سن و اندازه ماهی تغییر می‌کند. به عنوان مثال، در تعداد زیادی از گونه‌ها، ماهیان جوان درجه-حرارت بالاتر را نسبت به بالغین خود ترجیح می‌دهند (بلک و پیکرینگ، ۱۳۹۴). همچنین درجه حرارت بهینه در مراحل اولیه زندگی متفاوت است که توزیع زمانی و مکانی آن را نشان می‌دهد (Gadomski and Caddell, 1991). به نظر می‌رسد که ماهیان استنوترم (با دامنه‌ی دمایی محدود) و نیز یوری‌ترم (دارای تحمل دمایی وسیع) هنگامی‌که نوسانات دمایی در محدوده‌های فیزیولوژیک آن گونه باشند، سریع‌تر رشد می‌کنند و بزرگی این نوسانات و میزان مطلوب تغییر دما برای هر گونه ویژه است و به سازگاری اکولوژیک آن گونه مربوط می‌شود (بلک و پیکرینگ، ۱۳۹۴).

ماهی سفید دریای خزر به عنوان مهمترین گونه صید شده (بینایی و همکاران، ۱۳۹۵) از جمله آبزیانی است که ذخایر آن در چند دهه اخیر به علل مختلف در دریای خزر مورد تهدید قرار گرفته‌اند و بیش از ۷۰ درصد از کل صید تجاری در سواحل جنوبی دریایی خزر را به خود اختصاص می‌دهد (Yousefian and Mosavi, 2008). از سال‌های گذشته و در حال حاضر، برای افزایش صید و حفظ نسل ماهی سفید تنها به تکثیر نوزاد آن جهت بازسازی ذخایر اقدام می‌شود (غفوری کیاسری و همکاران، ۱۴۰۱). بر اساس مطالعات انجام شده، ضریب رشد ماهی سفید در جمعیت‌های سالیان گذشته (۱۳۵۰-۱۳۴۹) با ضریب رشد آن در سال‌های اخیر تفاوت فاحشی را نشان می‌دهد، به طوری که میزان افزایش طول و وزن آن به ازای سن در سال‌های اخیر به تدریج کاهش یافته است (عبدالملکی و غنی‌نژاد، ۱۳۸۶). با توجه به برهم خوردن تعادل زیستی دریای خزر و فقر پلانکتونی شدید آن پیش‌بینی می‌شود که جهت جبران منابع پروتئین ماهی سفید در آینده، احتمالا یکی از راهکارهای مطرح، پرورش آن در محیط‌های بسته باشد (Daryanabard, 2015). در

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

راستای تلاش پژوهشی برای بررسی زیست‌شناسی پرورشی ماهی سفید و با توجه به نقش تعیین کننده درجه حرارت آب در عملکرد رشد و ایمنی آبزیان پرورشی، تحقیق حاضر تأثیر تیمارهای حرارتی مختلف را بر رشد و ایمنی این گونه جهت دستیابی به مقادیر مطلوب برای پرورش ماهی سفید دریای خزر مورد بررسی قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها

ابتدا تعداد ۶۰۰ عدد بچه‌ماهی سفید دریای خزر (*R. kutum*) با وزن ۰/۰۵± ۲/۴۵ گرم از مرکز تکثیر و پرورش ماهی شهید رجایی ساری تهیه و با رعایت اصول استاندارد حمل و نقل به محل مورد نظر منتقل شدند. بچه‌ماهیان در آب با دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته عادت داده شدند و سپس در ۱۸ عدد آکواریوم ۱۲۰ لیتری مجهز به سنگ هوا و بخاری قرار گرفتند. سپس بچه‌ماهیان در ۶ تیمار با دماهای ۱۷، ۲۰، ۲۳، ۲۶، ۲۹ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد هر یک با ۳ تکرار به تعداد ۲۰ قطعه در هر آکواریوم توزیع شدند. آب هر آکواریوم هر ۲ روز یکبار به اندازه ۵۰٪ تعویض و مواد دفعی هر آکواریوم به طور روزانه سیفون می‌شد. همچنین بچه‌ماهی‌ها با استفاده از خوراک آماده (پلت) که جهت پرورش بچه‌ماهی سفید دریای خزر (مرکز تکثیر و بازسازی ذخایرماهیان شهید رجایی ساری) تهیه گردید به مدت ۶۰ روز خوراک‌دهی شدند و میزان غذای روزانه به اندازه ۴٪ وزن بدن در ۴ نوبت (ساعات ۸، ۱۱، ۱۴، و ۱۷) بود.

در طول آزمایش، دمای آب به صورت روزانه به وسیله‌ی دماسنج و دیگر شاخص‌های کیفی آب از قبیل pH (pH متر AL15- AQUA LYTIC، ساخت آلمان)، اکسیژن (اکسیژن‌متر AL15- AQUA LYTIC، ساخت آلمان)، و TDS به صورت دوره‌ای اندازه‌گیری گردید. آمونیوم، نیتریت و نیترات به صورت هر ۱۰ روز یک‌بار اندازه‌گیری شدند (APHA, 1992).

در اول و آخر دوره، زیست‌سنجی بچه‌ماهیان با اندازه‌گیری طول (۰/۱ سانتی‌متر) و وزن (۰/۱ گرم) از طریق بیهوش کردن بچه‌ماهیان با پودر گل میخک (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) صورت پذیرفت. شاخص‌های رشد شامل فاکتور وضعیت (CF)، نرخ رشد ویژه (SGR)، افزایش وزن بدن (DWG)، ضریب تبدیل غذایی (FCR) و میزان بازماندگی (SR) در پایان آزمایش طبق روابط زیر محاسبه شدند (Ali and Jauncey, 2004).

$$CF = [(FBW- IBW)^3]*100$$

$$SGR\ (\%/day) = [(LnFBW - Ln\ IBW)/ day]*100$$

$$DWG = (FBW - IBW) / day$$

$$FCR = FF/GWF*100$$

$$SR\ (\%) = (final\ FN/ initial\ FN) *100$$

در روابط بالا، IBW: میانگین وزن اولیه، FBW: میانگین وزن نهایی، FN: تعداد ماهی، FF: غذای خورده شده، و GWF: افزایش وزن ماهی را نشان می‌دهند.

همچنین در پایان دوره پرورش، کل تعداد ۲۲۵ قطعه ماهی بازمانده ابتدا زیست‌سنجی شدند و سپس خونگیری جهت سنجش فراسنجه‌های خونی انجام شد. ابتدا ماهیان توسط پودر گل میخک (۱۰۰ میلی‌گرم در هر لیتر) بیهوش شدند و خونگیری با قطع ساقه دمی صورت گرفت. تغذیه ماهیان در ۲۴ ساعت قبل از خونگیری قطع شد. بعد از خونگیری، نمونه‌های خون جمع‌آوری شده به دو بخش تقسیم شدند: بخشی از نمونه‌های خون به لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد خون

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

برای شمارش گلبول قرمز (RBC)، شمارش گلبول سفید (WBC) (Houston and Rupert, 1976) و اندازه‌گیری میزان هماتوکریت (Hct) و هموگلوبین (Hb) منتقل شدند. مقادیر شاخص‌های گلبولی طبق فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Campbell and Ellia, 2007):

تعداد گلبول‌های قرمز(میلیون در متر مکعب)/۱۰× هماتوکریت (٪) = MCV (میانگین حجم گلبول قرمز)

تعداد گلبول‌های قرمز (میلیون در متر مکعب)/ هموگلوبین (گرم در دسی لیتر)×۱۰ = MCH (میانگین هموگلوبین گلبول قرمز)

هماتوکریت (٪)/ هموگلوبین (گرم در دسی‌لیتر)×۱۰۰= MCHC (میانگین غلظت هموگلوبین گلبول قرمز)

بخش دیگری از نمونه‌های خون به لوله‌های فاقد ماده ضد انعقاد خون منتقل و پس از تشکیل لخته، سرم خون با استفاده از سانتریفیوژ (به مدت ۱۵ دقیقه و دور rpm ۱۳۰۰۰) توسط سمپلر از لخته جدا شد و در میکروتیوپ های جداگانه قرارگرفت. نمونه‌های سرم جداشده با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون و دستگاه اسپکتروفتومتر بررسی شدند. لایزوزیم با روش پورپلیت با استفاده از باکتری میکروکوکوس لیزودیکتیکوس (*Micrococcus lysodeikticus*) اندازه گیری شد (Tavakoli and Akhlaghi, 2009). فعالیت همولیتیک مسیر فرعی کمپلمان (ACH50) بر اساس همولیز گلبول‌های قرمز خرگوش اندازه‌گیری گردید (Waley and North, 1997).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج تحقیق با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS در قالب طرح کاملا تصادفی تجزیه و تحلیل گردید. نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro-Wilk بررسی شد. برای بررسی اختلافات از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan) در سطح احتمال ٪۵ استفاده‌شد. همگنی واریانس‌ها نیز با آزمون Levene بررسی گردید.

نتایج

اکسیژن

مطابق با جدول ۱، میانگین اکسیژن محلول در طول آزمایش بین تیمارهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان اکسیژن در تیمار دمای ۲۹ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای ۳۲ درجه سانتی گراد و ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود ($p<۰/۰۵$). کمترین میزان اکسیژن محلول در تیمار ۳۲ درجه سانتیگراد مشاهده شد که به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای ۲۹، ۲۳ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. بین تیمارهای ۲۶، ۲۳، ۲۰ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری دیده نشد ($p>۰/۰۵$).

جدول ۱: میانگین ویژگی‌های آب پرورش ماهی سفید دریای خزر (*R. kutum*) در دوره پرورش ۶۰ روزه

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

ویژگی‌های آب	دما (درجه سانتیگراد)					
	۱۷	۲۰	۲۳	۲۶	۲۹	۳۲
اکسیژن محلول (mg/l)	۸/۳ ۰±/۱۵^{b}	۸/۴ ۰±/۰۹^{b}	۸/۴ ۰±/۲۲^{b}	۸ ± ۰/۳^{b}	۸/۵ ۰±/۰۹^{c}	۸ ۰±/۱۴^{a}
pH	۸ ۰±/۰۶^{a}	۷/۸ ۰±/۱۳^{a}	۸ ۰±/۱^{a}	۸ ۰±/۱^{a}	۸/۲ ۰±/۲ ^{a}	۸/۵ ۰±/۲^{b}
نیترات (mg/l)	۳۹±۲۴۰^{c}	۲۴±۱۶۵^{a}	۸±۲۰۱^{b}	۵۵±۲۹۷^{b}	۷۲±۳۴۰^{cd}	۴±۲۰۳^{b}
نیتریت (mg/l)	۰/۰±۴۶/۱۳^{e}	۰/۰±۵۶/۱۰^{b}	۰/۰±۴۲/۰۱^{c}	۰/۰±۵۴/۰۴^{c}	۰/۰±۶۰/۰۵^{c}	۰/۰±۳۴/۰۳^{b}
کل ازت آمونیاکی (mg/l)	۰/۰±۳۸/۰۵^{a}	۰/۰±۵۲/۰۵^{b}	۰/۰±۷۰/۵۳^{d}	۰/۰±۵۱/۰۴^{b}	۰/۰±۵۰/۰۵^{b}	۰/۰±۶۶/۰۶^{c}

pH

مطابق با جدول ۱، بین تیمارهای مورد مطالعه از نظر pH اختلاف معنی‌داری دیده شد (p<۰/۰۵). بیشترین میزان pH در تیمار دمای ۳۲ درجه سانتیگراد مشاهده شد که به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار۲۰ درجه سانتیگراد بود (p<۰/۰۵). کمترین میزان pH در تیمار ۲۰ درجه سانتیگراد ثبت شد که به طور معنی‌داری کمتر از تیمار ۳۲ درجه سانتیگراد بود اما با دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵).

نیترات

مطابق با جدول ۱، بین تیمارهای مورد مطالعه از نظر نیترات محلول اختلاف معنی‌داری دیده شد (p<۰/۰۵) که تا روز بیستم آزمایش در تمامی تیمارها روند افزایشی داشت. سپس تا روز چهلم آزمایش میزان نیترات تقریبا ثابت با شیب نزولی ملایم بود. از روز چهلم تا پایان آزمایش روند صعودی میزان نیترات در تیمارها مشاهده شد. در پایان آزمایش، بیشترین میزان نیترات در تیمار ۳۲ درجه سانتی گراد وجود داشت که به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دیگر بود (p<۰/۰۵). کمترین مقادیر نیترات نیز در تیمارهای ۲۶ و ۱۷ درجه مشاهده شد که به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای دیگر بودند (p<۰/۰۵). بین تیمارهای ۲۹، ۲۳ و ۲۰ درجه سانتیگراد اختلاف معنی‌داری دیده نشد (p<۰/۰۵).

نیتریت

طبق جدول ۱، بین تیمارهای مورد مطالعه از نظر نیتریت اختلاف معنی‌داری دیده شد (p<۰/۰۵). تا روز ۳۰ام آزمایش یک روند صعودی و از روز ۳۹ تا ۶۰ یک روند نزولی در میزان نیتریت وجود داشت. بیشترین میزان نیتریت تا روز چهلم آزمایش مربوط به تیمار ۳۲ درجه بود (p<۰/۰۵)، اما از روز ۵۰ تا ۶۰ آزمایش بیشترین نیتریت در تیمار ۲۹ برآورد شد (p<۰/۰۵). در پایان آزمایش، کمترین میزان نیتریت مربوط به تیمار ۱۷ درجه و بیشترین آن مربوط به تیمار ۲۹ درجه سانتیگراد بود (p<۰/۰۵).

کل ازت آمونیاکی (TAN)

بر اساس نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها، تغییرات TAN در طول آزمایش دوره ۶۰ روزه پرورش بین تیمارهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری را نشان داد (p<۰/۰۵) (جدول ۱). یک روند افزایشی تا روز ۵۰ آزمایش در میزان TAN در تمامی تیمارها مشاهده شد. سپس تا روز ۶۰ آزمایش میزان TAN تقریبا ثابت با یک شیب کاهشی ملایم بود. در پایان آزمایش بیشترین میزان TAN در تیمارهای ۳۲، ۲۹ و ۲۶ درجه سانتیگراد مشاهده شد که به طور معنیداری بیش از تیمارهای

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

دیگر بود ($p<۰/۰۵$) و کمترین میزان TAN در تیمار ۱۷ درجه سانتیگراد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

رشد

در این مطالعه، بیشترین افزایش وزن در تیمار با دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و دارای اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۳۲، ۲۰ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد بود ($p<۰/۰۵$). اما اختلاف معنی‌داری با تیمار ۲۹ و ۲۳ درجه نداشت. تغییرات وزن بچه‌ماهیان در طول ۶۰ روز پرورش (شکل ۱) نشان می‌دهد که اوزان ماهی‌ها در همه تیمارها در روزهای ۱۰ و ۳۰ با هم دارای اختلاف معنی‌داری بودند ($p<۰/۰۵$). تیمارهای ۱۷، ۲۰، ۳۲ درجه سانتیگراد در روز ۴۰ و ۲۰ با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p<۰/۰۵$). اما با بقیه تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری بودند ($p<۰/۰۵$). تیمارهای ۱۷ ،۲۰، ۲۳ و۳۲ درجه سانتیگراد در روز ۵۰ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند در حالی که با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($p<۰/۰۵$). بیشترین درصد بازماندگی در تیمار با دمای ۱۷ و کمترین آن در تیمار با دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و نشان می‌دهد که هرچه دما افزایش یابد درصد بازماندگی پایین می‌آید.

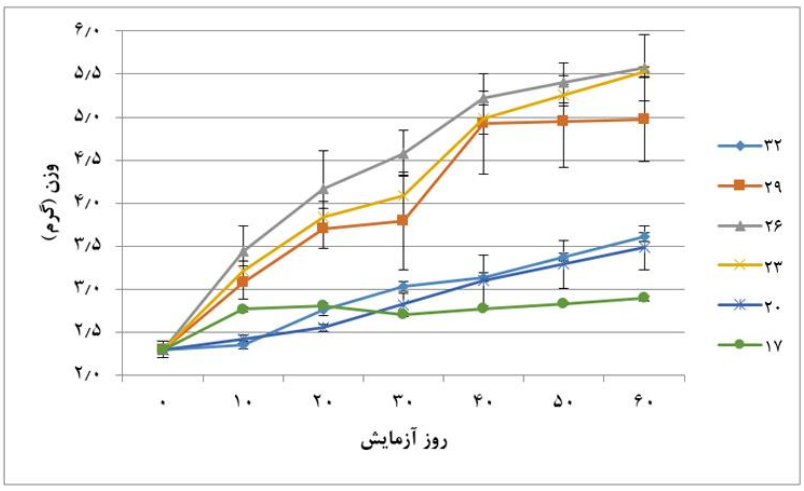
در جدول ۲، میانگین وزن، SGR، FCR، و بازماندگی بچه‌ماهی ماهی سفید خزر در دماهای مختلف آورده شده است. تیمارهای دمایی ۱۷ درجه سانتی‌گراد با کمترین SGR دارای اختلاف معنی‌داری با بقیه تیمارها بود و با افزایش دما تا ۲۳ و ۲۶ درجه سانتیگراد این شاخص نیز بالا رفت که با دماهای ۲۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$). شاخص FCR نیز در دمای ۱۷ درجه سانتیگراد کاهش معنی‌داری نسبت به بقیه تیمارها به جز ۲۰ درجه سانتی‌گراد داشت و تیمارهای ۲۳، ۲۶ و ۲۹ دارای مقادیر مشابه بالای FCR و به طور معنی‌داری متفاوت از بقیه بودند. همچنین شاخص بازماندگی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای دمایی نشان داد ($p<۰/۰۵$) و بالاترین و کمترین بازماندگی به ترتیب مربوط به تیمارهای دمایی ۱۷ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد بودند.

جدول ۲: میانگین (± انحراف معیار) شاخص‌های رشد ماهیان سفید دریای خزر (*R. kutum*) پرورش یافته در دماهای مختلف به مدت ۶۰ روز

عملکرد رشد	دما (درجه سانتیگراد)					
	۱۷	۲۰	۲۳	۲۶	۲۹	۳۲
وزن ابتدایی (گرم)	۲/۰±۴۷/۰۴	۲/۰±۴۵/۰۲	۲/۰±۴۵/۰۵	۲/۰±۴۶/۰۵	۲/۰±۴۷/۰۲	۲/۰±۴۸/۰۳
وزن نهایی (گرم)	۲/۰±۸۹/۰۴^{e}	۳/۰±۴۸/۴۴^{a}	۵/۰±۵۳/۱۰^{b}	۵/۰±۵۷/۶۵^{b}	۴/۰±۹۷/۸۴^{b}	۳/۰±۶۰/۴۲^{a}
افزایش وزن (گرم)	۰/۰±۴۲/۰۴^{e}	۱/۰±۰۲/۰۱^{a}	۳/۰±۰۸/۱۳^{b}	۳/۰±۱۱/۶۰^{b}	۲/۰±۵۰/۸۲^{b}	۱/۰±۱۲/۴۱^{a}
SGR	۰/۰±۲۵/۰۲^{e}	۰/۰±۵۷/۲۲^{b}	۱/۰±۳۵/۰۵^{c}	۱/۰±۳۶/۱۶^{c}	۱/۰±۱۵/۲۶^{c}	۰/۰±۶۱/۲۰^{b}
FCR	۲/۰±۲۳/۰۱^{a}	۲/۰±۳۵/۰۹^{a}	۳/۰±۴۵/۰۹^{c}	۳/۰±۵۵/۱۹^{c}	۳/۰±۵۵/۲۱^{c}	۲/۰±۸۵/۱۷^{b}
بازماندگی (٪)	۸۶/۳±۰۰/۴۶^{d}	۷۸/۴±۶۷/۶۱^{cd}	۷۲/۴±۰۰/۶۱^{c}	۷۰/۵±۰۰/۷۷^{c}	۴۳/۵±۳۳/۷۷^{b}	۳۱/۲±۶۷/۸۸^{a}

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار است ($p\leq۰/۰۵$).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]



شکل ۱: میانگین و انحراف معیار وزن بچه‌ماهیان سفید دریای خزر(*R. kutum*) در هر تیمار دمایی در فواصل ۱۰ روزه

فراسنجه‌های خونی بچه‌ماهی سفید دریای خزر

فراسنجه‌های خونی شامل هماتوکریت، MCV، MCH، MCHC، لنفوسیت، مونوسیت، نوتروفیل، و ائوزونوفیل در بچه‌ماهی سفید دریای خزر در تیمارهای دمایی مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). در تمام فراسنجه‌های بررسی شده، به جز MCH و درصد ائوزینوفیل، اختلافات معنی‌داری مشاهده شدند ($p\leq$ ۰/۰۵). کمترین تعداد گلبول قرمز در تیمار با دمای ۱۷ و ۲۰ درجه سانتیگراد مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند ($p>$ ۰/۰۵). همچنین تیمارهای ۲۶ و ۲۹ درجه سانتیگراد بیشترین تعداد گلبول قرمز نشان دادند که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند ($p>$۰/۰۵) ولی با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری بودند ($p\leq$۰/۰۵).

تعداد گلبول سفید در تیمار ۲۹ درجه سانتی گراد به طور معنی داری بیشتر از تیمارهای دیگر بود ($p\leq$۰/۰۵) و کمترین تعداد گلبول سفید در تیمار ۱۷ و ۲۰ درجه سانتی گراد مشاهده شد ($p\leq$۰/۰۵). بین تعداد گلبول سفید تیمار ۲۳ و ۲۶ درجه سانتیگراد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p\leq$۰/۰۵). کمترین میزان هموگلوبین در تیمار ۱۷ و ۲۰ درجه سانتیگراد و بیشترین آن در تیمار ۲۹ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد ($p\leq$۰/۰۵) که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۲۶ درجه سانتی‌گراد نداشت ($p\leq$۰/۰۵). بیشترین میزان هماتوکریت در تیمار ۳۲ درجه سانتیگراد مشاهده شد که به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای ۱۷ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود ($p\leq$۰/۰۵). اما با تیمارهای ۲۳، ۲۶ و ۲۹ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری نداشت ($p\leq$۰/۰۵). بیشرین میزان MCV در تیمار ۳۲ درجه سانتیگراد مشاهده شد که به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار ۱۷ درجه سانتی‌گراد بود ($p\leq$۰/۰۵). اما با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت ($p\leq$۰/۰۵). بیشترین میزان MCHC در تیمار ۲۰ درجه سانتیگراد مشاهده شد ($p\leq$۰/۰۵) که به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار ۳۲ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود ($p\leq$۰/۰۵). اما با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت ($p\leq$۰/۰۵).

بیشترین درصد لنفوسیت در تیمار ۲۳ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دیگر بود ($p\leq$۰/۰۵). کمترین درصد لنفوسیت در تیمار ۳۲ درجه سانتیگراد مشاهده شد که اختلاف

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

معنی‌داری با تیمار ۲۹ درجه سانتی‌گراد نداشت (p>۰/۰۵). بیشترین درصد مونوسیت در تیمار ۳۲ درجه سانتی گراد مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۲۹ درجه سانتی‌گراد نداشت (p>۰/۰۵). همچنین تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر مقدار ائوزینوفیل وجود نداشت (p>۰/۰۵). بیشترین درصد نوتروفیل در تیمار ۳۲ درجه سانتیگراد مشاهده شد (p≤۰/۵) که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها غیر از ۲۹ درجه سانتی‌گراد داشت (p≤۰/۵). کمترین درصد نوتروفیل در تیمارهای ۲۳ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد.

جدول ۳: فراسنجه‌های خونی (میانگین ± انحراف معیار) بچه‌ماهیان سفید دریای خزر (*R. kutum*) پرورش‌یافته در دماهای مختلف

فاکتورهای خونی	درجه حرارت (سانتی‌گراد)					
	۱۷	۲۰	۲۳	۲۶	۲۹	۳۲
گلبول قرمز (10^6/ mm^3)	۰/۰۰۵±۷۲/۱^a	۰/۰۰۵±۷۴/۱^a	۰/۲۱۷±۷۷/۱^b	۰/۰۰۵±۸۰/۱^c	۰/۰۰۲±۸۵/۱^c	۰/۰۰۵±۸۱/۱^d
گلبول سفید (10^3/ mm^3)	۱۲/۸۵±۷۴/۴^a	۱۲/۷۵±۸۷/۴۹^a	۱۳/۱۲±۶۳/۵^b	۱۳/۱۲±۶۳/۵^b	۱۴/۷۶±۸۳/۳^d	۱۴/۶۴±۶۷/۳^c
هموگلوبین (g/dl)	۰/۱۲±۹۶/۴^d	۵/۰±۱۳/۰۷^a	۵/۰±۴۰/۰۵^b	۵/۰±۵۱/۱۵^{bc}	۵/۰±۶۳/۰۷^c	۵/۰±۳۳/۱۰^b
هماتوکریت (٪)	۳۶/۱±۶۶/۵۲^a	۳۷/۱±۰۰/۰۰^a	۴۳/۳±۶۷/۰۰^b	۴۵/۱±۳۳/۵۲^b	۴۴/۱±۰۰/۰۰^b	۴۶/۱±۰۰/۰۰^b
MCV (fl)	۲۲۲/۹±۰۳/۲^a	۲۲۵/۲±۷۰/۷^{ab}	۲۳۷/۸±۹۶/۳^{ab}	۲۴۹/۹±۸۶/۶^b	۲۴۳/۱±۹۳/۶^{ab}	۲۵۲/۲±۴/۷^b
MCH (pg)	۴۸/۰±۹۰/۳۳^a	۲۹/۰±۷۳/۶۵^a	۳۰/۰±۷۶/۵۶^a	۳۰/۰±۰۰/۶۰^a	۳۰/۰±۵۰/۸^a	۲۹/۰±۳۶/۵۰^a
MCHC (٪)	۱۲/۰±۸۶/۷۹^{bc}	۱۳/۰±۸۷/۳۶^c	۱۲/۰±۷۰/۹۴^{bc}	۱۲/۰±۱۸/۷۴^{ab}	۱۲/۰±۸۰/۴۲^{bc}	۱۱/۰±۱۸/۱۵^a
لنفوسیت	۶۳/۱±۰۰/۰۰^b	۶۸/۱±۶۶/۱۵^c	۷۱/۱±۶۶/۵۲^d	۷۱/۱±۰۰/۰۰^d	۵۹/۰±۳۳/۵۷^a	۵۸/۱±۳۳/۵۲^a
نوتروفیل	۳۰/۱±۶۶/۱۵^c	۲۵/۱±۶۶/۵۴^b	۲۳/۱±۳۳/۱۵^a	۲۳/۰±۳۳/۵۷^a	۰/۵۷±۶۶/۳۳^d	۳۴/۰±۶۶/۵۷^d
منوسیت	۳/۱±۶۶/۰۰^{ab}	۳/۱±۰۰/۰۰^{ab}	۲/۰±۶۶/۵۷^a	۳/۱±۰۰/۰۰^{ab}	۴/۰±۳۳/۵۷^b	۰/۵۷±۶۶/۳۳^{ab}
ائوزینوفیل	۲/۰±۶۶/۵۷^a	۲/۰±۶۶/۵۷^a	۲/۰±۳۳/۵۷^a	۲/۰±۶۶/۵۷^a	۲/۰±۶۶/۵۷^a	۰/۵۷±۶۶/۳۳^a

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار هستند (p≤۰/۰۵).

فراسنجه‌های ایمنی و سرمی بچه‌ماهی سفید دریای خزر تفاوت‌های معنی‌داری در تمامی فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم و ایمنی اندازه‌گیری شده مشاهده شدند. بیشترین میزان پروتئین کل و آلبومین در تیمار ۲۳ درجه سانتی‌گراد و کمترین آن در تیمار ۳۲ درجه سانتی‌گراد یافت گردید (p≤۰/۰۵). همچنین بیشترین میزان گلوبولین در تیمار ۲۳ درجه و کمترین آن در تیمار ۳۲ درجه سانتی‌گراد وجود داشت (p≤۰/۰۵). بیشترین و کمترین میزان گلوگز به ترتیب در تیمارهای دمایی ۳۲ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد بدست آمد و تیمار دمایی ۳۲ درجه سانتی‌گراد با سایر تیمارها به جز تیمار دمایی ۲۹ درجه دارای اختلاف معنی‌داری بود (p≤۰/۰۵). بیشترین و کمترین مقدار کمپلمان بترتیب در تیمارهای دمایی ۱۷ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد ثبت شدند (p≤۰/۰۵). میزان لیزوزیم به ترتیب در تیمارهای ۱۷ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد با بیشترین و کمترین مقادیر برآورد گردید (p≤۰/۰۵).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

جدول ۴: فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم و ایمنی (میانگین ± انحراف معیار) بچه‌ماهیان سفید دریای خزر در تیمارهای دمایی مختلف

شاخص	درجه (سانتی‌گراد)					
	۱۷	۲۰	۲۳	۲۶	۲۹	۳۲
پروتئین کل (g/dl)	۳/۰±۸۶/۱۰^{c}	۴/۰±۲۳/۰۴^{d}	۴/۰±۶۳/۱۱^{e}	۴/۰±۲۵/۱۰^{d}	±۶۲/۳/۱۴^{b}	۲/۰±۹۸/۰۸^{a}
آلبومین (g/dl)	۱/۰±۵۴/۱۱^{ab}	۱/۰±۷۴/۰۸^{ab}	۱/۰±۸۴/۱۱^{b}	۱/۰±۷۳/۴۸^{ab}	۲/۰±۳۱/۰۷^{c}	۱/۰±۳۴/۰۶^{a}
گلوبولین (g/dl)	۲/۰±۳۲/۱۷^{b}	۲/۰±۴۸/۰۹^{ab}	۲/۰±۷۸/۰۷^{b}	۲/۰±۵۲/۵۲^{ab}	۱/۰±۳۰/۱۰^{a}	۱/۰±۶۳/۲۰^{a}
گلوکز (mg/dl)	۶۳/۵±۸۵/۴^{a}	۶۷/۵±۳۷/۳^{ab}	۷۰/۵±۷۳/۶۲^{ab}	۷۳/۲±۸۱/۵۱^{b}	۸۳/۰±۶۸/۴۶^{c}	۸۴/۰±۲۱/۶۱^{c}
کمپلمان (unit/ml)	۱۸۶/۲±۲۹/۲۹^{d}	۱۴۶/۱۵±۱۰^{c}	۱۴۴/۳±۳۷/۷۷^{c}	۱۲۱/۰±۵۷/۷۷^{b}	۱۲۰/۰±۸۷/۷۴^{b}	۱۱۵/۰±۴۱/۸۰^{a}
لیزوزیم (µg/ml)	۶۳/۱±۶۷/۱۲^{d}	۵۳/۰±۸۹/۳۳^{c}	۵۴/۱±۸۹/۵۵^{c}	۴۸/۰±۰۷/۲۱^{b}	۴۶/۰±۹۱/۴۹^{b}	۴۳/۰±۵۱/۶۸^{a}

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار هستند ($p \leq ۰/۰۵$).

بحث

محدوده مناسب pH برای پرورش ماهی بین ۶/۷ تا ۹/۵ و محدوده مطلوب آن ۷/۵ تا ۸/۵ است و سطوح بالاتر یا پایین‌تر از آن برای ماهی‌ها استرس‌زا بیان شده است (Santhosh and Singh, 2007). در تحقیق حاضر، تیمار دمایی ۳۲ درجه سانتیگراد دارای pH بالاتر از ۸/۵ بود که نشان دهنده وجود شرایط استرس‌زا برای ماهی است و کاهش رشد و افزایش تلفات ممکن است به خاطر افزایشpH آب باشد. هم‌جهت با pH، میزان دیگر فاکتورهای کیفی آب یعنی اکسیژن محلول، آمونیاک، نیتریت و نیترات در تیمارهای دمایی بالا (بویژه ۲۹ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد) در محدوده مناسب بچه‌ماهی سفید نبودند و باعث کاهش رشد و بقاء شدند. بخش اعظم ماده دفعی ماهی بصورت آمونیاک دفع می‌شود. آمونیاک در واکنش با آب تشکیل یون‌های آمونیوم را می‌دهد. تعادل بین این دو به pH و دما بستگی دارد، به این صورت که در pH بالا ازت بیشتر به شکل NH_3 و محلول وجود دارد و برای ماهی سمی است. بیشترین میزان نیترات در تیمار ۳۲ درجه و کمترین میزان آن در تیمارهای ۲۶ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد وجود داشتند که هر سه تیمار اختلافات معنی‌داری را نشان دادند.

در آبزی‌پروری، رشد مطلوب در دمای بهینه صورت می‌گیرد. درجه حرارت با تاثیر بر فرآیندهای متابولیک متنوع شامل تنفس، تغذیه و هضم بر میزان رشد و تکامل ماهی اثر می‌گذرد (Garcia-Esquivel *et al.*, 2007). هر گونه تغییر در دامنه طبیعی این فرآیندها ممکن است محدوده مناسب برای سلامتی و رشد را تغییر دهد. نتایج پژوهش Wuenschel (۲۰۰۴) بر روی ماهی سرخو (*Lutjanus griseus*) نشان داد که

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

نرخ رشد با افزایش درجه حرارت بالا رفت. در مطالعه حاضر، تاثیر تیمارهای مختلف دمایی بر رشد، بازماندگی، فراسنجه‌های خونی و ایمنی بچه‌ماهیان سفید دریای خزر نشان داد که تیمارهای دمایی ۲۳ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با سایر تیمارها موجب افزایش معنی‌دار وزن و ضریب رشد ویژه شدند. این یافته‌ها با نتایج مطالعه Ahmadian و همکاران (۲۰۱۵) همخوانی دارند که بیشترین مقادیر افزایش وزن و نرخ رشد ویژه را در دمای پرورش ۲۴ درجه سانتی‌گراد مشاهده کردند. همچنین عنایت غلامپور و همکاران (۱۳۸۸) گزارش دادند که تیمار دمایی ۲۴ درجه سانتی‌گراد سبب بیشترین افزایش میزان نرخ رشد روزانه، وزن اکتسابی، نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن در ماهی سفید دریای خزر شد که این مشاهدات با نتایج حاضر در تیمارهای دمایی ۲۳ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد مطابقت دارند. این یافته شاید بیانگر بوم‌شناسی این گونه از لحاظ ویژگی نیمه سردآبی باشد چرا که دماهای به کار رفته در این پژوهش نزدیک به دامنه دمایی متوسط هستند که برای دریای خزر ثبت شده‌اند (Paavola *et al*., 2005). ضمن این که نوسانات فصلی (پاییز و زمستان) دمای آب دریای خزر مبین این است که ماهی سفید می‌تواند در دماهای نسبتا پایین نیز زندگی و رشد کند. از سوی دیگر، کاربرد دمای ۲۱ درجه سانتیگراد برای پرورش ماهی سفید در مطالعه امیری و همکاران (۲۰۰۸) منجر به نرخ رشد بسیار کمتر و FCR بالاتری در مقایسه با تحقیق فعلی گردید. پس می‌توان گفت که دمای ۲۳ درجه سانتیگراد با ارایه بالاترین رشد نمونه‌های ماهی سفید در این پژوهش می‌تواند به عنوان حد پایین حرارت بهینه برای پرورش این گونه محسوب شود. به علاوه، کاربرد چندین تیمار حرارتی در مطالعه حاضر مطابق با این واقعیت است که دامنه حرارتی گسترده‌تر می‌تواند درک بهتری را از اثرات دما بر روی فراسنجه‌های رشدی و تغذیه‌ای ماهی فراهم آورد (Ahmadian *et al*., 2015).

دمای آب بر میزان مصرف غذای ماهی اثرگذار است و مصرف غذا در دمای بهینه به اوج می‌رسد (Imsland *et al*., 2008). اغلب ثابت شده است که با افزایش دما، رشد و جذب غذا در ماهی معمولا با افزایش درجه حرارت تا رسیدن به درجه حرارت بهینه به حداکثر می‌رسند و سپس به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابند (Jobling, 2003، بلک و پیکرینگ، ۱۳۹۴). فعالیت تغذیه‌ای در درجه حرارت پایین‌تر از ۲۰ درجه سانتیگراد می‌تواند بی‌ثبات شود و جذب غذا در مقایسه با دماهای بالاتر به مقدار زیاد کاهش می‌یابد (Robinson and Li, 2001). این اثرات به تغییرات سوخت و ساز استاندارد و فعالیت آنزیمی در ماهی نسبت داده شده است (Cui and Xie, 2000) و نتیجه آن می‌تواند در رشد و افزایش وزن ماهی با بالارفتن مؤثر دمای تغذیه و تبدیل غذا بازتاب پیدا کند (Handeland *et al*., 2008).

در تحقیق حاضر، تفاوت معنی‌دار در میزان بازماندگی بین تیمارهای دمایی مختلف نشانگر نامناسب بودن برخی دماها برای بچه‌ماهیان سفید است. هر ماهی دارای یک محدوده دمایی است که در داخل آن قادر به رشد و بقاء است. دماهایی خارج از این محدوده، یا تغییرات سریع درجه حرارت در داخل این محدوده، شرایط محیطی کشنده یا استرس‌زا را برای ماهی ایجاد می‌کنند. مکانیسم‌های فیزیولوژیک که مسئول مرگ ماهی در دماهای بالا هستند به طورکامل شناخته نشده‌اند اما احتمالا چندین عامل از جمله کاهش حلالیت

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

اکسیژن، افزایش نیاز اکسیژنی ماهی، نارسایی در تنظیم فشار اسمزی به خاطر کاهش توانایی ماهی در نگهداری ذخایر انرژی بدن و غلظت الکترولیت‌های سرم در این رابطه نقش دارند (Wedemeyer, 2001). تحقیقاتی پیرامون میزان ماندگاری نوزادان فرشته ماهی انجام شد و نتایج حاصله نشان داد که دمای مناسب بدون توجه به نوع غذا برای پرورش و بقای نوزادان لازم است (Ruffer *et al*., 2007). بر خلاف تفاوت معنی‌دار در بازماندگی ماهیان بین تیمارهای مطالعه حاضر، بازماندگی ماهی سفید در پژوهش احمدیان و همکاران (۲۰۱۵) تحت تأثیر دماهای متفاوت قرار نگرفت که می‌تواند ناشی از کاربرد فقط دو تیمار دمایی (۲۴ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد) و دوره پرورش ۴۲ روزه در مطالعه مذکور در مقایسه با کاربرد شش تیمار دمایی و دوره ۶۰ روزه پرورش در پژوهش حاضر باشد.

تغییر در فراسنجه‌های خونی از جمله واکنش‌هایی است که جانور در پاسخ به تنش از خود نشان می‌دهد. بخشی از این تغییرات (مانند تغییر در اندازه سلول و میزان ذخیره هموگلوبین) وابسته به ویژگی‌های خود گلبول‌های قرمز است و بخشی دیگر به غلظت پلاسما بستگی دارد که می‌تواند اثر خود را به صورت تغییر در تعداد گلبول‌ها در واحد حجم و همچنین تغییر میزان هماتوکریت نشان دهد (Milligan and Wood, 1982). میزان هماتوکریت در برخی ماهیان با افزایش دما از حد مناسب برای ماهی کاهش یافت که این پدیده را مرتبط با همولیز گلبول‌ها دانسته‌اند (Ziegeweid and Black, 2010). در مطالعه حاضر، بیشترین مقدار هماتوکریت در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که احتمالا به خاطر حضور بیشتر گلبول‌های قرمز بالغ نسبت به سایر تیمارها است. همچنین فراسنجه‌های خونی گلبول سفید، گلبول قرمز و هموگلوبین با کاهش دما کاهش یافتند. میزان هموگلوبین و تعداد گلبول‌های قرمز با شوری نیز تغییر پیدا می‌کند به طوری که در بعضی از ماهیان افزایش شوری با افزایش این پارامترها همراه است (Salati *et al*., 2010). تغییرات هموگلوبین در بچه‌ماهی کپور معمولی در شوری‌های مختلف معنی‌دار نبودند، اما افزایش دما با کاهش هموگلوبین همراه بود. در مقابل، تعداد گلبول‌های قرمز در دو گروه دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد با افزایش شوری بالا رفت (Rozati *et al*., 2014).

در تحقیق حاضر، میزان گلوکز خون با افزایش میزان درجه حرارت در تیمارهای دمایی روند افزایشی نشان داد، بطوری که کمترین میزان آن در تیمار دمایی ۱۷ درجه سانتی‌گراد و بیشترین میزان آن در تیمار دمایی ۳۲ درجه سانتی گراد مشاهده شد. افزایش میزان گلوکز خون در تیمارهای دمایی بالاتر از ۲۶ درجه سانتی‌گراد نشان دهنده وجود استرس محیطی دمایی است که می‌تواند در اثر محرک‌های استرس‌زا از جمله تغییر درجه حرارت آب در ماهی ایجاد شود. میزان گلوکز خون ارتباط مستقیمی با اشتهای ماهی دارد و با افزایش آن در خون، اشتهای ماهی کاهش می‌یابد. با افزایش گلوکز خون، فشار اسمزی خارج سلول هم افزایش یافته و با به هم خوردن قدرت انتقال غشای سیتوپلاسمی در درازمدت موجب آسیب بسیاری از بافت‌ها و به‌ویژه رگ‌های خونی آن‌ها می‌گردد (Halver and Hardy, 2002). غلظت گلوکز سرم توسط مکانیسم‌های پیچیده‌ی هورمونی مانند گلوکاگان، انسولین و دیگر هورمون‌ها نظیر کورتیکواستروئیدها، اپی‌نفرین و تیروکسین تنظیم

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

می‌شود. بنابراین، با قرارگرفتن در معرض استرس‌های محیطی، سطح گلوکز پلاسما با افزایش ترشح هورمون‌ها برای مثال کته‌کولآمین‌ها (آدرنالین و نورآدرنالین) و فعال کردن فرایند گلیکولیز یا گلوکونئوژنزیز در کبد و ماهیچه‌ها می‌تواند به‌صورت معنی‌داری افزایش پیدا کند (Kaattari and Piganelli, 1996). نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهند که با افزایش درجه حرارت در تیمارهای دمایی تا حد مطلوب (۲۳ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد) برای رشد بچه‌ماهی سفید دریای خزر، مقادیر پروتئین تام یعنی آلبومین و گلوبولین افزایش یافت. در واقع، افزایش مقادیر پروتئین تام، آلبومین و گلوبولین پلاسما می‌تواند مربوط به پاسخ ایمنی ذاتی بالاتر نیز باشد (Wiegertjes *et al*., 1996).

میزان غلظت پروتئین کل سرم به عنوان شاخصی برای وضعیت سلامت و پاسخ به ایمنی در ماهی است (Blaxhall and Daisley, 1973). افزایش سطح پروتئین‌های سرم خون نظیر آلبومین، به عنوان یک عامل بهبوددهنده‌ی ایمنی در ماهیان شناخته شده است (Wiegertjes *et al*., 1996). آلبومین مهم‌ترین و فراوان‌ترین پروتئین پلاسما است که سبب ثبات فشار اسمزی و بافری شدن خون می‌شود که در انتقال هورمون‌ها، مواد شیمیایی، سموم و فلزات نقش دارد. Yousefian و همکاران در سال ۲۰۱۱ دریافتند که با کاهش درجه حرارت، میزان پروتئین تام در تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) کاهش یافت که با نتایج حاضر همخوانی دارد. کاهش درجه حرارت در تاس ماهی ایرانی سبب استرس در این ماهی شد و در نتیجه میزان پروتئین تام با تغییر حجم پلاسما تغییر پیدا کرد.

از آنجا که ماهی‌ها خونسرد هستند، درجه حرارت محیط همه جنبه‌های فیزیولوژی آنها از جمله پاسخ‌های ایمنی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. لیزوزیم یک آنزیم هضم‌کننده با منشاء لوکوسیتی و قوی‌ترین آنزیم ضد باکتریایی در سیستم ایمنی است که در ترشحات مختلف حیوانات مثل مخاط، بزاق و بسیاری از بافت‌ها مثل خون یافت می‌گردد. میزان لیزوزیم در گونه‌های مختلف می‌تواند وابسته به عوامل زیادی از جمله پاسخ به استرس، دستکاری بلوغ، جیره غذایی، جنسیت، تنوع گونه‌ای و تنوع ژنتیکی باشد (Subramanian *et al*., 2007). لیزوزیم یکی از شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی است که برای تعیین وضعیت سلامت ماهی مفید است و به عنوان نشانگرهای مقاومت به بیماری عمل می‌کند (Tort *et al*., 1996). نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهند که میزان لیزوزیم در تیمارهای دمایی پایین بیشتر از تیمارهای دمایی بالا و با تفاوت معنی‌داری بود. این یافته با نتایج Kumari و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد که پایین‌ترین غلظت لیزوزیم را در بالاترین درجه حرارت (۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد) در گربه‌ماهی آسیایی (*Clarias batrachus*) مشاهده کردند. از سوی دیگر، مشاهدات فوق با نتایج Tort و همکاران (۲۰۰۴) و Suja و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی ندارند که به ترتیب گزارش دادند که میزان لیزوزیم در ماهی باس دریایی با افزایش درجه حرارت بالا رفت و در گربه‌ماهی روگاهی بیشترین فعالیت لیزوزیم در ماهی‌های پرورش داده شده در درجه حرارت ۳۲ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد.

به نظر می‌رسد که وقتی دما پایین‌تر از دامنه حرارتی رشد ماهی باشد، موجب کاهش غلظت لیزوزیم می‌شود. درجات حرارت پایین آب می‌تواند سیستم ایمنی ماهی را با تأخیر یا کاهش مقدار پاسخ‌های ایمنی تحت تاثیر قرار دهد (Ellis, 1982). برای

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

مثال، بیماری ویروسی بهاره کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در دماهای پایین اتفاق می‌افتد (Baudouy *et al*., 1980) که ممکن است دلیلی برای کاهش فعالیت لیزوزیم و سایر شاخص‌های ایمنی مشاهده شده در درجات حرارت پایین‌تر در برخی مطالعات باشد (Bly and Clem, 1992).

سیستم کمپلمان در ماهیان از مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده ایمنی غیراختصاصی است و در پاسخ به تغییرات فیزیولوژیک و پاتولوژیک تغییر می‌کند (Ellis, 1999). فعالیت کمپلمان نقش مهمی در دفاع ایمنی با تخریب و حذف پاتوژن‌های مهاجم ایفا می‌کند. کمپلمان ماهی دارای مشخصات متفاوتی از کمپلمان پستانداران است، برای مثال در برابر حرارت ناپایدار است، برای ایجاد واکنش نیاز به درجه حرارت پایین‌تری دارد، و در میان ماهیان مختلف برای برخی از گونه‌های ماهیان اختصاصی‌تر است (سلطانی، ۱۳۸۷). فعالیت کمپلمان ماهی چندین برابر بالاتر از پستانداران است که نشان‌دهنده اهمیت بیشتر پاسخ ایمنی ذاتی در ماهی نسبت به پستانداران است (Anderson, 1992). در مطالعه حاضر، فعالیت کمپلمان در بچه‌ماهیان سفید دریای خزر پرورش یافته در تیمارهای دمایی پایین (۱۷، ۲۰، ۲۳ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد) نسبت به تیمارهای دمایی بالاتر (۲۹ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد) بیشتر و تفاوت بین تیمارها معنی‌دار بود. به طور مشابه، در کپورماهیان فعالیت کمپلمان در درجات حرارت پایین‌تر، بالاتر بود (Yano *et al*., 1984). Suja و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که فعالیت کمپلمان در گربه‌ماهی روگاهی پرورش یافته در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از ماهیان نگهداری شده در دمای ۲۷ یا ۳۲ درجه سانتی‌گراد بود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

به دلیل اینکه ماهی سفید از خانواده کپورماهیان است لذا در بسیاری از تحقیقات گذشته شرایط پرورشی مناسب برای ماهی سفید تا حدودی مطابق با شرایط پرورشی ماهی کپور و سایر گونه‌های خانواده کپور ماهیان مد نظر قرار می‌گرفت. از سوی دیگر، الگوی پرورشی رایج سایر ماهیان بومی دریای خزر همانند ماهیان خاویاری و ماهی آزاد دریای خزر نشان دهنده پرورش در محیطی با دامنه دمایی پایین تر از ۲۵-۲۳ درجه سانتیگراد و کیفیت آب با کدورت کم و سطح اکسیژن تقریبا بالا است. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان می‌دهند که ماهی سفید دریای خزر در شرایط دمایی ۲۶-۱۷ درجه سانتی‌گراد دارای ایمنی، بقاء و رشد بهتری نسبت به دامنه دمایی ۳۲-۲۶ درجه سانتی‌گراد است که از این یافته‌ها می‌توان در طرح‌های معرفی این گونه جهت آبزی‌پروری بهره‌برداری کرد.

سپاسگزاری

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

منابع

۱. بلک، ک.، پیکرینگ، آ.، ۱۳۹۴. زیست‌شناسی ماهیان پرورشی، مترجمین: خالصی، م.ک.، کوهستان اسکندری، س.. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۵۵۵ ص.

۲. بینایی، م.، پورغلام، ر.، برادران نویری، ش.، قیاسی، م.، بهمنی، م.، قانعی تهرانی، م.، ۱۳۹۵. ارزیابی کیفیت اسپرم ماهیان سفید (*Rutilus frisii Kutum*) و آزاد (*Salmon trutta caspius*) دریای خزرقبل

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

و بعد از انجماد. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۱۰ (۳)، ۶۷-۵۷.

۳. عبدالملکی، ش.، غنی نژاد، د.، ۱۳۸۶. ارزیابی ذخایر ماهی سفید در سواحل ایرانی دریای خزر در سال بهره‌برداری ۱۳۸۳– ۱۳۸۲. مجله علمی شیلات ایران، ۱۶ (۱)، ۱۱۴-۱۰۳

۴. عنایت غلامپور، ت.، ایمانپور، م.ر.، شعبانپور ،ب.، ۱۳۸۸. اثرات درجه حرارت بر رشد، بازماندگی، میزان غذاگیری، ترکیب لاشه و پارامترهای خون شناختی بچه ماهیان سفید (*Rutilus frisii kutum* kamenskii 1901). علوم و فنون دریایی، ۳-۴، ۶۶-۵۸.

۵. غفوری کیاسری، ک.، خالصی، م.ک.، کوهستان اسکندری، س.، عابدی، س.ز.، ۱۴۰۱. اثر تراکم کشت بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب، فراسنجه‌های رشد، بازماندگی وترکیبات لاشه بچه-ماهی سفید خزری (*Rutilus frisii*). نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۱۶ (۲)، ۱۱۷-۱۰۳.

۶. سلطانی، م.، ۱۳۸۷. ایمنی شناسی ماهیان و سخت-پوستان. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۶۴ صفحه.

۷. محمدی مکوندی، ز، کوچنین، پ.، پاشا زانوسی، ح.، ۱۳۹۱. تاثیر شوری بر رشد و بازماندگی ماهی فیتوفاگ انگشت قد (Hypophthalmichthys molitrix). فصلنامه علمی-پژوهشی آبزیان و شیلات، ۱۱ (۳) ، ۲۶-۱۹.

8. Ahmadian, E., Malekzadeh Viayeh, R., Zahmatkesh, A., 2015. Caspian whitefish, *Rutilus frisii Kutum* Kamensky, 1901, a potential aquaculture candidate: A study on the cumulative effects of salinity and temperature on culture performance. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 14(3), 623-633.

9. Ali, M.Z., Jauncey, K., 2004. Optimal dietary carbohydrate to lipid ratio in African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Aquaculture International, 12, 169–180.
10. Anderson, D.P., 1992. Immunostimulants, adjuvants, and vaccine carriers in fish: applications to aquaculture. Annual Review of Fish Diseases, 2, 281–307.
11. APHA, 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Waste water, 18th ed., American Public Health Association, Washington DC. pp 1268.
12. Blaxhall, P.C., Daisley, K.W., 1973. Routine haematological methods for use with fish blood. Journal of Fish Biology, 5, 771-781.
13. Bly, J.E., Clem, L.W., 1992. Temperature and teleost immune functions. Fish and Shellfish Immunology, 2(3), 159-171.
14. Campbell, T.W., Ellia, C.K., 2007. Avian & exotic animal hematology and cytology. Third edition. Blackwell Publishing. Iowa.
15. Cui, Y., Xie, S., 2000. Modeling growth in fish. In: Feeding systems and feed evaluation models. In: Theodorou MK, France J (Eds.). CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK. pp. 413–434.
16. Dabrowski, K., 2001. Ascorbic Acid in Aquatic Organisms-Status and Perspectives. CRC Press, Boca Raton.
17. Daryanabard, G.R., 2015. Stock assessment of Kutum (*Rutilus frisii kutum*) in the Iranian waters of Caspian Sea. National Fisheries Science Research Institute, final report. Halver J.E., Hardy R.W. 2002. Fish nutrition. Academic Press.
18. Ellis, A.E., 1982. Differences between the immune mechanism of fish and higher vertebrates. In: Roberts RJ (Ed.). Microbial diseases of fish. Academic Press, New York. pp. 1-29.
19. Ellis, A.E., 1999. Lysozyme assays. In: Stolen JS, Fletcher TC, Anderson DP, Roberson BS, van Muiswinkel WR (Eds.). Techniques in Fish Immunology Fair Haven, NJ, USA. pp. 101-103.
20. Gadomski, D.M., Caddell, S.M., 1991. Effects of Temperature on Early-life-history Stages of California Halibut *Paralichthys*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

associated with low environmental pH in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. The Journal of Experimental Biology, 99, 397-415.

30. Paavola, M., Olenin, S., Leppäkoski, E. 2005. Are invasive species most successful in habitats of low native species richness across European brackish water seas? Estuarine, Coastal, and Shelf Science, 64, 738–750.
31. Robinson, E.H., Li, M.H., 2001. A practical guide to nutrition, feeds, and feeding of catfish. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station Technical Bulletin 1113.
32. Rozati, S.A., Haghi, N., Avarjeh, S., 2014. Hematological Changes By Temperature and Salinity Stresses in Common Carp (*Cyprinus carpio*). Aquatic Physiology and Biotechnology, 1(2), 95-113. (In Persian).
33. Ruffer, K., Tamaru, C.S., Fitzgerald, W.J., 2007. Hatchery manual for the artificial propagation of ornamental fish. Guam Aquaculture Development and Training Center, India.
34. Salati, A., Baghbanzade, A., Soltani, M., Peyghan, R., Riyazi, G., 2010. The response of plasma glucose, lactate, protein, and hematological parameters to osmotic challenge in common carp (*Cyprinus carpio*). International Journal of Veterinary research, 4(1), 49-52 (In Persian).
35. Santhosh, B., Singh, N.P., 2007. Guidelines for water quality management for fish culture in Tripura. ICAR Research Complex for NEH Region. Tripura Center, Publication no. 29.
36. Suja, B., Philips, H., Lochmann, R., Chen, R., 2009. Effects of Temperature on Growth, Feed Utilization, and Immune Status of Channel Catfish in a Recirculating System. North American Journal of Aquaculture, 71, 64–72.
37. Tavakoli, H., Akhlaghi, M., 2009. Study of lysozyme, immunoglobulin, blood cell and hematocrit changes following experimental infection with pathogenic *Aeromonas hydrophila* in rainbow trout. Journal of Veterinary Research, 64(2), 157-162 (In Persian).

californicus. Fishery Bulletin, 89(4), 567-576.

21. Garcia-Esquivel, Z., Montes-Magallon, S., Gonzalez-Gomez, M.A., 2007. Effects of temperature and photoperiod on the growth, feed consumption, and biochemical content of juvenile green abalone, *Haliotis fulgen*, fed on a balanced diet. Aquaculture, 262, 129-141.
22. Handeland, S.O., Imsland, A.K., Stefansson, S.O., 2008. The effects of temperature and fish size on growth, feed intake, food conversion efficiency and stomach evacuation rate of Atlantic salmon post-smolts. Aquaculture, 283, 36–42.
23. Houston, A.H., Rupert, R., 1976. Immediate response of hemoglobin system of Gold fish (*Cyprinus auratus*) to tempera change. Canadian Journal of Zoology, 54, 1737-1741.
24. Imsland, A.K., Gunnarsson, S., Asgeirsson, A., Roth, B., Schram, E., Foss, A., 2008. Commercial-scale validation of temperature-step rearing on growth physiology in turbot (*Scophthalmus maximus*). Journal of the World Aquaculture Society, 39(5), 684–691.
25. Jobling, M., 2003. The thermal growth coefficient (TGC) model of fish growth: a cautionary note. Aquaculture Research, 34, 581-584.
26. Kaattari, S.L., Piganelli, J.D., 1996. The specific immune system: humoral defense. In: Iwama G, Nakanishi T (Eds.). The Fish Immune System: Organism, Pathogen and Environment. Academic Press, San Diego, USA, pp. 207–254.
27. Kumari, J., Sahoo, P.K., Swain, T., Sahoo, S.K., Sahu, A.K., Mohanty, B.R., 2006. Seasonal variation in the innate immune parameters of the Asian catfish Clarias batrachus. Aquaculture, 252(2), 121-127.
28. Marshall, W.S., 2002. Na+, Cl−, Ca2+, and Zn2+ transport by fish gills: retrospective review and prospective synthesis. Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution, 293(3), 264-283.
29. Milligan, C.L., Wood, C.M., 1982. Disturbances in hematology, fluid volume distribution and circulatory function

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]

of salinity and temperature. Fish Physiology and Biochemistry, 36, 963-968.

38. Tort, L., Rotllant, J., Liarte, C., Acerete, L., Hernandez, A., Ceulemans, S., Coutteau, P., Padros, F., 2004. Effects of temperature decrease on feeding rates, immune indicators, and histopathological changes of gilthead seabream *Sparus aurata* fed an experimental diet. Aquaculture, 229, 55–65.
39. Tort, L., Sunyer, J.O., Gómez, E., Molinero, A., 1996. Crowding stress induces changes in serum haemolytic and agglutinating activity in the gilthead seabream *Sparus aurata*. Veterinary Immunology and Immunopathology, 51, 179-188.
40. Waley, K., North, J., 1997. Hemolytic assays for whole complement activity and individual components. In: Dodds A.W., Sim R.B. (Eds.), Complement: A Practical Approach, University Press, Oxford, Great Britain, 1: pp. 19- 47.
41. Wedemeyer, G.A., 2001. Physiology of fish in intensive culture systems. Springer US. 226p.
42. Wiegertjes, G.F., Stet, R.J., Parmentier, H.K., van Muiswinkel, W.B. 1996. Immunogenetics of disease resistance in fish; a comparable approach, Developmental and Comparative Immunology, 20, 365-381.
43. Yano, T., Ando, H., Nakao, M., 1984. Optimum conditions for the assay of hemolytic titer of carp and seasonal variation of titers. Journal of Faculty of Agriculture, Kyushu University, 29, 91–101.
44. Yousefian, M., Mosavi, H., 2008. Spawning of South Caspian Kutum (*Rutilus frisii kutum*) in most migratory river of South Caspian Sea. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 3, 437-442.
45. Yousefian, M., Sheikholeslami Amiri, M., Kor, D. 2011. Serum biochemical parameter of male, immature, and female Persian sturgeon (*Acipencer persisus*). Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(5), 476-481.
46. Ziegeweid, J.R., Black, M.C., 2010. Hematocrit and plasma osmolality values of young-of-year short-nose sturgeon following acute exposures to combinations

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.1.6.5]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.1.69]