"مقاله پژوهشی"

الگوی بهینه پرورش ماهی آنجل (*Pterophyllum scalare*) برپایه دما، اسیدیته و سختی کربناتی

سهند جودکی[۱]، نرگس مورکی *[۱]، شهرام دادگر[۲]

۱. گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۱۷

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر سه پارامتر دما، اسیدیته و سختی کربنات بر شاخص‌های رشد ماهی آنجل(*Pterophyllum scalare*)، طراحی گردید. به این منظور، در هر آکواریوم با طراحی آزمایشات با نرم‌افزار Design Expert 7.0، ترکیبی از سه عامل دما، pH و dKH و در مجموع ۱۴ ترکیب (تیمار) و برای هر تیمار ۳ تکرار تنظیم گردید و در هر آکواریوم، ۳ قطعه ماهی به صورت تصادفی قرار داده شد. در طی دو بازه زمانی ۱ تا ۲۵ روز و ۲۵ تا ۴۰ روز، اندازه‌گیری وزن و طول بدن ماهیان انجام شده و شاخص‌های رشد، شامل افزایش وزن و طول بدن و ضریب تبدیل غذایی محاسبه شد. بررسی الگوی رشد نشان داد که مدل ریاضی بهینه برای تغییرات شاخص‌های رشد، معادله درجه دوم است. سختی و pH، و نیز اثر متقابل سختی و pH، در تغییر وزن اثر بیشتری داشت. سختی بهینه برای افزایش وزن آنجل، برابر با ۷، دما برابر ^{c}۲۶/۳۳ و pH برابر ۷/۵ می‌باشد. در مورد FCR، سختی و اثرات متقابل سختی × pH و سختی × دما، بیشترین تاثیر را داشتند. دمای بهینه برای داشتن کمترین FCR در اولین بازه رشد، ^{c}۲۶ ، سختی ۸/۷ و pH ۷ و در دومین بازه، دمای بهینه ۲۷/۶، pH برابر ۷/۵ و سختی ۷، معرفی گردید. همچنین، هیچ‌کدام از معادلات خطی، درجه دو و مکعب، نشان‌دهنده رشد طولی ماهی آنجل نبودند.

کلمات کلیدی: ماهی آنجل (*Pterophyllum scalare*)، دما، اسیدیته، سختی کربنات، شاخص‌های رشد

* عهده‌دار مکاتبات (✉). nargess_mooraki@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]

[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]

مقدمه

امروزه آکواریوم و ماهیان زینتی به خوبی توانسته‌اند در این دنیای صنعتی، جای خود را در خانه‌های مردم باز کنند؛ به طوری‌که این شاخه از علم شلات به یک صنعت بزرگ و تجارتی سودآور تبدیل شده‌است (Ghosh *et al*., 2008). از آنجایی‌که اهمیت اقتصادی ماهیان آکواریومی کمتر از ماهیان خوراکی نیست و با توجه به استقبال و مقبولیت بالای جامعه در نگه‌داری این ماهیان، امروزه تلاش‌های روزافزونی در راستای نزدیک کردن مقادیر پارامترهای محیطی رشد، نظیر میزان اسیدیته و سختی آب، به مقادیر بهینه و بهینه‌سازی شرایط پرورش این ماهیان صورت گرفته‌است (شیخیان، الف۱۳۸۵). ماهیان آب شیرین در نواحی گرمسیری، دارای زیستگاه‌های مختلفی هستند؛ از جویبارهای کوهستانی با جریان‌های تند تا رودخانه‌های جنگلی با جریانات آرام. به دلیل عوامل محیطی، ترکیبات آب هر زیستگاه، شرایط خاص خود را دارد. وقتی ماهی را از محیط طبیعی آن به محیط آکواریوم منتقل می‌کنیم، باید شرایط محیط آب آکواریوم را به شرایط محیط طبیعی نزدیک کرد. پس داشتن اطلاعاتی در زمینه شیمی آب به‌ویژه pH و سختی آب امری الزامی به شمار می‌رود (مرادی و لهراسبی، ۱۳۸۸). با این وجود، متاسفانه نظارت دقیقی بر میزان این پارامترها و تلاش برای بهینه‌سازی آن‌ها، در کارگاه‌های پرورشی صورت نمی‌گیرد که یکی از دلایل آن، بحث هزینه و در دسترس نبودن منابع آب و انرژی کافی و در نتیجه، داشتن ملاحظات اقتصادی می‌باشد. با توجه به اینکه سالیانه هزینه زیادی صرف پرورش و نگه‌داری ماهیان زینتی می‌شود، لازم است که پارامترهای محیطی رشد، اندازه‌گیری شده و ترکیب مؤثر و بهینه با لحاظ فاکتور اقتصادی تعیین گردد تا بتوان در هزینه‌های در گردش کارگاه‌های پرورشی نظیر هزینه‌های خوراک و انرژی، صرفه‌جویی کرد (شیخیان، ب۱۳۸۵).

از جمله زیباترین ماهیان آب شیرین، خانواده دهان-گردان (Cichlidae)، به‌خصوص دهان‌گردان ساکن دریاچه مالاوی واقع در شرق آفریقا هستند که به‌واسطه زیبایی، تکثیر و پرورش آسان، مقاومت بالا و توان سازگاری با شرایط آکواریوم، بسیار پرطرفدار بوده و از این رو دارای ارزش اقتصادی بالایی می‌باشند (مرادی و لهراسبی، ۱۳۸۸). از جمله زیباترین گونه‌های آب شیرین، ماهی آنجل با نام علمی *Pterophyllum scalare*، بومی حوضه رودخانه آمازون در ونزوئلا، کلمبیا، پرو و برزیل در آمریکای جنوبی می‌باشد (Ghosh *et al*., 2008) که به‌واسطه ظرافت، تکثیر و پرورش آسان و سازگاری بالا به نگه‌داری توام با بسیاری از گونه‌ها، بسیار پرطرفدار بوده و از این رو دارای ارزش اقتصادی بالایی می‌باشد. پیش از این، تعدادی از محققان، در رابطه با میزان بهینه این پارامترهای محیطی برای ماهی ماکرو، مقادیری ارائه داده‌اند؛ جودکی و همکاران (۱۳۹۸) شرایط بهینه پرورش گونه *Astronotus ocellatus* (اسکار) را تعیین نمودند و مشخص شد که میزان سختی آب بیشترین تاثیر را بر تغییرات وزنی ماهی خواهد داشت. گلچین منشادی و همکاران (۱۳۹۸) بیشترین درصد افزایش وزن، درصد رشد روزانه و نرخ رشد ویژه را در تیمار دمایی ۳۰-۲۸ درجه سانتیگراد، در ماهی سیکلاید گورخری(*Cichlasoma nigrofasciatum*) مشاهده کردند. ارجینی (۱۳۸۸) بیان نمود که آب‌های حاوی ۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم و با pH معادل ۶/۵ تا ۹ می‌توانند به عنوان آب مطلوب پرورش،

مـــورد اســـتفاده قـــرار بگیرنـــد. Konings (۲۰۱۶) پارامترهـای کیفـی آب را بـرای نگـه‌داری مـاکرو در اســـارت، دمـــای ^{c}۲۸-۲۲، ســـختی ppm ۳۰۰- ۲۰۰(۸/۱۶-۱۱/۲ dKH)و pH ۸/۶-۸/۵ معرفـی کـرده-است. Kucuk و همکاران (۲۰۱۹)، در نشریه Turkish journal of agriculture-food science and technology، بهینـــه دمـــا را، ^{c}۲۶/۱-۲۳/۹ و pH را، ۸/۹-۷/۸ عنـوان کردنـد. Rainer Froese و Daniel Pauly (۲۰۱۸)، دامنـه دمـایی بهینـه را ^{c}۲۶-۲۳ معرفـی کردند. دادگر و همکاران (۱۳۹۳) دمـای زیسـتی مـورد علاقـــه بـــرای ســـیچلاید ایرانـــی(*Iranocichla hormuzensis*) را ۲۹-۳۱ درجه سانتیگراد و با کمترین نوسان، بیان کردند.

از این رو، هدف این تحقیق، ثبت داده‌های مربوط به قد و وزن ماهی آنجل در دو بازه زمانی ۱ تا ۲۵ روز و ۲۵ تا ۴۰ روز، در ترکیب‌های محیطی مختلف با توجه به سه فاکتور دما، درجه سختی کربنات و اسیدیته آب، و محاسبه شاخص‌های رشد و سپس مقایسه این شاخص‌ها با یک‌دیگر در ترکیب‌های مختلف محیطی است تا بهترین ترکیب از این سه فاکتور، برای محیط-های پرورشی ماهی آنجل، به‌دست بیاید.

مواد و روش‌ها

در ۱۴ آکواریوم ۲۸ لیتری، ترکیبی از سه عامل دما، pH و dKH با استفاده از طراحی آزمایشات با نرم-افزارDesign Expert 7.0 با روش سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی به روش معادله درجه دو صورت گرفت و در مجموع ۱۴ ترکیب (۱۴ تیمار) و برای هر تیمار ۳ تکرار تنظیم گردید؛ به این منظور، در هر آکواریوم، ۳ قطعه بچه ماهی آنجل به صورت تصادفی قرار داده شد. تیمارها به شرح جدول ۱ می‌باشد:

جدول ۱: تیمارهای انتخابی مطابق طرح CCD برای نگه‌داری ماهیان

تیمار	دما(°c)	سختی(dKH)	pH (-log$_{10}$ [H$^+$])
۱	۲۳	۶	۶
۲	۲۶	۹	۷/۵
۳	۲۶	۷	۷/۵
۴	۲۶	۷	۶
۵	۲۲	۷	۷/۵
۶	۲۳	۹	۹
۷	۲۹	۹	۶
۸	۲۶	۷	۹
۹	۲۶	۷	۷/۵
۱۰	۲۶	۷	۷/۵
۱۱	۳۰	۷	۷/۵
۱۲	۲۶	۵	۷/۵
۱۳	۲۶	۷	۷/۵
۱۴	۲۹	۶	۹

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]

دمای مورد نیاز هر آکواریوم، توسط بخاری‌های اتوماتیک فراهم شد و برای افزایش و کاهش مقادیر dKH و pH، از محلول‌های تجاری آماده استفاده گردید. در ابتدای دوره و پس از پایان دو بازه زمانی ۱ تا ۲۵ روز و ۲۵ تا ۴۰ روز، بیومتری شامل اندازه‌گیری وزن و طول بدن، صورت گرفته و شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن(WG)، افزایش طول(LG) و ضریب تبدیل غذایی(FCR) محاسبه گردید. نتایج شاخص‌های رشد، با استفاده از نرم‌افزارDesign Expert 7.0، تحلیل و مدل ریاضی برازش شده برای نمایش الگوی تغییر هر شاخص، تعیین شده و آزمون عدم تطابق برای تایید مدل مربوطه، انجام گرفته و تحلیل آماری مدل و نیز تحلیل واریانس یک طرفه(ANOVA) آن صورت گرفت و معادله پاسخ هرکدام از شاخص‌های رشد در هر بازه زمانی، مشخص شد و در نهایت، نمودارهای مربوط به اثر هر متغیر به صورت مجزا و نمودارهای اثرات متقابل (Interaction effect) آن‌ها ارائه گردید. شاخص‌های رشد به شرح زیر محاسبه گردید.

افزایش وزن (Yanbo and Zirong, 2006)

$$WG\ (g) = W_f - W_i$$

W_i= وزن اولیه (g)

W_f= وزن نهایی (g)

افزایش طول (Yanbo and Zirong, 2006)

$$LG\ (cm) = L_f - L_i$$

L_i= طول اولیه (g)

L_f= طول نهایی (g)

ضریب تبدیل غذایی (Yanbo and Zirong, 2006)

$$FCR = F / WG$$

F= مقدار غذای مصرفی (g)

WG= افزایش وزن (g)

جدول ۲: سطوح اندازه‌گیری متغیرهای دما، pH و سختی

متغیر	نماد	حد بالا	حد پایین
دما (°C)	A	۲۳	۲۹
pH ($-\log_{10}[H^+]$)	C	۶	۹
سختی (dKH)	B	۵	۹

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]

نتایج

- **افزایش وزن (WG)**

پس از تحلیل داده‌ها و محاسبه سطح معنی‌داری افزایش وزن در گروه‌های آزمایش مشخص گردید که مدل ریاضی برازش شده و مناسب برای توصیف تغییرات افزایش وزن آنجل در بازه زمانی اول و دوم آزمایش، معادله درجه دوم است.

جدول ۳: تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) مدل درجه دوم افزایش وزن آنجل در بازه زمانی اول

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	۰/۰۶۹	۹	۰۰۳-۷/۶۸۷	۲۲/۱۸	۰/۰۰۴ significant
A-Temperature	۵/۰۰۰-۰۰۵	۱	۰۰۵-۵/۰۰۰	۰/۱۴	۰/۷۲۳
B-Hardness	۰/۰۱۴	۱	۰/۰۱۴	۴۱/۶۹	۰/۰۰۳
C-pH	۰۰۳-۳/۲۰۰	۱	۰۰۳-۳/۲۰۰	۹/۲۳	۰/۰۳۸۵
AB	۰۰۴-۴/۰۴۲	۱	۰۰۴-۴/۰۴۲	۱/۱۷	۰/۳۴۱
AC	۰۰۴-۶/۱۹۸	۱	۰۰۴-۶/۱۹۸	۱/۷۹	۰/۲۵۲
BC	۰۰۳-۳/۳۶۸	۱	۰۰۳-۳/۳۶۸	۹/۷۲	۰/۰۳۵
A2	۰۰۳-۶/۰۱۴	۱	۰۰۳-۶/۰۱۴	۱۷/۳۵	۰/۰۱۴
B2	۰/۰۱۱	۱	۰/۰۱۱	۳۱/۵۸	۰/۰۰۵
C2	۰/۰۱۹	۱	۰/۰۱۹	۵۵/۳۳	۰/۰۰۲
Residual	۰۰۳-۱/۳۸۶	۴	۰۰۴-۳/۴۶۶		
Lack of Fit	۰۰۴-۵/۱۱۴	۱	۰۰۴-۵/۱۱۴	۱/۷۵	۰/۲۷۷ not significant
Pure Error	۰۰۴-۸/۷۵۰	۳	۰۰۴-۲/۹۱۷		
Cor Total	۰/۰۷۱	۱۳			

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]

جدول ۴: تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) مدل درجه دوم افزایش وزن آنجل در بازه زمانی دوم

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	۰/۰۹۰	۹	۰/۰۱۰	۲۶/۱۶	۰/۰۰۳ significant
A-Temperature	۰۰۵-۵/۰۰۰	۱	۰۰۵-۵/۰۰۰	۰/۱۳	۰/۷۳۶
B-Hardness	۰/۰۲۰	۱	۰/۰۲۰	۵۲/۲۳	۰/۰۰۲
C-pH	۰۰۳-۳/۲۰۰	۱	۰۰۳-۳/۲۰۰	۸/۳۶	۰/۰۴۴
AB	۰۰۴-۹/۴۳۱	۱	۰۰۴-۹/۴۳۱	۲/۴۶	۰/۱۹۲
AC	۰۰۴-۸/۵۷۹	۱	۰۰۴-۸/۵۷۹	۲/۲۴	۰/۲۰۹
BC	۰۰۳-۱/۴۰۱	۱	۰۰۳-۱/۴۰۱	۳/۶۶	۰/۱۲۸
A2	۰/۰۱۲	۱	۰/۰۱۲	۳۱/۳۴	۰/۰۰۵
B2	۰/۰۱۴	۱	۰/۰۱۴	۳۵/۳۳	۰/۰۰۴
C2	۰/۰۲۵	۱	۰/۰۲۵	۶۴/۳۲	۰/۰۰۱
Residual	۰۰۳-۱/۵۳۲	۴	۰۰۴-۳/۸۳۰		
Lack of Fit	۰۰۴-۶/۵۶۸	۱	۰۰۴-۶/۵۶۸	۲/۲۵	۰/۲۳۰ not significant
Pure Error	۰۰۴-۸/۷۵۰	۳	۰۰۴-۲/۹۱۷		

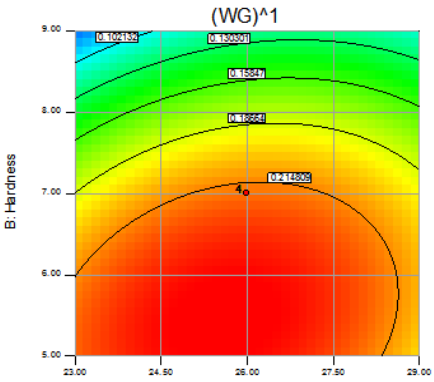
آزمون عدم تطابق برای این معادله، نشان داد که در بازه زمانی اول P=۰/۲۷۷۳ و طبق جدول ۳، مقدار F به‌دست آمده برای مدل، معادل ۲۲/۱۸ است. در بازه زمانی دوم نیز P=۰/۲۳۰۴ و با توجه به جدول ۴، مقدار F به‌دست آمده برای مدل، ۲۶/۱۶ است که نشان‌دهنده معنی‌دار بودن مدل در هردو بازه زمانی می‌باشد. مقادیر احتمال(prob>F) کمتر از ۰/۰۵ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اجزاء معادله است و طبق جدول ۳، فاکتورهای B، C، BC، A^2، B^2 و C^2 در بازه اول، و طبق جدول ۴، فاکتورهای B، C، A^2، B^2 و C^2 در بازه دوم، کمتر از ۰/۰۵ هستند که نشان‌دهنده معنی‌دار بودن این عناصر است. مقادیر F برای بررسی عدم تطابق مدل نیز در بازه اول، معادل ۱/۷۵ و در بازه دوم معادل ۲/۲۵ به‌دست آمد که نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن Lack of fit و معنی‌دار بودن مدل به‌دست آمده برای افزایش وزن در هردو بازه است. معادله پاسخ افزایش وزن در بازه زمانی اول، رابطه (۱) و در بازه زمانی دوم، رابطه (۲) می‌باشد:

$$WG = -2.97 + 0.18 \times T - 0.06 \times KH + 0.33 \times pH + 2.47\,(T\times KH) - 3.91\,(pH\times T) + 0.01\,(pH\times KH) - 3.18 \times T^2 - 9.66 \times KH^2 - 0.02 \times pH^2 \quad (۱)$$

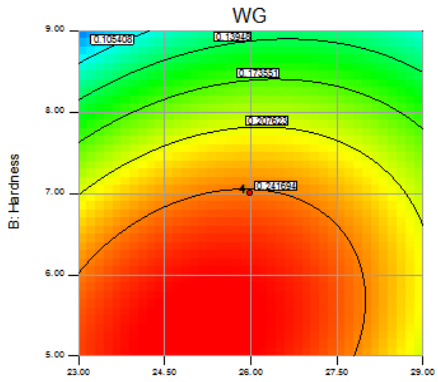
$$WG = -4.126 + 0.24 \times T - 0.04 \times KH + 0.42 \times pH + 3.62\,(T\times KH) - 4.60\,(pH\times T) + 8.82\,(pH\times KH) - 4.49 \times T^2 - 0.01 \times KH^2 - 0.02 \times pH^2 \quad (۲)$$

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]

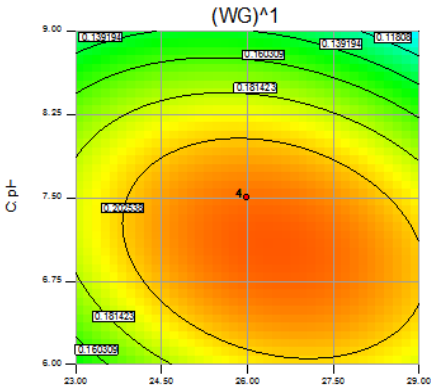
در معادله پاسخ، پارامترهای با ضریب مثبت، رابطه مستقیم و پارامترهای با ضریب منفی، رابطه عکس با افزایش وزن دارند. نمودارهای مربوط به اثر هر متغیر به‌صورت مجزا و نمودارهای اثرات متقابل (Interaction effect) آن‌ها، برای بررسی اثر سه متغیر بر افزایش وزن ماهی آنجل در بازه زمانی اول و دوم، ارائه شده‌است:



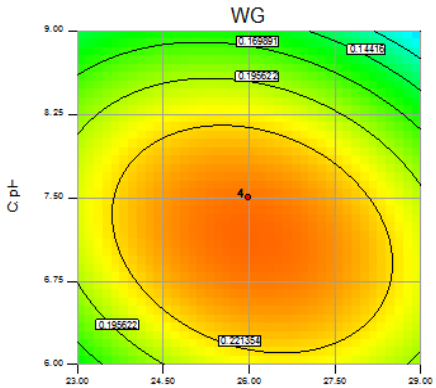
شکل ۱: نمودار دو بعدی متغیر دما و سختی برای تعیین نقطه بهینه pH در افزایش وزن ماهی آنجل در بازه زمانی اول



شکل ۲: نمودار دو بعدی متغیر دما و سختی برای تعیین نقطه بهینه pH در افزایش وزن ماهی آنجل در بازه زمانی دوم

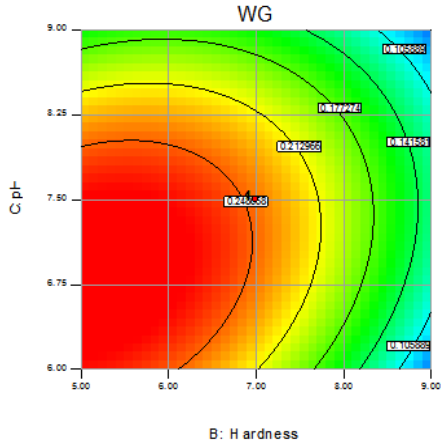


شکل ۳: نمودار دو بعدی متغیر دما و pH برای تعیین نقطه بهینه سختی در افزایش وزن ماهی آنجل در بازه زمانی اول

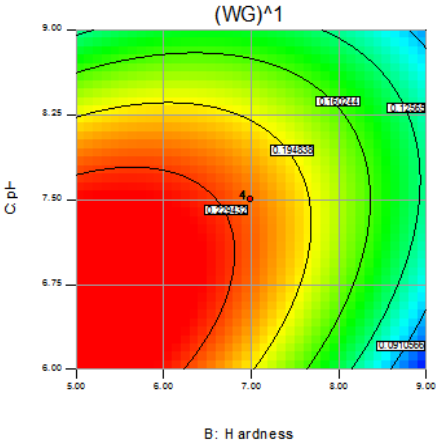


شکل ۴: نمودار دو بعدی متغیر دما و pH برای تعیین نقطه بهینه سختی در افزایش وزن ماهی آنجل در بازه زمانی دوم

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]



شکل ۵: نمودار دو بعدی متغیر سختی و pH برای تعیین نقطه بهینه دما در افزایش وزن ماهی آنجل در بازه زمانی اول



شکل ۶: نمودار دو بعدی متغیر سختی و pH برای تعیین نقطه بهینه دما در افزایش وزن ماهی آنجل در بازه زمانی دوم

- **ضریب تبدیل غذایی (FCR)**

پس از تحلیل داده‌ها و محاسبه سطح معنی‌داری ضریب تبدیل غذایی در گروه‌های آزمایش مشخص گردید که مدل ریاضی برازش شده و مناسب برای توصیف تغییرات ضریب تبدیل آنجل در بازه زمانی اول و دوم آزمایش، معادله درجه دوم است.

جدول ۵: تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) مدل درجه دوم FCR آنجل در بازه زمانی اول

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	۴/۶۹	۹	۰/۵۲	۱۴/۳۸	۰/۰۱۰۴ significant
A-Temperature	۰۰۴-۹/۲۴۵	۱	۰۰۴-۹/۲۴۵	۰/۰۲۵	۰/۸۸۱
B-Hardness	۰/۸۵	۱	۰/۸۵	۲۳/۴۱	۰/۰۰۸
C-pH	۰/۱۳	۱	۰/۱۳	۳/۶۰	۰/۱۳۰
AB	۰/۰۷۰	۱	۰/۰۷۰	۱/۹۴	۰/۲۳۶
AC	۰/۰۲۴	۱	۰/۰۲۴	۰/۶۶	۰/۴۶۲
BC	۰/۱۱	۱	۰/۱۱	۳/۰۵	۰/۱۵۶
A2	۰/۴۷	۱	۰/۴۷	۱۲/۹۴	۰/۰۲۳
B2	۰/۸۹	۱	۰/۸۹	۲۴/۶۳	۰/۰۰۸
C2	۱/۴۳	۱	۱/۴۳	۳۹/۵۰	۰/۰۰۳
Residual	۰/۱۵	۴	۰/۰۳۶		
Lack of Fit	۰/۰۵۳	۱	۰/۰۵۳	۱/۷۲	۰/۲۸۰ not significant
Pure Error	۰/۰۹۲	۳	۰/۰۳۱		

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]

جدول ۶: تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) مدل درجه دوم FCR آنجل در بازه زمانی دوم

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	۱۴۱/۸۲	۹	۱۵/۷۶	۲۸/۴۳	۰/۰۰۳ significant
A-Temperature	۰/۱۹	۱	۰/۱۹	۰/۳۵	۰/۵۸۸
B-Hardness	۳۷/۳۲	۱	۳۷/۳۲	۶۷/۳۳	۰/۰۰۱
C-pH	۰/۷۸	۱	۰/۷۸	۱/۴۱	۰/۳۰۱
AB	۵/۴۵	۱	۵/۴۵	۹/۸۳	۰/۰۳۵
AC	۰/۶۹	۱	۰/۶۹	۱/۲۴	۰/۳۲۷
BC	۰/۱۵	۱	۰/۱۵	۰/۲۸	۰/۶۲۵
A2	۴/۳۸	۱	۴/۳۸	۷/۹۱	۰/۰۴۸
B2	۴۵/۰۴	۱	۴۵/۰۴	۸۱/۲۵	۰/۰۰۱
C2	۱۸/۴۴	۱	۱۸/۴۴	۳۳/۲۶	۰/۰۰۴
Residual	۲/۲۲	۴	۰/۵۵		
Lack of Fit	۰/۹۳	۱	۰/۹۳	۲/۱۷	۰/۲۳۷ not significant
Pure Error	۱/۲۹	۳	۰/۴۳		

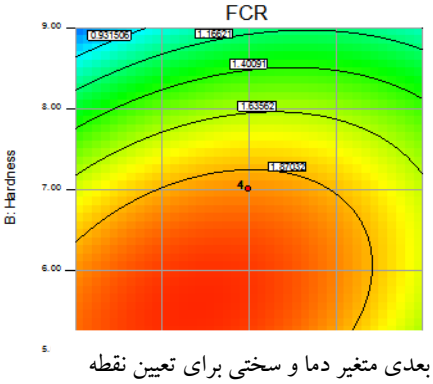
آزمون عدم تطابق برای این معادله، نشان داد که در بازه زمانی اول، P=۰/۲۸۰۷ و طبق جدول ۵، مقدار F به‌دست آمده برای مدل، معادل ۱۴/۳۸ است. در بازه زمانی دوم نیز P=۰/۲۳۷۱ و با توجه به جدول ۶، مقدار F به‌دست آمده برای مدل، ۲۸/۴۳ است که نشان‌دهنده معنی‌دار بودن مدل در هردو بازه زمانی می‌باشد. مقادیر احتمال(prob>F) کمتر از ۰/۰۵ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اجزاء معادله است و طبق جدول ۵، فاکتورهای B، A^2، B^2 و C^2 در بازه اول، و طبق جدول ۶، فاکتورهای B، AB، A^2، B^2 و C^2 در بازه دوم، کمتر از ۰/۰۵ هستند که نشان‌دهنده معنی‌دار بودن این عناصر است. مقادیر F برای بررسی عدم تطابق مدل نیز در بازه اول، معادل ۱/۷۲ و در بازه دوم معادل ۲/۱۷ به‌دست آمد که نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن Lack of fit و معنی‌دار بودن مدل به‌دست آمده برای FCR در هردو بازه است. معادله پاسخ FCR در بازه زمانی اول، رابطه (۳) و در بازه زمانی دوم، رابطه (۴) می‌باشد:

$$FCR = -24.68 + 1.42 \times T - 0.41 \times KH + 2.90 \times pH + 0.03\,(T\times KH) - 0.02\,(pH\times T) + 0.07\,(pH\times KH) - 0.028 \times T^2 - 0.08 \times KH^2 - 0.19 \times pH^2 \quad (۳)$$

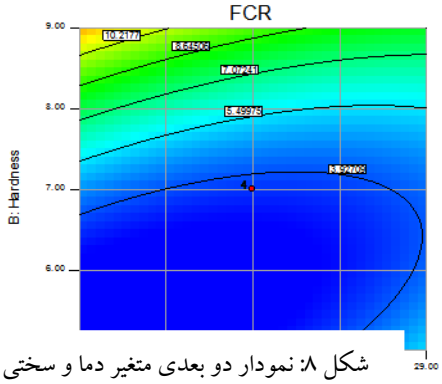
$$FCR = 100.93 - 3.59 \times T - 0.69 \times KH - 14.31 \times pH - 0.27\,(T\times KH) + 0.13\,(pH\times T) + 0.092\,(pH\times KH) + 0.08 \times T^2 + 0.62 \times KH^2 + 0.70 \times pH^2 \quad (۴)$$

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]

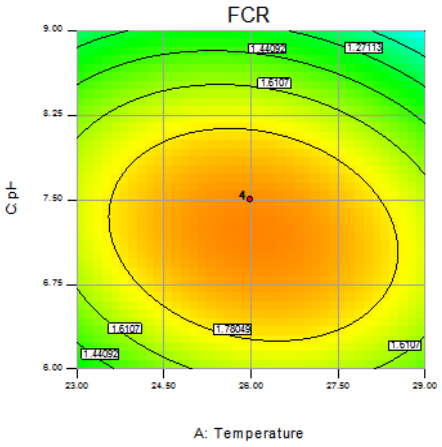
پارامترهای با ضریب مثبت، رابطه مستقیم و پارامترهای با ضریب منفی، رابطه عکس با افزایش وزن دارند. نمودارهای مربوط به اثر هر متغیر به‌صورت مجزا و نمودارهای اثرات متقابل آن‌ها، برای بررسی اثر سه متغیر بر FCR آنجل در بازه زمانی اول و دوم، ارائه شده‌است:



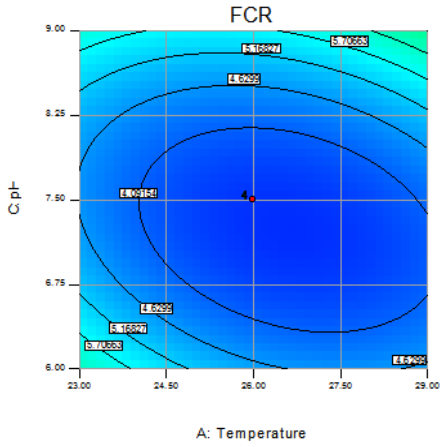
شکل ۷: نمودار دو بعدی متغیر دما و سختی برای تعیین نقطه بهینه pH در FCR ماهی آنجل در بازه زمانی اول



شکل ۸: نمودار دو بعدی متغیر دما و سختی برای تعیین نقطه بهینه pH در FCR ماهی آنجل در بازه زمانی دوم

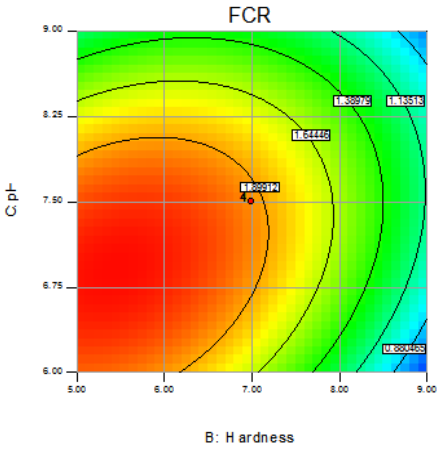


شکل ۹: نمودار دو بعدی متغیر دما و pH برای تعیین نقطه بهینه سختی در FCR ماهی آنجل در بازه زمانی اول

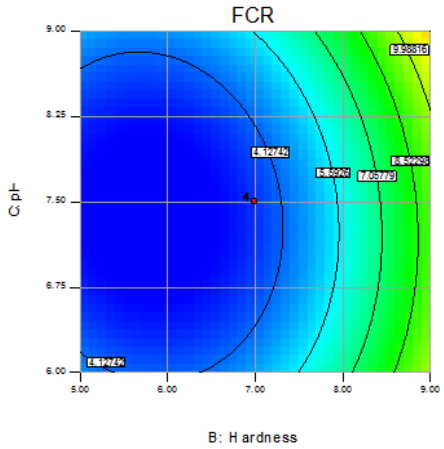


شکل ۱۰: نمودار دو بعدی متغیر دما و pH برای تعیین نقطه بهینه سختی در FCR ماهی آنجل در بازه زمانی دوم

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]



شکل ۱۱: نمودار دو بعدی متغیر سختی و pH برای تعیین نقطه بهینه دما در FCR ماهی آنجل در بازه زمانی اول



شکل ۱۲: نمودار دو بعدی متغیر سختی و pH برای تعیین نقطه بهینه دما در FCR ماهی آنجل در بازه زمانی دوم

- **افزایش طول(LG)**

مدل ریاضی برازش شده برای افزایش طول در بازه زمانی اول و دوم، معادله درجه دوم است. آزمون عدم تطابق برای این معادله نشان داد که در بازه اول، P=۰/۰۰۲۶ و در بازه دوم، P=۰/۰۰۶۹ است که نشان-دهنده مناسب نبودن مدل انتخاب شده می‌باشد. از این رو، الگوی رشد ماهی بر اساس افزایش طول، توجیه ندارد. همچنین لازم به ذکر است که درصد بقا ماهیان در بازه زمانی مورد مطالعه، ۱۰۰ درصد بوده‌است.

بحث

بررسی الگوی رشد ماهی آنجل طی دو بازه زمانی ۱ تا ۲۵ روز و ۲۵ تا ۴۰ روز، نشان داد که معادله درجه دوم، بهترین حالت نمایش تغییرات وزن می‌باشد. سختی و pH، در تغییرات وزن نسبت به دما اثر بیشتری دارند و اثر متقابل سختی و pH نیز به‌طور معنی‌داری بر معادله درجه دوم تغییرات وزن، اثرگذارند. با توجه به معادله به‌دست آمده، افزایش وزن با دما و pH رابطه مستقیم و با سختی، رابطه معکوس دارند. طبق مطالعات متین‌فر و همکاران(۱۳۸۷) نیز با افزایش دما، وزن ماهی افزایش داشته‌است. Svelue (۲۰۰۳)، افزایش دما را یک فاکتور مؤثر بر افزایش وزن می‌داند که با تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین، اثر متقابل دما × سختی و نیز سختی × pH تاثیر مستقیم اما اثر متقابل دما × pH، رابطه عکس با افزایش وزن دارند. در نهایت، نقطه بهینه عبارت از: سختی برابر با ۷، pH برابر ۷/۵ و دمای ۲۶/۳۳ $^{\circ}c$ ، برای افزایش وزن می‌باشد. در بررسی الگوی رشد بر اساس طول، هیچ‌کدام از معادلات خطی، درجه دو و مکعب با توجه به آزمون عدم تطابق، مؤید نحوه رشد این گونه نبودند. همچنین با بررسی ضریب تبدیل غذایی، مشخص شد که الگوی تغییرات، معادله درجه دوم است. اثر سختی بیش از دو متغیر دیگر بوده و اثر

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]

متقابل سختی × pH و سختی × دما، بیشترین تاثیر را داشته‌اند. نقطه بهینه برای داشتن کمترین FCR در اولین بازه رشد، دمای ^{c}۲۶°، سختی ۸/۷ و pH برابر ۷، و در دومین بازه، دمای ^{c}۲۷/۶°، pH برابر ۷/۵ و سختی ۷، معرفی گردید. طبق مطالعات متین‌فر و همکاران(۱۳۸۷)، دمای بالاتر از ^{c}۲۷° بر رشد و بازماندگی نوزادان آنجل تاثیر مثبت داشته و در دمای ^{c}۳۱° بهترین نتیجه حاصل شد که با نتایج تحقیق حاضر، مغایر است. همچنین مجله اینترنتی Tippit در سال ۲۰۰۳، بهینه pH را ۷/۵-۶ و بهینه دما را ^{c}۲۹°-۲۳ معرفی کرده که با نتایج این تحقیق، هماهنگی دارد. Sorgeloos و همکاران (۱۹۹۱)، دمای مناسب برای رشد نوزادان آنجل را ^{c}۳۲°-۳۰ تشخیص دادند که با نتایج تحقیق حاضر، مغایرت دارد. نیز Wisemon و همکاران (۲۰۰۴)، تحقیقی پیرامون نرخ بازماندگی و رشد نوزادان آنجل انجام دادند که دمای ^{c}۳۱° را برای پرورش و بقاء مناسب دانست که با نتایج این تحقیق هماهنگی ندارد. مرادی و لهراسبی (۱۳۸۸) در کتاب اطلس ماهیان آب شیرین، عنوان کردند: "برای نگه-داری آنجل به آکواریومی با شدت جریان بسیار کم، دارای pH کمی اسیدی بین ۶/۵ الی ۷ و آب گرم با دمایی در حدود ۲۷ الی ۲۹ درجه نیاز است" که با نتایج این تحقیق مبنی بر دمای بهینه برای کاهش FCR در بازه زمانی دوم (^{c}۲۷/۶°) و pH بهینه برای کاهش FCR در بازه زمانی اول (۷) هماهنگی دارد. از طرفی، سایت theaquariumwiki.com، برای آنجل، میزان pH را ۷/۲-۶/۵، سختی آب را ۹-۶ درجه و دما را ^{c}۲۵/۶°-۲۳/۹ بیان داشته که به لحاظ سختی با تحقیق حاضر مطابقت داشته و به لحاظ دمای بهینه، مطابقت ندارد. نیز با مقادیر pH بهینه برای FCR در بازه زمانی اول مطابق است. همچنین Tippit (۲۰۰۳)، اسیدیته مناسب را برای این ماهی ۸-۶ و دمای بهینه را ۸۵-۸۰ درجه فارنهایت(^{c}۲۹/۴°-۲۶/۶) عنوان کرده‌است که با دمای بهینه برای FCR در بازه زمانی دوم، و نیز با pH مطابقت دارد. Froese و Pauly (۲۰۱۳)، pH بهینه را ۷-۶، دامنه دمایی را ^{c}۳۰°-۲۶ و دامنه سختی را ۱۰-۳ درجه عنوان کردند که با میزان دما و سختی به‌دست آمده در این تحقیق و با pH بهینه برای FCR در بازه زمانی اول، مطابق است. نیز انجمن Greater Chicago Cichlid(GCCA)، pH بهینه را ۷/۲-۶/۵ و دمای بهینه را ۸۰-۷۶ درجه فارنهایت (^{c}۲۶/۶°-۲۴/۴) معرفی کرده‌است که با pH بهینه برای FCR در بازه زمانی اول مطابق بوده ولی با دمای بهینه برای FCR در بازه زمانی دوم، مطابق نیست. Owen (۲۰۱۳) بهینه اسیدیته را ۷/۵-۶ و بهینه دما را ۸۴/۲-۷۳/۴ درجه فارنهایت (^{c}۲۹°-۲۳) در نظر گرفته‌است. در همین راستا، و همچنین Kullander در سال ۲۰۰۳، شرایط ترجیحی آب را برای آنجل، دمای ^{c}۳۰°-۲۴ و pH ۸-۶ معرفی کرده‌اند که تأییدکننده نتایج این تحقیق است.

Bishnoi (۲۰۱۳) اشاره کرده که آنجل بهترین رشد را در دامنه pH ۶/۹-۵ تجربه کرده‌است. در همین رابطه، دپارتمان شیلات ایالت هیماچال پرادش هند، میزان اسیدیته مناسب را برای آنجل برابر ۶/۹-۶/۵ معرفی نموده‌است که مطابق نتایج این مقاله نیست. سوداگر(۱۳۹۰) اذعان داشت که برای تفریخ مناسب و بقاء لاروی بالا در آنجل، سختی متوسط ۱۰۰-۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر $CaCO_3$ پیشنهاد می‌شود که برابر با ۵/۶-۱۱/۲ dKH می‌باشد و بنابراین با نتایج تحقیق حاضر، منطبق است. Perez و همکاران (۲۰۰۳)، توصیه کرده‌اند که در پرورش آنجل، ماکزیمم دمایی نباید از

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]

^{c}۳۰ تجاوز کند که مؤید دمای به‌دست آمده در این تحقیق می‌باشد. همچنین مطالعات Ruffer (۲۰۰۷)، مشخص نمود که دمای لازم برای پرورش و رشد نوزادان آنجل، ^{c}۲۷ است که به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نزدیک می‌باشد؛ این نتیجه با مطالعات Anchor(۲۰۰۵) که دمای مناسب را ^{c}۳۱ به‌دست آورد، مغایرت دارد. Rajender (۲۰۱۳)، آب نرم و اندکی اسیدی با pH ۶/۹-۶/۸ و دمای ^{c}۲۸-۲۵ را برای ماهی آنجل، مناسب عنوان کرده‌است. در همین راستا، Baensch و Riehl (۱۹۸۷)، دمای بهینه را ^{c}۳۰-۲۶ و pH مناسب را کمتر از ۷ در نظر گرفته‌اند که به لحاظ pH با مقادیر به‌دست آمده در این تحقیق، متفاوت بوده و به لحاظ دمایی، مطابقت دارد.

در این تحقیق سعی شد تا با توجه به اهمیت ویژه‌ای که هریک از فاکتورهای پرورشی بر سلامت و رشد آبزیان، افزایش بازده تولید و صرفه‌جویی در انرژی و هزینه‌ها ایفا می‌کند، با تعیین مقادیر بهینه پارامترهای محیطی، موفقیت در مدیریت سیستم‌های تکثیر و پرورش و پیش‌برد اهداف صنعت آبزی‌پروری کشور را تضمین کرد.

سپاسگزاری

از کلیه همکارانی که در انجام این تحقیق نهایت همکاری را داشته اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. ارجینی، م.، ۱۳۸۸. راهنمای کامل آکواریوم ماهی-های آب شیرین، انتشارات برهمند. ص ۴۹-۳۵.

۲. جودکی، س.، مورکی، ن.، دادگر، ش.، ۱۳۹۸. تعیین شرایط بهینه پرورش ماهی اسکار(*Astronotus ocellatus*) با توجه به سه فاکتور دما، اسیدیته و سختی کربنات. مجله آبزیان زینتی، ۶(۳)، ص ۴۹-۳۹.

۳. دادگر، ش.، مرجانی، م.، خیابانی، ع.، شریفیان، م.، حسین‌زاده صحافی، ه.، ۱۳۹۳. معرفی سیچلاید ایرانی (*Iranocichla hormuzensis*) به‌عنوان یک گونه بومی منحصر به فرد آکواریومی در آب‌های داخلی استان هرمزگان. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۸(۲)، ۸۷-۸۳.

۴. سوداگر، م.، کثیری، م.، فرحی، ن.، ۱۳۸۹. مقدمه-ای بر تکثیر و پرورش ماهی آنجل، انتشارات نوروزی. ص ۱۰۶-۱۰۱.

۵. شیخیان، م.، ۱۳۸۵. زندگی ماهیان آکواریوم، ناشر شیخیان. ص ۸۴-۶۸.

۶. شیخیان، م.، ۱۳۸۵. ماهیان سیچلاید، ناشر شیخیان. ص ۴۹-۱۰.

۷. گلچین منشادی، ع.، شعاع، ج.، ترحمی، م.، ۱۳۹۸. تاثیر درجه حرارت آب بر مدت زمان دوره تخم-گشایی، شروع تغذیه خارجی، کارایی رشد و بازماندگی لارو ماهی سیکلاید گورخری (*Cichlasoma nigrofasciatum*). نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۳(۱۳)، ۱۰۳-۹۱.

۸. متین‌فر، ع.، جمیلی، ش.، عبدالباقیان، س.، ۱۳۸۸. بررسی تاثیر دماهای مختلف بر رشد و درصد بقاء نوزادان فرشته ماهی (*Pterophyllum scalare*). مجله علوم و فنون دریایی، ۴(۴)، ص ۶۰-۵۵.

۹. مرادی، ح.، لهراسبی، س.، ۱۳۸۸. اطلس ماهیان آب شیرین، انتشارات علمی آبزیان. ص ۷۳-۵۱.

10. Anchor, T., Fitzcoy, S.A. & Thunberg, E.M., 2005. United States of America trade in ornamental fish. Journal of the world Aquaculture Society, p. 1-10.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]

11. Baensch, H.A., Riehl, R., 1987. Baensch Aquarium Atlas, Vol. 1, p. 772.
12. Bishnoi, R. K, 2013. Study of rearing and breeding of Angelfish (*Pterophyllum scalare*) in glass aquarium. Indian journal of fundamental and applied life sciences, 3, 53-57.
13. Froese, R., Pauly, D., 2013. *Pterophyllum scalare*. FishBase online, April 2013 version, p. 75-77.
14. Ghosh, K., Ray, A.K., 2008. Dietary probiotic supplementation in growth and health of live-bearing ornamental fishes. Journal of applied aquaculture, 12(3): 33-42.
15. Konings, A.G., Gentine, P., 2016. Global variations in ecosystem-scale isohydricity. Journal of global change biology, 23(2), 891-905.
16. Kucuk, S., 2019. Hematological and histological alterations detected in striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*) exposed to acute copper concentrations. Journal of fisheries and aquatic sciences, 36(4), 387-396.
17. Kullander, S.O., 2003. Checklist of the freshwater fishes of south and central America. Porto Alegre: EDIPUCRS, Brasil. p. 605-654.
18. Owen, M., 2013. Saltwater Aquarium & Reef Tank e-Book. Fishlore publishing, 620p.
19. Perez, E., Diaz, F., Espina, S., 2003. Thermoregulatory behavior and critical thermal limits of the Angelfish *Pterophyllum scalare*. Journal of thermal biology, 28, 531-537.
20. Rajender, K., Reddy, R., Narra, M., 2013. Insecticides induced stress response and recuperation in fish: biomarkers in blood and tissues related to oxidative damage. Journal of chemosphere, 168, 350-357.
21. Ruffer, K., Tamaru, C.S., Fitzgerad, W.J., 2007. Hatchery manual for the artificial propagation of ornamental fish. Guam Aquaculture Development and Training Center. p. 143-150.
22. Sorgeloos, P., Lavens, P., Leger, P., Tackaert, W., 1991. State of the art in larviculture of fish and shellfish. European Aquaculture society, 15, 485-486.
23. Svelue, C., Munuswany, A., Tacon, G.J., 2003. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Vol. 1, Argent Laboratories press, Redmond, Washington, USA. p. 57-61.
24. Tippit, L., 2003. Freshwater and marine aquarium magazine, Vol. 30, p. 122.
25. Wisemon, J., Lubzens, E., Tandler, A., 2004. Rotifers as food in aquaculture. Journal of thermal biology, 21, 387-400.
26. Yanbo, W., Zirong, X., 2006. Acute toxicity of nitrite on tilapia (oreochromis niloticus) at different external chloride concentrations. Fish physiology and biochemistry, 32(1), 49-54.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.5.2]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.27]