Journal of Marine Science and Technology

***In Press* / DOI: 10.22113/JMST.2024.431385.2563**

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

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., 2012). Additionally, Fattahi Tari and colleagues (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 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.

In Press

***In Press* / DOI: 10.22113/JMST.2024.431385.2563**

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 growth0 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.

5. REFERENCES

In Press

***In Press* / DOI: 10.22113/JMST.2024.431385.2563**

Abdul Hai, H., Seyed Qomi, M., Pourkazmi, M., Razvani, S. and Naderi Menesh, H., 2014. Comprehensive study of molecular genetics and breeding of cold-water fishes of Iran, Iran Fisheries Research Institute. 44 pages

Vallejo, RL., Rexroad, CE., Silverstein, JT., Janss, LLG., Weber, GM., 2009. Evidence of major genes affecting stress response in rainbow trout using Bayesian methods of complex segregation analysis. J Anim Sci 87:3490–3505.

Phelps, S.R., LeClair, L.L., Young, S. and Blankenship, H.L., 1994. Genetic diversity patterns of chum salmon in the Pacific Northwest. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 51(S1), pp.65-83

Pujolar, J.M., Deleo, G.A., Ciccotti, E., and Zane, L., 2009. Genetic composition of Atlantic and Mediterranean recruits of European eel Anguilla anguilla based on EST-linked microsatellite loci. Journal of Fish Biology. 74:2034-2046.

Palti, Y., Parsons, J.E. and Thorgaard, G.H., 1997. Assessment of genetic variability among strains of rainbow and cutthroat trout using multilocus DNA fingerprints. Aquaculture, 149(1-2), pp.47-56.

In Press

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.

Journal of Marine Science and Technology

***In Press* / DOI: 10.22113/JMST.2024.431385.2563**

مقاله پژوهشی

Available Online: *http://jmst.kmsu.ac.ir*

مقایسه ترکیب بدن و مقاومت به استرس‌های محیطی (دما وpH) در قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) ایرانی و وارداتی پرورش یافته در دومنبع آبی رودخانه و 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 دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۱۱/۲۱ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۱۲/۱۲

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2024.431385.2563

چکیده

ماهیان قزل آلای رنگین کمان وارداتی به دلیل اجرای برنامه های اصلاح نژادی از رشد و کیفیت بهتری نسبت به قزل آلای رنگین کمان تکثیر شده در ایران دارند. در پژوهش حاضر، کیفیت گوشت و مقاومت به استرس های محیطی در ماهی قزل آلای 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 آلای 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 آلای اسپانیایی و ایرانی در هر دو منبع آب رودخانه و چشمه تفاوت معناداری نداشت. بالاترین میزان پروتئین در قزل آلای ایرانی و اسپانیایی در تیمار با منبع آب رودخانه مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که درصد بازماندگی قزل آلای 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 آلای ایرانی با دو منبع آب چشمه و رودخانه بیشتر بود ($P< ۰/۰۵$). در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که قزل‌آلای رنگین‌کمان اسپانیایی مقاومت بیشتری نسبت به استرس های محیطی نسبت به قزل آلای ایرانی داشته که احتمالاً به دلیل اجرای برنامه های اصلاح نژادی روی این گونه بوده است.

واژگان کلیدی: اصلاح نژاد، لاشه، استرس، قزل آلای 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.

In Press

۱. مقدمه

ماهیان پرورشی عموماً به دو دسته ماهیان گرم آبی و سرد آبی تقسیم می‌شوند. گونهٔ قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) جزو گونه های ماهیان سردابی 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 فیزیکوشیمیایی محیط از گونه‌های مهم و تجاری در ایران و جهان در تأمین پروتئین مورد نیاز جوامع بشری مطرح می‌باشد (Hardy et al., 2000). این گونه می‌تواند دمای بالا و کمبود نسبی اکسیژن تحمل کرده و در محیط‌هایی کـه بـه انـدازه کافی آب تعویض می‌گردد تا دمای ۲۰ الی ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد را نیز تحمل نماید. قزل آلای رنگین کمان (*O. Mykiss*) تمام مراحل زندگی خود را در آب های شیرین سپری می‌کند. به‌طورکلی 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 قزل آلای رنگین کمان 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. قـزل آلای رنگـین کمـان نـسبت بـه بسیاری از بیمـاری‌هـا و بخـصوص بیمـاری شایع در ماهیان سردابی به‌نام فرونکولـوزیس 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 قزل آلای رنگین کمان وجود دارد. دمای بهینه برای رشد ماهی قزل‌آلا ۱۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اگرچه تکثیر آن در آب‌هایی با دمای ۱۲–۸ درجه سانتیگراد صورت می‌گیرد. فـراهم نمـودن شـرایط مصنوعی تکثیر و پرورش ماهی از جمله ماهی قزل آلای رنگین کمـان برای این هدف مناسـب تـشخیص داده شـد.

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 بیماری زا مقاومتر می‌باشند و در نتیجه پرورش دهندگان این ماهی رغبت زیادی به پرورش نژادهای اصلاح شده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان وارداتی دارند (Gjedrem et al., 2000). با وجود جمعیت‌های مختلف پرورشی، ارزیابی نژادهای اصلاح شده وارداتی مختلف جهت شناسایی جمعیت گونه‌های دارای رشد سریعتر و مقاوم به استرس‌های محیطی با ضریب بازماندگی بالا امری ضروری می‌باشد که در صنعت پرورش نیز مورد توجه اکثر پرورش دهنده‌گان ماهیان سردابی (قزل آلا) جهت استفاده در صنعت آبزی پروری است. ر اساس جدیدترین آمار، در ایران سالانه بیش از ۳۰۰ میلیون تخم چشم زده و در حدود ۱۹۶ هزار تن ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان در مراکز تکثیر و پرورش تولید می شود (Salehi et al., 2023) که ایران را به عنوان بزرگترین پرورش دهنده ماهی قزل آلای رنگین کمان در دنیا تبدیل کرده است. اگرچه مراکز تکثیر ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان 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 میلیون ها قطعه تخم چشم زده اصلاح نژاد شده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با هدف پرورش وارد ایران می شود. علی رغم استقبال بسیاری از کارگاه های پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان به استفاده از ماهیان وارداتی برای پرورش، اطلاعات جامع و مدونی درخصوص برتری رشد، بازماندگی و مقاومت این نژادها نسبت به قزل آلای تکثیر شده در داخل کشور وجود ندارد. از جمله تحقیقات محدودی که در این زمینه در کشور انجام گرفت، مهدوی و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند که شاخص‌های رشـد و میزان تخم گشایی و بازمانـدگی لاروهـای وارداتی از دانمارکی وضعیت بهتری نسبت به لاروهای تولید داخل داشت. همچنین فتاحی طاری و همکاران (۱۳۹۲) مشخص کردند که قزل آلای رنگین کمان فرانسوی نسبت به نمونه‌های ایرانی هم وزن خود از میزان پروتئین بالاتری بر خوردار بودند. هم اکنون تخم‌های چشم زده اسپانیایی به وفور وارد کشور شده و در بسیاری از کارگاه‌ها پرورش داده می شود (محمدی و همکاران، ۱۴۰۲). پیش از این مشخص شده بود که قزل آلای وارداتی از اسپانیا عملکرد رشد و بازماندگی بهتری نسبت به قزل آلای ایرانی دارد (محمدی و همکاران، ۱۴۰۲). با اینحال هنوز مشخص نشده که آیا تفاوتی در کیفیت گوشت و مقاومت به استرس های محیطی مابین قزل آلای 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 استرس های حاد دمایی و pH اسیدی و قلیایی در قزل آلای 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 قزل آلا رنگین کمان پرورش یافته ایرانی و وارداتی از کشور اسپانیا (از هرنوع، ۴۳۲ قطعه) به عنوان جمعیت‌های مورد آزمایش با وزن اولیه قزل آلای اسپانیایی ۲ ± ۱۹ گرم و قزل آلای ایرانی ۳ ± ۲۵ گرم در۱۲ قطعه استخر ذخیره سازی شد. چهار تیمار آزمایشی در این تحقیق شامل ۱: قزل آلای اسپانیایی در آب رودخانه، ۲: قزل آلای ایرانی در آب رودخانه، ۳: قزل آلای ایرانی در آب چشمه و ۴: قزل آلای اسپانیایی در آب چشمه بود. برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد و ماهی ها به مدت ۹۰ روز در هر یک از تیمارها

In Press

پرورش داده شدند (جدول ۱). دمای آب چشمه در طول دوره آزمایش ۰/۵ ± ۱۵/۸ درجه سانتیگراد بود که نسبت به دمای آب رودخانه در همان بازه زمانی (۰/۱ ± ۱۴/۳ درجه سانتیگراد) تغییرات کمتری داشت و به دمای بهینه رشد ماهی قزل آلا نزدیکتر بود. برای غذادهی نوع خوراک اکسترود GFT2 و GFT1 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. وزن نهایی قزل آلای اسپانیایی و قزل آلای ایرانی به ترتیب ۰/۷ ± ۲۱۲/۴ و ۰/۵ ± ۱۶۷/۰ گرم بود.

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, type VAP.40, Germany) و چربی لاشه با استفاده از دستگاه سوکسله (Gerhardt, type SE-416, Germany) انجام شد. برای اندازه‌گیری خاکستر لاشه، نمونه‌ها در بوته‌های چینی ریخته شده و سپس به مدت ۸ ساعت در داخل کوره‌ی الکتریکی (Nabertherm, Germany) در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

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 pH 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 حدود۱۰ 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 ماهی ها با فرمول زیر بررسی شد.

درصد بازماندگی: (Xue *et al*., 2006)

$$\text{Survival rate}= (\frac{N1}{N0}) \times 100$$ 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 بوسیله آزمون کولموگروف–اسمیرنوف و از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه (ANOVA way-One) 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 ± انحراف معیار ارائه گردید.

۳. نتایج

درصد پروتئین لاشه در بازه زمانی ۹۰ روزه در تیمارهای قزل آلای اسپانیایی و ایرانی در هر دو منبع آب رودخانه و چشمه تفاوت معناداری را با نسبت به هم نشان نداد (شکل ۱). با اینحال میزان پروتئین در قزل آلای ایرانی به طور معنی داری در آب رودخانه بیشتر از آب چشمه بود($P< ۰/۰۵$).

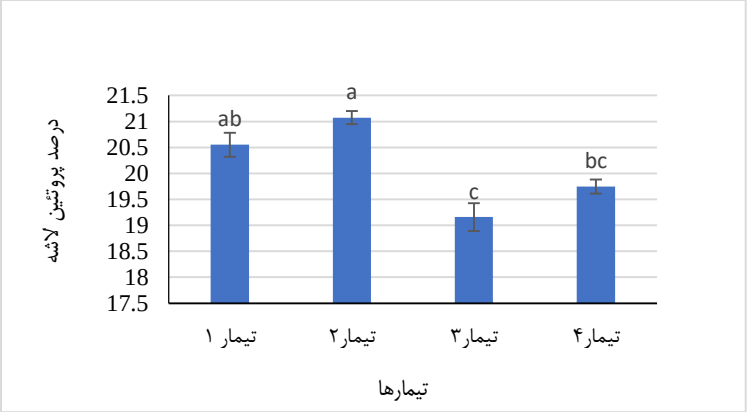
شکل ۲ درصد چربی لاشه در بازه زمانی ۹۰ روزه در تیمارهای قزل آلای اسپانیایی و ایرانی در هر دو منبع آب رودخانه و چشمه را نشان می دهد. تفاوت معناداری در هیچ کدام از تیمارهای پرورشی مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$).

جدول۱. مشخصات تیمارهای آزمایشی شامل نوع منبع آب، تراکم ماهی و حجم حوضچه ها

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

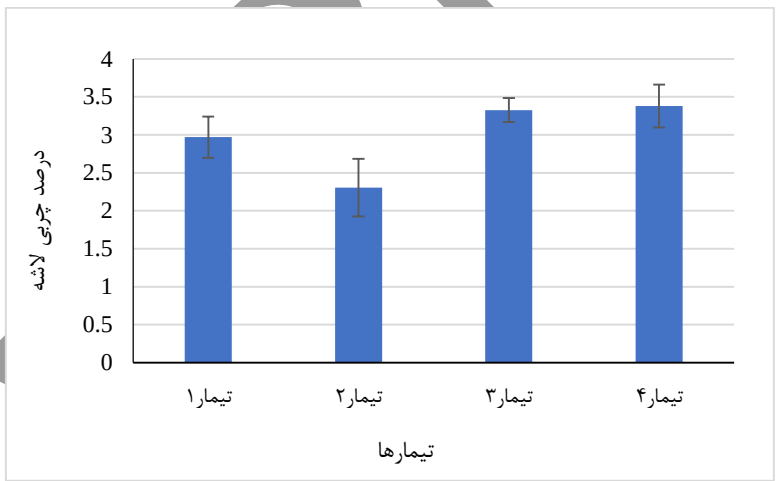
Treatment numbers	Type of fish	Water source	Density	Tank volume
1	Spanish Rainbow Trout	River water	72	30 m^3
2	Iranian Rainbow Trout	River water	72	30 m^3
3	Iranian Rainbow Trout	Spring water	72	30 m^3
4	Spanish Rainbow Trout	Spring water	72	30 m^3

In Press



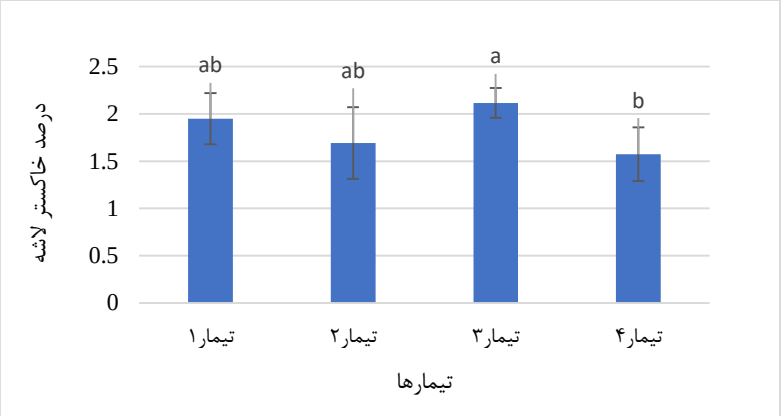
شکل ۱- تغییرات (میانگین±انحراف معیار) شاخص درصد پروتئین لاشه ماهی قزل آلای رنگین کمان در تیمارهای مختلف. تیمار ۱: قزل آلای اسپانیایی در آب رودخانه، تیمار ۲: قزل آلای ایرانی در آب رودخانه، تیمار ۳: قزل آلای ایرانی در آب چشمه، تیمار ٤: قزل آلای اسپانیایی در آب چشمه. حروف غیرمشابه اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح ٥ 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 آلای رنگین کمان در تیمارهای مختلف. تیمار ۱: قزل آلای اسپانیایی در آب رودخانه، تیمار ۲: قزل آلای ایرانی در آب رودخانه، تیمار ۳: قزل آلای ایرانی در آب چشمه، تیمار ٤: قزل آلای اسپانیایی در آب چشمه. حروف غیرمشابه اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح ٥ 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 آلای رنگین کمان در تیمارهای مختلف. تیمار ۱: قزل آلای اسپانیایی در آب رودخانه، تیمار ۲: قزل آلای ایرانی در آب رودخانه، تیمار ۳: قزل آلای ایرانی در آب چشمه. تیمار ٤: قزل آلای 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.

درصد کربوهیدرات لاشه در تیمار قزل آلای اسپانیایی با منبع آب رودخانه (تیمار۱) و قزل آلای ایرانی با منبع آب رودخانه (تیمار۲) تفاوت معناداری نشان نداد ($P>0/05$). بیشترین میزان کربوهیدرات در قزل آلای ایرانی با منبع آب چشمه مشاهده شد (شکل ۳). جدول ۲ بازماندگی ماهی قزل آلای ایرانی و اسپانیایی با دو منبع آب چشمه و رودخانه در مواجهه با استرس های دمایی، pH اسیدی و pH قلیایی را نشان میدهد. قزل آلای اسپانیایی با دو منبع آب چشمه و رودخانه ۷۵ درصد بازماندگی نشان دادند، حال آنکه ۱۰۰ درصد قزل آلای ایرانی با دو منبع آب چشمه و رودخانه پس از استرس های دمایی به مدت ۶ ساعت و pH های اسیدی و قلیایی به مدت ۷ ساعت بی‌حال و رنگ آن‌ها تیره و در سطح آب مشاهده شدند. درصد بازماندگی قزل آلای اسپانیایی با دو منبع آب چشمه و رودخانه در مواجهه با استرس های دمایی، pH اسیدی و pH قلیایی به طور معنی داری از قزل آلای ایرانی با دو منبع آب چشمه و رودخانه بیشتر بود ($P< 0/05$).

جدول۲- درصد بازماندگی پس از استرس های دمایی، pH اسیدی و pH قلیایی در ماهی قزل آلای رنگین کمان 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.

In Press

٤. بحث

بزرگ‌ترین کشورهای صادرکننده تخم چشم زده قزل آلای رنگین کمان 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. مطالعه قبلی نشان داد که عملکرد رشد قزل آلای وارداتی از اسپانیا عملکرد رشد و بازماندگی بهتری نسبت به قزل آلای ایرانی دارد (Mohammadi et al., 2023). در تحقیق حاضر کیفیت گوشت و مقاومت به استرس‌های حاد دمایی و pH در قزل آلای 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 قزل آلای اسپانیایی و ایرانی نشان نداد، با این‌حال قزل آلای اسپانیایی مقاومت بیشتری نسبت به قزل آلای ایرانی در مواجه با استرس های حاد محیطی از خود نشان داد.

ماهی قزل آلا 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 معنی داری در کیفیت گوشت قزل آلای اسپانیایی و ایرانی نشان نداد، با اینحال محتوای پروتئین قزل آلای ایرانی در آب رودخانه نسبت به آب چشمه بیشتر بود که احتمالاً به دلیل تاثیر عوامل محیطی بر کیفیت لاشه ماهیان پرورشی بود. مطالعات در آزادماهیان پرورشی نشان می دهد که میزان پروتئین و چربی لاشه تحت تاثیر 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 که می تواند یکی از دلایل تفاوت کیفیت لاشه ماهی قزل آلا در این دو منبع آبی باشد. پژوهش Steffens (۱۹۹۷) نشان داد که کیفیت گوشت نژادهای مختلف قزل آلای رنگین کمان در وزن‌های مختلف متفاوت است. همچنین در پژوهشی که توسط (Fattahi et al., 2013) انجام گرفت مشخص شد میزان پروتئین در همهٔ وزن‌ها در قزل آلای فرانسوی بیشتر از قزل آلای ایرانی بود و وجود این اختلاف را به‌دلیل وجود اسیدآمینه‌های ضروری بیشتر در قزل آلای وارداتی فرانسوی نسبت به ایرانی دانستند که نشان‌دهنده کیفیت بهتر گوشت قزل آلای وارداتی بود. تحقیقات نشان می دهد که عوامل ژنتیکی بر ویژگی‌های کیفیت گوشت قزل آلای رنگین کمان 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 قزل آلای اسپانیایی و قزل آلای ایرانی احتمالاً برنامه اصلاح نژادی قزل آلای اسپانیایی تاثیری بر صفات مرتبط با کیفیت عضله نداشته است. در مطالعه قبلی نتایج پارامترهای رشد نشان داد که پس از ۹۰ روز دوره پرورش، افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در قزل آلای اسپانیایی به طور معنی داری در هر دو منبع آبی چشمه و رودخانه بیشتر از قزل آلای ایرانی بود. همچنین ضریب تبدیل غذایی در قزل آلای اسپانیایی پرورش داده شده در دو منبع آبی چشمه و رودخانه به طور معنی داری کمتر از قزل آلای ایرانی بود (Mohammadi et al., 2023). از آنجا که شاخص های تغذیه ای می توانند از مهمترین عوامل موثر بر ترکیب بدن ماهی باشند، در نتیجه تفاوت های مشاهده شده در آنالیز تقریبی بدن در قزل آلای اسپانیایی و قزل آلای ایرانی می تواند به دلیل تفاوت در شاخص های تغذیه ای و رشد این دو گروه از ماهیان باشد.

استرس‌های دمایی و pH از جمله استرس‌های محیطی در مزارع پرورش ماهیان قزل آلا بخصوص در شرایط متراکم می باشند که می‌تواند سبب کاهش عملکرد رشد، سلامت و تلفات ماهیان شود. طبق پژوهش Wagner در سال ۱۹۹۷که به‌منظور ارزیابی بقا و پاسخ استرس در قزل آلای رنگین کمان درتیمارهای با شرایط مختلف انجام گرفت، مشخص شد استرس دمای 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 قزل آلای رنگین کمان تاثیر منفی داشت و موجب تلفات بالای ماهیان گردید (Khorshidi et al., 2017). نتایج تحقیق حاضر مشخص کرد که بازماندگی ماهی قزل آلای اسپانیایی در دو منبع آب چشمه و رودخانه در مواجهه با استرس-های دمایی، pH اسیدی و pH قلیایی به طور چشمگیری بیشتر از قزل آلای ایرانی بود. این نتیجه نشان می‌دهد که اصلاح نژاد ماهی قزل آلای اسپانیایی احتمالاً موجب بهبود مقاومت به استرس‌های محیطی شده است. این نتایج با عملکرد بهتر رشد در قزل آلای اسپانیایی نسبت به قزل آلای ایرانی نیز مطابقت دارد (Mohammadi et al., 2023). اگرچه امروزه برنامه‌های اصلاح نژادی در ماهی قزل آلا بیشتر با هدف رشد و مقاومت در برابر بیماری است، با این‌حال مقاومت به استرس‌های محیطی از جمله اهداف مهم دیگر برنامه‌های اصلاح نژادی در ماهی قزل آلااست (Weber and Silverstein, 2007). استرس جزء اجتناب‌ناپذیر پرورش ماهی بخصوص در شرایط پرورش متراکم است، به طوریکه 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 پرورشی احتمالاً باعث بهبود رشد، کاهش بروز بیماری و بهبود عملکرد مولدین می‌شود. اصلاح نژاد قزل آلای رنگین کمان 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;

In Press

Fevolden et al., 1991, 1994; Roed et al., 1993 a, b; (Pottinger and Pickering, 1997

نقشه‌برداری ژنتیکی بر اساس لکوس های صفات کمی (QTL) نشان داده است که پاسخ به استرس های محیطی از جمله افزایش تولید کورتیزول پلاسما پس از استرس در قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت کنترل توارث بوده و بنابراین می توان با اصلاح نژاد ماهیان قزل آلای رنگین کمان از طریق انتخاب صفات مهم مرتبط با مقاومت به استرس در لکوس های صفات کمی نژادهای مقاوم به استرس تولید کرد (Vallejo et al., 2009)در مجموع نتایج این تحقیق تفاوت معنی داری در کیفیت گوشت قزل آلای اسپانیایی و ایرانی در هر دو منبع آب رودخانه و چشمه نشان نداد، با این‌حال میزان پروتئین لاشه در قزل آلای ایرانی به طور معنی داری 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 استرس های محیطی نسبت به قزل آلای ایرانی داشت که با در در نظر گرفتن رشد و بازماندگی بهتر قزل آلای وارداتی اسپانیایی نسبت به قزل آلای ایرانی در برابر استرس های محیطی می توان نتیجه گیری کرد که عملکرد بهتر قزل آلای وارداتی اسپانیایی به دلیل اجرای برنامه های اصـلاح نـژادی روی این گونه بوده است.

Refrences:

Abdul Hai, H., Seyed Qomi, M., Pourkazmi, M., Razvani, S. and Naderi Menesh, H., 2014. Comprehensive study of molecular genetics and breeding of cold-water fishes of Iran, Iran Fisheries Research Institute. 44 pages.

Alipour, A., Darafshan, S., Ghasemi, A., 2012. Genetic structure of Spanish and American rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Scientific Journal of Iranian Fisheries. 22nd *year*/number/1 Spring 2012. DOI: 10.22092/isfj.2017.110103

Bataillon, T.M., David, J.L. and Schoen, D.J., 1996. Neutral genetic markers and conservation genetics: simulated germplasm collections. *Genetics*, *144*(1), pp.409-417.DOI: 10.1093/genetics/144.1.409

Bozkurt, Y., 2006. The relationship between body condition, sperm quality parameters and fertilization success in rainbow trout (*Oncorhyncus mykiss*). Journal of Animal and Veterinary Advances. 5(4), pp. 284-288.

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.DOI: 10.1016/0044-8486(94)90230-5

Crouse, CC., Davidson, JW., Good CM. 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. Aqua Res. 49:1672–1681. DOI: 10.1111/are.13623

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, ISBN. 2014; 978-92-5-108275-1.

Fattahi Tari., 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. DOI: 10.22092/vj.2013.101036

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.DOI:10.1111/j.1095-8649. 1993.tb01166.x

Fevolden, S.E. Roed, K.H. and Gjerde, B., 1994. Genetic components of post-stress cortisol and lysozyme activity in Atlantic salmon; correlations to disease resistance. Fish Shellfish Immunol. 4, 507-519.DOI:10.1006/fsim.1994.1045.

Pottinger, T.G., and Pickering, A.D., 1997. Genetic basis to the stress response: selective breeding for stress. In: "Fish stress and health in aquaculture" (Iwama, Pickering, Sumpter and Schreck, eds.) pp: 171-193. Cambridge Univ. Press. Cambridge. UK.

Roed, K.H., Fjaelstad, K.T., and Stromsheim, A., 1993 b. Genetic variation in lysozyme activity and spontaneous hemolytic activity in Atlantic salmon (Salmo salar). Aquaculture 114, 19-31.DOI: 10.1016/0044-8486(93)90247-V

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. DOI:10.1016/0044-8486(91)90072-F

Gjedrem, T.,2000. Genetic improvement of cold-water fish species. Aquaculture Research (31), 25– 33. DOI: 10.1046/j.1365-2109.2000. 00389.x

Goddard, S., 2012. Feed management in intensive aquaculture. Springer Science & Business Media.

Hardy, R.W., 2002. Rainbow trout, Oncorhynchus mykiss. In Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture (pp. 184-202). Wallingford UK: CABI Publishing.

Houlihan Dominic Thierry Boujard, and Malcolm Jobling. eds. Food intake in fish. John Wiley & Sons, 2008.

Khorshidi, S., Khara, H., 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 Science, pp 219-232

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; 7th year, 1st issue, spring.

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. 7th year, 1st issue, spring 2013.

Mahmodi, R., Gandomkar, H., Abdolhai, H.A., Matinfar, A., Rezvani Gilkolai, S. and Sajad Nazari, S., 2014. Genetic variations of Iranian and French stocks of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

Mahmoudi, R., Gundamkar, H., A., Abdul Hai, H., Metinfar, A., Razvani Gil Kalani, S., Nazari, S., 2014. Genetic differences of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) available in Iran and trout imported from France, Scientific Journal of Iranian Fisheries. 23rd year/number 1/spring 2013.

Metcalfe, N.B., Wright, P.J. and Thorpe, J.E., 1992. Relationships between social status, otolith size at first feeding and subsequent growth in Atlantic salmon (Salmo salar). *Journal of Animal Ecology*, pp.585-589.

Moksness, E., Kjorsvik, E. and Olsen, Y. eds., 2008. *Culture of cold-water marine fish*. John Wiley & Sons. DOI:10.1002/9780470995617

Mohammadi, A., Abdoli, L., 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(in Persian)

Palti, Y., Parsons, J.E. and Thorgaard, G.H., 1997. Assessment of genetic variability among strains of rainbow and cutthroat trout using multilocus DNA fingerprints. *Aquaculture*, *149*(1-2), pp.47-56.

Phelps, S.R., LeClair, L.L., Young, S. and Blankenship, H.L., 1994. Genetic diversity patterns of chum salmon in the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *51*(S1), pp.65-83.

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*, pp.253-258.

Pickering, A.D., 1993. Growth and stress in fish production. In *Genetics in aquaculture* (pp. 51-63). Elsevier.

Pujolar, J.M., Deleo, G.A., Ciccotti, E., and Zane, L., 2009. Genetic composition of Atlantic and Mediterranean recruits of European eel *Anguilla anguilla* based on EST-linked microsatellite loci. Journal of Fish Biology. 74:2034-2046.

Reed, D.H., Lowe, E.H., Briscoe, D.A. and Frankham, R., 2003. Fitness and adaptation in a novel environment: effect of inbreeding, prior environment, and lineage. *Evolution*, *57*(8), pp.1822-1828.

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.

Smoker, W.W., Gharrett, A.J., Stekoll, M.S. and Joyce, J.E., 1994. Genetic Aanalysis of Size in an Anadromous Population of Pink Salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *51*(S1), pp.9-15. DOI: 10.1139/f94-289

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. *Can. j. fish. aquat. sci*, *52*, pp.1-1. DOI: 10.1139/f95-826

Vallejo, RL., Rexroad, CE., Silverstein, JT., Janss, LLG., Weber, GM., 2009. Evidence of major genes affecting stress response in rainbow trout using Bayesian methods of complex segregation analysis. J Anim Sci 87:3490–3505. DOI: 10.2527/jas.2008-1616

Weber, G.M., 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, 69-79, DOI: 10.1577/A05-103.

Qiuran Yu, Jia Xie, Maoxian Huang, Chengzhuang Chen, Dunwei Qian, Jian G. Qin, Liqiao Chen, Yongyi Jia, Erchao Li, 2020. Growth and health responses to a long-term pH stress in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* Aquaculture Reports 16, 100280. DOI: 10.1016/j.aqrep.2020.100280

Salehi, H., Reiser, S., Focken, U. 2023. Nutrient Digestibility and Retention of Potential Feed Ingredients for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Aquaculture in Iran. Aquaculture Nutrition 2023, 13.DOI: 10.1155/2023/8910005

Shearer, K.D. 1994. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. Aquaculture, 119(1),63-88.

In Press