



Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>
Original Article



Comparative study of body composition and resistance to environmental stressors (thermal and pH) in Iranian and imported rainbow trout reared in two water sources of river and spring

Ali Mohammadi, Leila Abdoli *, Arash Akbarzadeh

Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

* Corresponding Author Email: l.abdoli@hormozgan.ac.ir

Received: 9 January 2023

Revise Date: 10 February 2024

Accepted: 2 March 2024

DOI: 10.22113/JMST.2024.431385.2563

Abstract

Due to the implementation of breeding programs, imported rainbow trout have better growth and quality than the rainbow trout propagated in Iran. This compared the meat quality and stress resistance of Spanish imported and Iranian rainbow trout reared in both spring and river water sources. A total of 432 individuals from each breed were subjected to four treatment conditions with three replicates in 12 pools over a 90-day period. At the conclusion of the rearing period, meat quality was assessed through proximate analysis. Additionally, 20 randomly selected fish from each treatment were subjected to acute temperature stress, as well as exposure to acidic and alkaline pH conditions. Our findings reveal no significant differences in carcass protein and fat percentages between Spanish and Iranian trout across both river and spring water sources. The highest protein content was observed in Iranian and Spanish trout reared in river water. Moreover, survival rates of Spanish trout were significantly higher than those of Iranian trout when subjected to temperature stress, acidic pH, and alkaline pH in both spring and river water sources ($P < 0.05$). Overall, our results demonstrate that Spanish rainbow trout exhibit greater resilience to environmental stressors compared to Iranian trout, likely attributed to the implementation of targeted breeding programs in this breed.

Keywords: Selection, growth, rainbow trout, spring, river.

1. INTRODUCTION

Despite the widespread interest among rainbow trout farms in using imported fish for cultivation, there is a lack of comprehensive and definitive information regarding the superior growth, survival, and resistance of these strains compared to domestically produced rainbow trout. Limited research conducted in this field in the country has shown that larvae's growth indices and survival rates of Danish imports were superior to domestically produced larvae (Mahdavi et al., 2013). Additionally, Fattahi Tari et al. (2013) revealed that French rainbow trout had a higher protein content than Iranian samples of the same weight. Currently, Spanish eyed eggs are abundantly imported into the country

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



and cultured in many farms (Mohammadi et al., 2023). It had previously been established that imported Spanish rainbow trout had better growth performance and survival compared to Iranian rainbow trout (Mohammadi et al., 2023). The current study involved conducting approximate analysis tests and environmental stress challenges to compare the carcass quality and resistance to acute temperature and acidic/alkaline pH stressors in Spanish and Iranian rainbow trout raised in spring water and rivers.

2. MATERIALS AND METHODS

During this study, a total of 864 specimens of rainbow trout fry—both domestically bred and imported from Spain (432 specimens of each) —were selected as experimental populations. These specimens, with initial weights of 19 grams for Spanish rainbow trout and 25 grams for Iranian rainbow trout, were stocked in 12 rearing tanks. The experimental treatments comprised four groups of Iranian and Spanish rainbow trout, each reared in two different water sources (spring and river) over a three-month period (90 days) in three replicates.

The approximate composition of the whole body, including moisture, protein, fat, and ash, was evaluated using standard methods recommended by the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). At the end of the feeding period, 20 fish from each treatment were randomly selected and subjected to three stress challenges—temperature stress, acidic pH, and alkaline pH—in two replicates for each stressor. The survival rate of the fish after exposure to stress was assessed and compared.

3. RESULTS

Over the 90-day period, the protein content in the flesh of Spanish and Iranian rainbow trout did not show a significant difference in either the river or spring water sources. However, within Iranian rainbow trout, significantly, higher protein content observed in river compared to spring water ($P < 0.05$). The percentage of carbohydrates in the flesh of Spanish rainbow trout from the river water treatment and Iranian rainbow trout from river water did not show a significant difference ($P > 0.05$).

Spanish rainbow trout showed a 75% survival rate in both spring and river water sources. However, 100% of Iranian rainbow trout in both spring and river water sources were observed to be lethargic, dark in color, and at the water surface after 6 hours of temperature stress and 7 hours of acidic and alkaline pH stress. The survival rate of Spanish rainbow trout in both spring and river water sources against temperature stress, acidic pH, and alkaline pH stressors was significantly higher than that of Iranian rainbow trout in both spring and river water sources ($P < 0.05$).

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

The largest exporters of eyed eggs of rainbow trout to Iran include countries such as Spain, Denmark, France, Norway, and the United States. Nevertheless, comprehensive and definitive information comparing the performance of imported cultured fish to those bred in Iran is lacking. Previous studies have shown that imported Spanish rainbow trout exhibit better growth performance and survival compared to Iranian rainbow trout (Mohammadi et al., 2023). In the current study, the meat quality and resistance to acute temperature and pH stressors in Spanish and Iranian rainbow trout raised in two different water sources, spring and river, were examined and compared.

The results did not reveal significant differences in the flesh analysis between Spanish and Iranian rainbow trout. However, the carcass protein content in Iranian rainbow trout was significantly higher in river water compared to spring water, which may be due to temperature and water quality differences in these two water sources.

Environmental stresses, including temperature and pH stresses, particularly in intensive fish farms, can lead to reduced growth performance, health issues, and fish mortality. According to a study by Wagner et al. (1997), high temperature stress combined with high pH significantly contributed to fish mortality in rainbow trout. The current research indicated that the survival rate of Spanish rainbow trout in both spring and river water sources against temperature stress, acidic pH, and alkaline pH stressors was significantly higher than that of Iranian rainbow trout. This suggests that the breeding improvement in Spanish rainbow trout likely contributed to enhanced resistance against environmental stressors. These findings align with the better growth performance of Spanish rainbow trout compared to Iranian rainbow trout (Mohammadi et al., 2023).

In conclusion, this study demonstrated that Spanish rainbow trout exhibited greater resilience against environmental stressors compared to Iranian rainbow trout. Additionally, considering the better growth and survival of imported

Spanish rainbow trout compared to Iranian ones, it can be inferred that the better performance of Spanish rainbow trout is due to the implementation of breeding improvement programs in this species.

REFERENCES

- AOAC., 2005. Official methods of analysis. 18th ed., Gaithersburg, MD: Association of official analytical chemists. *Aquaculture*, (224), pp. 283-299.
- Fattahi Tari, K., Ershad Langeroodi, H. and Golshahi, E., 2013. The investigation of protein and lipid in muscle of Iranian *Oncorhynchus mykiss* and Franciscan *Oncorhynchus mykiss* using their larva that produce in Iran & Franciscan. *Veterinary Research & Biological Products*, 26(1), pp. 16-21. <https://doi.org/10.22092/vj.2013.101036>
- Mahdavi, M., Majazi Amiri, B., Sayad Borani, M., 2013. Comparison of hatching percentage, survival and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae obtained from imported and domestic hatched eggs. *Aquaculture Development Journal*, 7(1), pp. 87-94. 6012813920108.pdf. (In Persian)
- Mohammadi, A., Abdoli, L. and Akbarzadeh, A., 2023. The comparison of growth parameters of Iranian and imported Spanish strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in two water sources of river and spring. *Journal of Fisheries Science and Technology*, 12(2), pp. 100-111. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.23225513.1402.12.2.1.7> (In Persian).
- Wagner, E.J., Bosakowski, T. and Intelmann, S., 1997. Combined effects of temperature and high pH on mortality and the stress response of rainbow trout after stocking. *Transactions of the American Fisheries Society*, 126 (6), pp. 985-998. <https://doi.org/10.1577/1548-8659%281997%29126%3C0985%3ACEOTAH%3E2.3.CO%3B2>.



مقاله پژوهشی

Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>



مقایسه ترکیب بدن و مقاومت به استرس های محیطی (دما و pH) در قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) ایرانی و وارداتی پرورش یافته در دومنبع آبی رودخانه و چشمه

چشمه

علی محمدی، لیلا عبدلی*، آرش اکبرزاده

گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: l.abdoli@hormozgan.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2024.431385.2563

چکیده

ماهیان قزل آلابی رنگین کمان وارداتی به دلیل اجرای برنامه های اصلاح نژادی از رشد و کیفیت بهتری نسبت به قزل آلابی رنگین کمان تکثیر شده در ایران دارند. در پژوهش حاضر، کیفیت گوشت و مقاومت به استرس های محیطی در ماهی قزل آلابی رنگین کمان وارداتی اسپانیایی و ایرانی در دو منبع آبی چشمه و رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور تعداد ۴۳۲ قطعه از هر نژاد قزل آلابی اسپانیایی وارداتی و ایرانی در دو منبع آبی چشمه و رودخانه در قالب ۴ تیمار و سه تکرار در ۱۲ قطعه استخر به مدت ۹۰ پرورش داده شده دادند و در پایان دوره پرورش کیفیت گوشت تعدادی از ماهیان هر تیمار با آنالیز تقریبی مورد آزمایش قرار گرفت. سپس برای انجام هر آزمایش استرس، تعداد ۲۰ قطعه ماهی به صورت تصادفی از هر تیمار در معرض استرس های حاد دمایی و pH اسیدی و قلیایی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که درصد پروتئین لاشه و چربی در تیمارهای قزل آلابی اسپانیایی و ایرانی در هر دو منبع آب رودخانه و چشمه تفاوت معناداری نداشت. بالاترین میزان پروتئین در قزل آلابی ایرانی و اسپانیایی در تیمار با منبع آب رودخانه مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که درصد بازماندگی قزل آلابی اسپانیایی در دو منبع آب چشمه و رودخانه در مواجهه با استرس های دمایی، pH اسیدی و pH قلیایی به طور معنی داری از قزل آلابی ایرانی با دو منبع آب چشمه و رودخانه بیشتر بود ($P < 0.05$). در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که قزل آلابی رنگین کمان اسپانیایی مقاومت بیشتری نسبت به استرس های محیطی نسبت به قزل آلابی ایرانی داشته که احتمالاً به دلیل اجرای برنامه های اصلاح نژادی روی این گونه بوده است.

واژگان کلیدی: اصلاح نژاد، لاشه، استرس، قزل آلابی رنگین کمان، چشمه، رودخانه

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



۱. مقدمه

ماهیان پرورشی عموماً به دو دسته ماهیان گرم‌آبی و سردآبی تقسیم می‌شوند. گونه قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) جزو گونه‌های ماهیان سردآبی است که به دلیل دارا بودن ویژگی‌های منحصر به فرد از جمله کیفیت گوشت، سختگیر نبودن در غذاگیری، امکان پرورش متراکم، طول نسبتاً کوتاه دوره پرورش و مقاومت به طیف وسیعی از شرایط فیزیوشیمیایی محیط از گونه‌های مهم و تجاری در ایران و جهان در تأمین پروتئین مورد نیاز جوامع بشری مطرح است (Hardy, 2000). این گونه می‌تواند دمای بالا و کمبود نسبی اکسیژن تحمل کرده و در محیط‌هایی که به اندازه کافی آب تعویض می‌گردد تا دمای ۲۰ الی ۲۲ درجه سانتی‌گراد را نیز تحمل نماید. قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. Mykiss*) تمام مراحل زندگی خود را در آب‌های شیرین سپری می‌کند. به‌طور کلی اعضای این خانواده بومی اروپا، شمال آسیا و شمال آمریکا هستند اگرچه به نقاط مختلف دنیا برده شده‌اند و در منابع آبی مناطق مختلفی همچون آمریکای جنوبی، زلاند نو، استرالیا، هند و ایران معرفی شده‌اند.

در ایران صنعت پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مقایسه با سایر آبزیان پرورشی پویا بوده و با توجه به مشکلات بسیاری که بر سر راه پرورش دهندگان وجود داشته، تاکنون نیز پایداری خود را حفظ کرده است. قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به بسیاری از بیماری‌ها و بخصوص بیماری شایع در ماهیان سردآبی به نام فرونکولوزیس مقاومت بیشتری دارد. در ایران تقریباً در هریک از استان‌های مناطق سردسیر و کوهستانی یک یا چند منطقه مناسب برای پرورش ماهیان سردآبی از جمله گونه قزل‌آلای رنگین‌کمان وجود دارد. دمای بهینه برای رشد ماهی قزل‌آلای ۱۷ درجه سانتی‌گراد است. اگرچه تکثیر آن در آب‌هایی با دمای ۱۲-۸ درجه سانتی‌گراد صورت می‌گیرد. فراهم نمودن شرایط مصنوعی تکثیر و پرورش ماهی از جمله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان برای این هدف مناسب تشخیص داده شد.

نمونه‌های اصلاح شده وارداتی زیادی از ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان توسط متخصصین اصلاح نژاد با هدف بهبود ویژگی‌های مهم اقتصادی مثل میزان رشد، مقاومت در برابر بیماری، قدرت بقاء، زمان تخم‌ریزی و تکثیر و پرورش توسعه یافته است. نمونه‌های اصلاح شده دارای رشد مناسب بوده، و همچنین در برابر استرس‌های محیطی و عوامل بیماری‌زا مقاومت می‌باشند و در نتیجه پرورش دهندگان این ماهی رغبت زیادی به پرورش نژادهای اصلاح شده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان وارداتی دارند (Gjedrem, 2004). با وجود جمعیت‌های مختلف پرورشی، ارزیابی نژادهای اصلاح شده وارداتی مختلف جهت شناسایی جمعیت‌گونه‌های دارای رشد سریع‌تر و مقاوم به استرس‌های محیطی با ضریب بازماندگی

بالا امری ضروری است که در صنعت پرورش نیز مورد توجه اکثر پرورش دهندگان ماهیان سردآبی (قزل‌آلای) جهت استفاده در صنعت آبی پروری است. ر اساس جدیدترین آمار، در ایران سالانه بیش از ۳۰۰ میلیون تخم چشم زده و در حدود ۱۹۶ هزار تن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مراکز تکثیر و پرورش تولید می‌شود (Salehi et al., 2023) که ایران را به عنوان بزرگترین پرورش دهنده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دنیا تبدیل کرده است. اگرچه مراکز تکثیر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در ایران سالانه میلیون‌ها قطعه بچه ماهی برای پرورش در مزارع کشور تولید می‌کنند، با اینحال هیچ برنامه مدون اصلاح نژادی در تکثیر این ماهی در کشور وجود ندارد و از این رو امروزه از کشورهایی مثل دانمارک، انگلیس، ایتالیا، اسکاتلند، اسپانیا و استرالیا میلیون‌ها قطعه تخم چشم زده اصلاح نژاد شده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با هدف پرورش وارد ایران می‌شود. علی‌رغم استقبال بسیاری از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به استفاده از ماهیان وارداتی برای پرورش، اطلاعات جامع و مدونی درخصوص برتری رشد، بازماندگی و مقاومت این نژادها نسبت به قزل‌آلای تکثیر شده در داخل کشور وجود ندارد. از جمله تحقیقات محدودی که در این زمینه در کشور انجام گرفت، (Mahdavi et al., 2013) بیان کردند که شاخص‌های رشد و میزان تخم‌گذاری و بازماندگی لاروهای وارداتی از دانمارکی وضعیت بهتری نسبت به لاروهای تولید داخل داشت. همچنین (Fattahi Tari et al., 2013)، مشخص کردند که قزل‌آلای رنگین‌کمان فرانسوی نسبت به نمونه‌های ایرانی هم وزن خود از میزان پروتئین بالاتری برخوردار بودند. هم‌اکنون تخم‌های چشم زده اسپانیایی به وفور وارد کشور شده و در بسیاری از کارگاه‌ها پرورش داده می‌شود (Mohammadi et al., 2023). پیش از این مشخص شده بود که قزل‌آلای وارداتی از اسپانیا عملکرد رشد و بازماندگی بهتری نسبت به قزل‌آلای ایرانی دارد (Mohammadi et al., 2023). با اینحال هنوز مشخص نشده که آیا تفاوتی در کیفیت گوشت و مقاومت به استرس‌های محیطی مابین قزل‌آلای اسپانیایی و ایرانی وجود دارد یا خیر. لذا در تحقیق حاضر با انجام آزمایشات آنالیز تقریبی و چالش استرس محیطی، کیفیت لاشه و مقاومت به استرس‌های حاد دمایی و pH اسیدی و قلبی در قزل‌آلای اسپانیایی و ایرانی پرورش داده شده در آب چشمه و رودخانه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق تعداد ۸۶۴ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش یافته ایرانی و وارداتی از کشور اسپانیا (از هر نوع، ۴۳۲ قطعه) به عنوان جمعیت‌های مورد آزمایش با وزن اولیه قزل‌آلای اسپانیایی 2 ± 1.9 گرم و قزل‌آلای ایرانی 3 ± 2.5 گرم در ۱۲ قطعه استخر ذخیره سازی شد.

برای انجام آزمایش استرس دمایی، و از هر تیمار تعداد ۲۰ قطعه ماهی به صورت تصادفی انتخاب و دمای آب مخزن به کمک دو دستگاه المنت گرمایی اکواریومی در دو تکرار به ۲۵ درجه سانتی‌گراد رسانده شد تا زمان رسیدن به تلفات در معرض استرس دمایی قرار گرفت. در پایان میزان بازماندگی ماهی‌ها در مدت زمان شش ساعت پس از استرس بررسی شد.

در این پژوهش استرس pH در دو محیط اسیدی و قلیایی اعمال شد. برای استرس pH اسیدی آب توسط اسید کلریدریک (HCL) به حدود ۴ رسانده شد برای استرس pH قلیایی آب با استفاده از کریستال-های NaOH با غلظت ۰/۱ نرمال به حدود ۱۰ افزایش داده شد (Yu et al., 2020). سپس برای هر استرس pH تعداد ۲۰ قطعه ماهی از هر تیمار در دو تکرار در مدت زمان ۷ ساعت در معرض استرس مربوطه قرار گرفت و میزان بقای ماهی‌ها (درصد بازماندگی) با رابطه (۱) بررسی شد

$$\text{Survival rate} = \left(\frac{N1}{N0} \right) \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

N1: تعداد ماهیان نهایی

N0: تعداد ماهیان ذخیره سازی شده

داده‌ها با نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل آماری شدند. پس از کنترل همگنی واریانس‌ها با آزمون لون و نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One way ANOVA) برای تجزیه و تحلیل متغیرهای مورد بررسی در بین تیمارها استفاده شد. همچنین از آزمون توکی (Tukey) جهت مقایسه میانگین تیمارها استفاده شد. آنالیزهای آماری در سطح اطمینان ۹۵٪ و نتایج به صورت میانگین \pm انحراف معیار ارائه گردید.

چهار تیمار آزمایشی در این تحقیق شامل ۱: قزل‌آلای اسپانیایی در آب رودخانه، ۲: قزل‌آلای ایرانی در آب رودخانه، ۳: قزل‌آلای ایرانی در آب چشمه و ۴: قزل‌آلای اسپانیایی در آب چشمه بود. برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد و ماهی‌ها به مدت ۹۰ روز در هر یک از تیمارها پرورش داده شدند (جدول ۱). دمای آب چشمه در طول دوره آزمایش $15/8 \pm 1/5$ درجه سانتی‌گراد بود که نسبت به دمای آب رودخانه در همان بازه زمانی ($14/3 \pm 2/1$ درجه سانتی‌گراد) تغییرات کمتری داشت و به دمای بهینه رشد ماهی قزل‌آلای نزدیکتر بود. برای غذادهی نوع خوراک اکستروید GFT1 و GFT2 فرادانه استفاده گردید (میزان پروتئین ۳۵-۴۰٪) و دفعات غذادهی در طول روز ۳ بار به طور یکسان در همه تیمارها بود. همچنین پارامترهایی نظیر درجه حرارت آب و میزان خوراک مصرفی روزانه ثبت گردید (Mohammadi et al., 2023). در پایان دوره تغذیه، به‌منظور تجزیه‌ی ترکیب تقریبی لاشه، ۲۴ ساعت بعد از آخرین غذادهی، ۵ قطعه ماهی از هر استخر به‌صورت تصادفی انتخاب شد.

ارزیابی ترکیب تقریبی کل لاشه شامل رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر براساس روش‌های استاندارد Chemists Analytical of Association Official (AOAC, 2005) انجام گرفت. برای اندازه‌گیری رطوبت لاشه، بافت میگو پس از خرد و یکنواخت شدن، در داخل پتری‌دیش‌های شیشه‌ای قرار داده شد و با استفاده از آون (Binder, USA) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در مدت ۲۴ ساعت خشک شد. برای اندازه‌گیری سایر ترکیبات لاشه از نمونه‌ی خشک شده استفاده گردید. سنجش پروتئین لاشه با استفاده از دستگاه کلدال (Gerhardt, Germany type VAP.40) و چربی لاشه با استفاده از دستگاه سوکسله (Gerhardt, type SE-416, Germany) انجام شد. برای اندازه‌گیری خاکستر لاشه، نمونه‌ها در بوتله‌های چینی ریخته شده و سپس به مدت ۸ ساعت در داخل کوره‌ی الکتریکی (Nabertherm Germany) در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

جدول ۱- مشخصات تیمارهای آزمایشی شامل نوع منبع آب، تراکم ماهی و حجم حوضچه‌ها

Table 1- The experimental treatments, water source, fish density and tank volume

Treatment numbers	Type of fish	Water source	Density	Tank volume
1	Spanish Rainbow Trout	River water	72	30 m ³
2	Iranian Rainbow Trout	River water	72	30 m ³
3	Iranian Rainbow Trout	Spring water	72	30 m ³
4	Spanish Rainbow Trout	Spring water	72	30 m ³

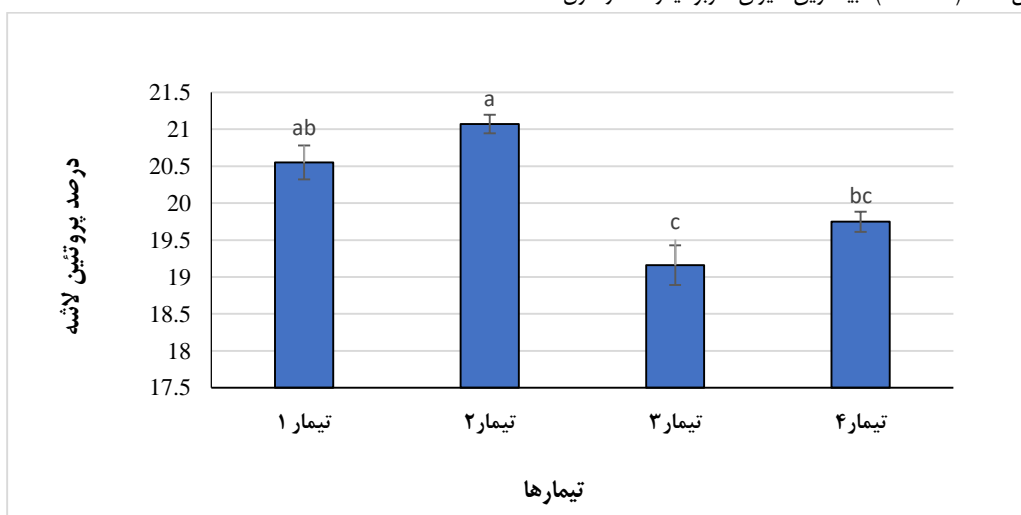
۳. نتایج

آلی ایرانی با منبع آب چشمه مشاهده شد (شکل ۳). جدول (۲) بازماندگی ماهی قزل آلی ایرانی و اسپانیایی با دو منبع آب چشمه و رودخانه در مواجهه با استرس‌های دمایی، pH اسیدی و pH قلیایی را نشان می‌دهد. قزل آلی اسپانیایی با دو منبع آب چشمه و رودخانه ۷۵ درصد بازماندگی نشان دادند، حال آن‌که ۱۰۰ درصد قزل آلی ایرانی با دو منبع آب چشمه و رودخانه پس از استرس‌های دمایی به مدت ۶ ساعت و pH‌های اسیدی و قلیایی به مدت ۷ ساعت بی‌حال و رنگ آن‌ها تیره و در سطح آب مشاهده شدند. درصد بازماندگی قزل آلی اسپانیایی با دو منبع آب چشمه و رودخانه در مواجهه با استرس‌های دمایی، pH اسیدی و pH قلیایی به طور معنی‌داری از قزل آلی ایرانی با دو منبع آب چشمه و رودخانه بیشتر بود ($P < 0/05$).

درصد پروتئین لاشه در بازه زمانی ۹۰ روزه در تیمارهای قزل آلی اسپانیایی و ایرانی در هر دو منبع آب رودخانه و چشمه تفاوت معناداری را با نسبت به هم نشان نداد (شکل ۱). با این حال میزان پروتئین در قزل آلی ایرانی به طور معنی‌داری در آب رودخانه بیشتر از آب چشمه بود ($P < 0/05$).

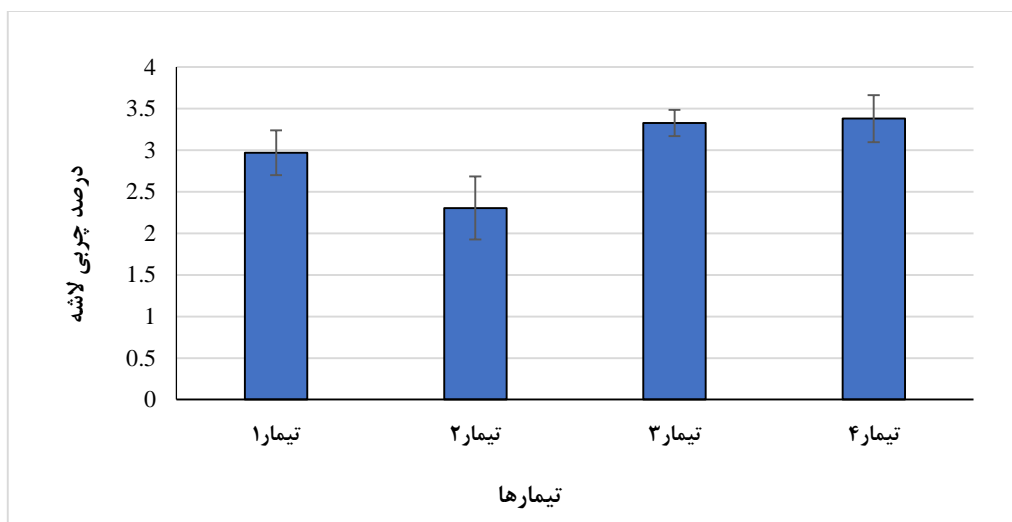
شکل (۲) درصد چربی لاشه در بازه زمانی ۹۰ روزه در تیمارهای قزل آلی اسپانیایی و ایرانی در هر دو منبع آب رودخانه و چشمه را نشان می‌دهد. تفاوت معناداری در هیچ کدام از تیمارهای پرورشی مشاهده نشد ($P > 0/05$).

درصد کربوهیدرات لاشه در تیمار قزل آلی اسپانیایی با منبع آب رودخانه (تیمار ۱) و قزل آلی ایرانی با منبع آب رودخانه (تیمار ۲) تفاوت معناداری نشان نداد ($P > 0/05$). بیشترین میزان کربوهیدرات در قزل



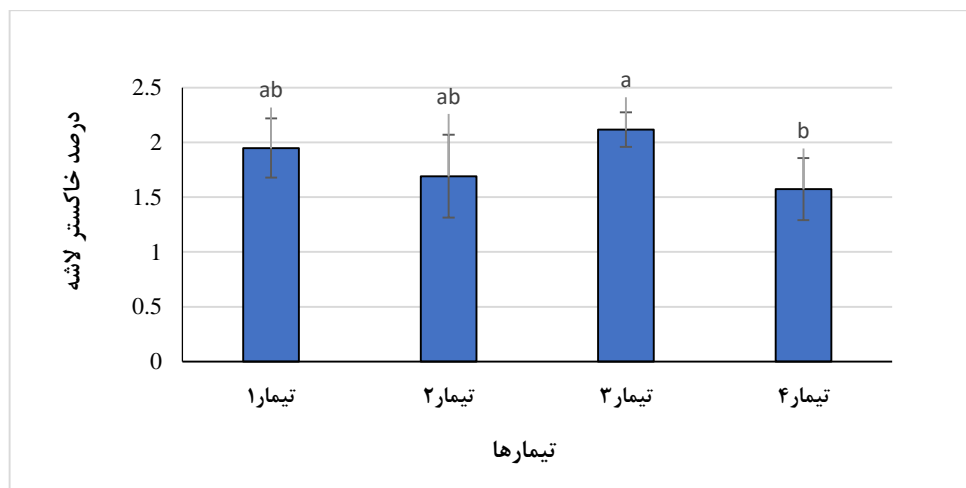
شکل ۱- تغییرات (میانگین ± انحراف معیار) شاخص درصد پروتئین لاشه ماهی قزل آلی رنگین کمان در تیمارهای مختلف. تیمار ۱: قزل آلی اسپانیایی در آب رودخانه، تیمار ۲: قزل آلی ایرانی در آب رودخانه، تیمار ۳: قزل آلی ایرانی در آب چشمه، تیمار ۴: قزل آلی اسپانیایی در آب چشمه. حروف غیرمشابه اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

Fig. 1- Changes (Mean ± Standard Deviation) in the protein percentage of Rainbow Trout carcass in different treatments. Treatment 1: Spanish Rainbow Trout in river water, Treatment 2: Iranian Rainbow Trout in river water, Treatment 3: Iranian Rainbow Trout in spring water, Treatment 4: Spanish Rainbow Trout in spring water. Dissimilar letters indicate a significant difference between treatments at a 5% level.



شکل ۲- تغییرات (میانگین ± انحراف معیار) شاخص درصد چربی لاشه ماهی قزل آرای رنگین کمان در تیمارهای مختلف. تیمار ۱: قزل آرای اسپانیایی در آب رودخانه، تیمار ۲: قزل آرای ایرانی در آب رودخانه، تیمار ۳: قزل آرای ایرانی در آب چشمه، تیمار ۴: قزل آرای اسپانیایی در آب چشمه. حروف غیرمشابه اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

Fig. 2- Changes (Mean ± Standard Deviation) in the fat percentage of Rainbow Trout carcass in different treatments. Treatment 1: Spanish Rainbow Trout in river water, Treatment 2: Iranian Rainbow Trout in river water, Treatment 3: Iranian Rainbow Trout in spring water, Treatment 4: Spanish Rainbow Trout in spring water. Dissimilar letters indicate a significant difference between treatments at a 5% level



شکل ۳- تغییرات (میانگین ± انحراف معیار) شاخص درصد خاکستر لاشه ماهی قزل آرای رنگین کمان در تیمارهای مختلف. تیمار ۱: قزل آرای اسپانیایی در آب رودخانه، تیمار ۲: قزل آرای ایرانی در آب رودخانه، تیمار ۳: قزل آرای ایرانی در آب چشمه، تیمار ۴: قزل آرای اسپانیایی در آب چشمه. حروف غیرمشابه اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

Fig. 3- Changes (Mean ± Standard Deviation) in the ash percentage of Rainbow Trout carcass in different treatments. Treatment 1: Spanish Rainbow Trout in river water, Treatment 2: Iranian Rainbow Trout in river water, Treatment 3: Iranian Rainbow Trout in spring water.

جدول ۲- درصد بازماندگی پس از استرس‌های دمایی، pH اسیدی و pH قلیایی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمارهای مختلف

Table 2- Percentage of survival after thermal stresses, acidic pH, and alkaline pH in Rainbow Trout in different treatments.

Treatment	Acidic pH (7h)	Alkaline pH (7h)	Thermal stress (6h)
Spanish Rainbow Trout (spring water)	0 ± 0 ^b	0 ± 0 ^b	0 ± 0 ^b
Iranian Rainbow Trout (spring water)	75 ± 5 ^a	75 ± 5 ^a	75 ± 5 ^a
Iranian Rainbow Trout (river water)	0 ± 0 ^b	0 ± 0 ^b	0 ± 0 ^b
Spanish Rainbow Trout (river water)	75 ± 5 ^a	75 ± 5 ^a	75 ± 5 ^a

Dissimilar letters indicate a significant difference between treatments at a 5% level.

که می‌تواند یکی از دلایل تفاوت کیفیت لاشه ماهی قزل‌آلا در این دو منبع آبی باشد. پژوهش Steffens (1997) نشان داد که کیفیت گوشت نژادهای مختلف قزل‌آلای رنگین‌کمان در وزن‌های مختلف متفاوت است. همچنین در پژوهشی که توسط Fattahi Tari et al. (2013) انجام گرفت مشخص شد که میزان پروتئین در همه وزن‌ها در قزل‌آلای فرانسوی بیشتر از قزل‌آلای ایرانی است. محققان وجود این اختلاف را به دلیل وجود اسیدآمینه‌های ضروری بیشتر در قزل‌آلای وارداتی فرانسوی نسبت به ایرانی دانستند که نشان‌دهنده کیفیت بهتر گوشت قزل‌آلای وارداتی بود. تحقیقات نشان می‌دهد که عوامل ژنتیکی بر ویژگی‌های کیفیت گوشت قزل‌آلای رنگین‌کمان تأثیر می‌گذارد و در نتیجه می‌توان با انتخاب ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت بهتر گوشت، نسبت به برنامه‌های اصلاح نژادی اقدام کرد (Crouse et al., 2018). با توجه به عدم اختلاف در آنالیز تقریبی کیفیت قزل‌آلای اسپانیایی و قزل‌آلای ایرانی احتمالاً برنامه اصلاح نژادی قزل‌آلای اسپانیایی تأثیری بر صفات مرتبط با کیفیت عضله نداشته است. در مطالعات قبلی نتایج پارامترهای رشد نشان داد که پس از ۹۰ روز دوره پرورش، افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در قزل‌آلای اسپانیایی به طور معنی‌داری در هر دو منبع آبی چشمه و رودخانه بیشتر از قزل‌آلای ایرانی بود. همچنین ضریب تبدیل غذایی در قزل‌آلای اسپانیایی پرورش داده شده در دو منبع آبی چشمه و رودخانه به طور معنی‌داری کمتر از قزل‌آلای ایرانی بود (Mohammadi et al., 2023). از آنجا که شاخص‌های تغذیه‌ای می‌توانند از مهم‌ترین عوامل موثر بر ترکیب بدن ماهی باشند، در نتیجه تفاوت‌های مشاهده شده در آنالیز تقریبی بدن در قزل‌آلای اسپانیایی و قزل‌آلای ایرانی می‌تواند به دلیل تفاوت در شاخص‌های تغذیه‌ای و رشد این دو گروه از ماهیان باشد.

استرس‌های دمایی و pH از جمله استرس‌های محیطی در مزارع پرورش ماهیان قزل‌آلا بخصوص در شرایط متراکم می‌باشند که می‌تواند

۴. بحث

بزرگ‌ترین کشورهای صادرکننده تخم چشم زده قزل‌آلای رنگین‌کمان به ایران، کشورهایی نظیر اسپانیا، دانمارک، فرانسه، نروژ و آمریکا هستند. با این حال اطلاعات جامع و مدونی در خصوص مقایسه عملکرد ماهیان وارداتی پرورشی نسبت به ماهیانی که در ایران تکثیر می‌شوند وجود ندارد. مطالعات قبلی نشان داد که عملکرد رشد قزل‌آلای وارداتی از اسپانیا عملکرد رشد و بازماندگی بهتری نسبت به قزل‌آلای ایرانی دارد (Mohammadi et al., 2023). در تحقیق حاضر کیفیت گوشت و مقاومت به استرس‌های حاد دمایی و pH در قزل‌آلای اسپانیایی و ایرانی پرورش داده شده در دو منبع آب چشمه و رودخانه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج تفاوت چندانی در آنالیز لاشه قزل‌آلای اسپانیایی و ایرانی نشان نداد، با این حال قزل‌آلای اسپانیایی مقاومت بیشتری نسبت به قزل‌آلای ایرانی در مواجهه با استرس‌های حاد محیطی از خود نشان داد.

ماهی قزل‌آلا از خانواده آزاد ماهیان جایگاه بسیار مهمی در سفره غذایی مردم دارد که می‌توان علت آن را وجود پروتئین بالا و چربی‌های موجود در آن دانست. وجود تفاوت در میزان پروتئین لاشه در این گونه پرورشی به فاکتورهای مختلف مانند تفاوت در نژاد، تغذیه، وزن و اندازه ماهیان و عوامل محیطی مرتبط است. نتایج تحقیق حاضر تفاوت معنی‌داری در کیفیت گوشت قزل‌آلای اسپانیایی و ایرانی نشان نداد، با این حال محتوای پروتئین قزل‌آلای ایرانی در آب رودخانه نسبت به آب چشمه بیشتر بود که احتمالاً به دلیل تأثیر عوامل محیطی بر کیفیت لاشه ماهیان پرورشی بود. مطالعات در آزاد ماهیان پرورشی نشان می‌دهد که میزان پروتئین و چربی لاشه تحت تأثیر عوامل داخلی از جمله وزن ماهیان پرورشی و عوامل بیرونی از جمله دما، میزان اکسیژن و سایر عوامل کیفی آب دارد (Shearer, 1994). همانطور که پیش از این اشاره شد، دمای آب رودخانه حدود ۱/۵ درجه سانتی‌گراد کمتر از دمای آب چشمه بود

پرورشی احتمالاً باعث بهبود رشد، کاهش بروز بیماری و بهبود عملکرد مولدین می‌شود. اصلاح نژاد قزل‌آلای رنگین‌کمان برای افزایش مقاومت به استرس‌های محیطی بر اساس صفاتی جمله کورتیزول پلاسما و لیزوزیم است که به شدت با پاسخ به استرس مرتبط هستند، چرا که آزمایشات قبلی وراثت‌پذیری بالقوه این صفات را مشخص کرده است (Fevolden and Roed, 1993; Fevolden et al., 1991, 1994; Røed et al., 1993; Pottinger and Pickering, 1997)

نقشه‌برداری ژنتیکی بر اساس لکوس‌های صفات کمی (QTL) نشان داده است که پاسخ به استرس‌های محیطی از جمله افزایش تولید کورتیزول پلاسما پس از استرس در قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت کنترل توارث بوده و بنابراین می‌توان با اصلاح نژاد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان از طریق انتخاب صفات مهم مرتبط با مقاومت به استرس در لکوس‌های صفات کمی نژادهای مقاوم به استرس تولید کرد (Vallejo et al., 2009). در مجموع نتایج این تحقیق تفاوت معنی‌داری در کیفیت گوشت قزل‌آلای اسپانیایی و ایرانی در هر دو منبع آب رودخانه و چشمه نشان نداد، با این حال میزان پروتئین لاشه در قزل‌آلای ایرانی به طور معنی‌داری در آب رودخانه بیشتر از آب چشمه بود که ممکن است به دلیل تفاوت دمایی و کیفیت آب این دو منبع آبی باشد. همچنین قزل‌آلای رنگین‌کمان اسپانیایی مقاومت بیشتری نسبت به استرس‌های محیطی نسبت به قزل‌آلای ایرانی داشت که با در نظر گرفتن رشد و بازماندگی بهتر قزل‌آلای وارداتی اسپانیایی نسبت به قزل‌آلای ایرانی در برابر استرس‌های محیطی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عملکرد بهتر قزل‌آلای وارداتی اسپانیایی به دلیل اجرای برنامه‌های اصلاح نژادی روی این گونه بوده است.

سبب کاهش عملکرد رشد، سلامت و تلفات ماهیان شود. طبق پژوهش Wagner (1997) که به منظور ارزیابی بقا و پاسخ استرس در قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمارهای با شرایط مختلف انجام گرفت، مشخص شد استرس دمایی بالا به همراه pH بالا به طور قابل توجهی باعث مرگ و میر ماهیان گردید. نتایج پژوهش دیگری نیز نشان داد که تنش‌های دمایی روی فاکتورهای خونی، شاخص‌های استرس و هیستوپاتولوژیک آبشش قزل‌آلای رنگین‌کمان تاثیر منفی داشت و موجب تلفات بالای ماهیان گردید (Khorshidi et al., 2017). نتایج تحقیق حاضر مشخص کرد که بازماندگی ماهی قزل‌آلای اسپانیایی در دو منبع آب چشمه و رودخانه در مواجهه با استرس‌های دمایی، pH اسیدی و pH قلیایی به طور چشمگیری بیشتر از قزل‌آلای ایرانی بود. این نتیجه نشان می‌دهد که اصلاح نژاد ماهی قزل‌آلای اسپانیایی احتمالاً موجب بهبود مقاومت به استرس‌های محیطی شده است. این نتایج با عملکرد بهتر رشد در قزل‌آلای اسپانیایی نسبت به قزل‌آلای ایرانی نیز مطابقت دارد (Mohammadi et al., 2023). اگرچه امروزه برنامه‌های اصلاح نژادی در ماهی قزل‌آلای بیشتر با هدف رشد و مقاومت در برابر بیماری است، با این حال مقاومت به استرس‌های محیطی از جمله اهداف مهم دیگر برنامه‌های اصلاح نژادی در ماهی قزل‌آلای است (Weber and Silverstein, 2007). استرس جزء اجتناب‌ناپذیر پرورش ماهی به-خصوص در شرایط پرورش متراکم است، به طوری که ماهی‌ها در شرایط پرورش متراکم در معرض استرس حاد مکرر و در برخی موارد در معرض استرس مزمن قرار می‌گیرند و در نتیجه اثرات نامطلوبی در رشد، کیفیت گوشت، عملکرد تولیدمثلی و سیستم ایمنی بدن ایجاد می‌شود (Pickering, 1993; Campbell et al., 1994; Pickering and Pottinger, 1989; Sunyer et al., 1995). بنابراین، اصلاح نژاد ماهی‌ها به منظور افزایش تحمل و مقاومت به استرس در محیط‌های

References:

- AOAC., 2005. Official methods of analysis. 18th ed., Gaithersburg, MD: Association of official analytical chemists. *Aquaculture*, (224), pp. 283-299.
- Campbell, P.M., Pottinger, T.G. and Sumpter, J.P., 1994. Preliminary evidence that chronic confinement stress reduces the quality of gametes produced by brown and rainbow trout. *Aquaculture*, 120(1-2), pp.151-169. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90230-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90230-5).
- Crouse, C.C., Davidson, J.W. and Good C.M. 2018. Growth and fillet quality attributes of five genetic strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in a partial water reuse system and harvested at different sizes. *Aquac Res.* 49(4), pp.1672–1681. <http://dx.doi.org/10.1111/are.13623>
- Fattahi Tari, K., Ershad Langeroodi, H. and Golshahi, E., 2013. The investigation of protein and lipid in muscle of Iranian *Oncorhynchus mykiss* and Franciscan *Oncorhynchus mykiss* using their larva that produce in Iran & Franciscan. *Veterinary Research & Biological Products*, 26(1), pp. 16-21. <https://doi.org/10.22092/vj.2013.101036>
- Fevolden, S.E., Refstie, T., and Røed, K.H., 1991. Selection for high and low cortisol stress response in Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 95(1-2), pp.53-65. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90072-F](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90072-F).

- Fevolden, S.E., and Røed, K.H., 1993. Cortisol and immune characteristics in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) selected for high or low tolerance to stress. *Journal of Fish Biology*, 43(6), pp.919-930. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1993.tb01166.x>
- Gjedrem, T., 2004. Genetic improvement of cold-water fish species. *Aquaculture Research*, 31(1), pp. 25–33. <https://doi.org/10.1046/j.13652109.2000.00389.x>
- Hardy, R.W., 2002. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture*, pp. 184-202. <https://doi.org/10.1079/9780851995199.0184>
- Khorshidi, S., Khara, H. and Ahmadnezhad, M., 2017. Effects of thermal stresses on some hematological factors, Stress indexes and histopathologic of gill in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Animal environment*, 9(3), pp. 219-232. (In Persian)
- Mahdavi, M., Majazi Amiri, B. and Sayad Borani, M., 2013. Comparison of hatching percentage, survival and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae obtained from imported and domestic hatched eggs. *Aquaculture Development Journal*, 7(1), pp. 87-94. 6012813920108.pdf. (In Persian)
- Mohammadi, A., Abdoli, L. and Akbarzadeh, A., 2023. The comparison of growth parameters of Iranian and imported Spanish strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in two water sources of river and spring. *Journal of Fisheries Science and Technology*, 12(2), pp. 100-111. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.23225513.1402.12.2.1.7> (In Persian).
- Pottinger, T.G. and Pickering, A.D., 1997. Genetic basis to the stress response: selective breeding for stress -tolerant fish. *Fish stress and health in aquaculture* Cambridge University Press, pp. 171-193. Genetic basis to the stress response: selective breeding for stress-tolerant fish - NERC Open Research Archive.
- Røed, K.H., Larsen, H.J.S., Linder, R.D. and Refstie, T., 1993. Genetic variation in lysozyme activity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 109(3-4), pp.237-244. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90166-V](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90166-V)
- Pickering, A.D. and Pottinger, T.G., 1989. Stress responses and disease resistance in salmonid fish: effects of chronic elevation of plasma cortisol. *Fish physiology and biochemistry*, 7(1-6), pp.253-258. <https://doi.org/10.1007/bf00004714>
- Pickering, A.D., 1993. Growth and stress in fish production. *Genetics in aquaculture*, 3(1-4), pp. 51-63. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-81527-9.50010-5>
- Sunyer, J.O., Gomez, E., Navarro, V., Quesada, J. and Tort, L., 1995. Depression of humoral components of the immune system and physiological responses in gilthead sea bream *Sparus aurata* after daily acute stress. *Contribution journal fish aquaculture science*, 52, pp.1-1. <https://doi.org/10.1139/f95-826>
- Salehi, H., Reiser, S. and Focken, U., 2023. Nutrient Digestibility and Retention of Potential Feed Ingredients for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* w.) Aquaculture in Iran. *Aquaculture Nutrition*. <https://doi.org/10.1155/2023/8910005>.
- Shearer, K.D., 1994. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*, 119(1), pp.63-88. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90444-8](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90444-8)
- Steffens, W., 1997. Effects of variation in essential fatty acid in fish feeds on nutritive value of fresh for humans. *Aquaculture* 151(1-4), pp. 97-119. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01493-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01493-7).
- Vallejo, RL., Rexroad, CE., Silverstein, JT., Janss, LLG. and Weber, GM., 2009. Evidence of major genes affecting stress response in rainbow trout using Bayesian methods of complex segregation analysis. *Journal of Animal Science*, 87(11), pp. 3490–3505. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1616>.
- Weber, G.M., and Silverstein J.T., 2007. Evaluation of a Stress Response for Use in a Selective Breeding Program for Improved Growth and Disease Resistance in Rainbow Trout. *North American Journal of Aquaculture*, 69(1), pp. 69-79. <https://doi.org/10.1577/A05-103.1>
- Wagner, E.J., Bosakowski, T. and Intelmann, S., 1997. Combined effects of temperature and high pH on mortality and the stress response of rainbow trout after stocking. *Transactions of the American Fisheries Society*, 126 (6), pp. 985-998. <https://doi.org/10.1577/1548-8659%281997%29126%3C0985%3ACEOTAH%3E2.3.CO%3B2>.

Yu, Q., Xie, J., Huang, M., Chen, C., Qian, D., Qin, JG., Chen, L., Jia, Y. and Li, E., 2020. Growth and health responses to a long-term pH stress in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports* 16, pp. 100280. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100280>