



Effect of waterless transportation on the stress and hematology indices of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*)

Esmail Abdollahzadeh^{1✉}, Omid Jafari², Mehdi Alboofetileh³ Mohammad Hassanzadeh Saber⁴, Tooraj Sohrabi⁵

1. Corresponding author, International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. abdollahzadeh@rocketmail.com
2. International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. Email: jaafari.omid@yahoo.com
3. Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran. Email: m.alboofetile@yahoo.com
4. International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. Email: saber.merag@gmail.com
5. International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. Email: t.sohrabi@areeo.ac.ir

Article Info

ABSTRACT

Article type:
Research Article

Article history:
Received 3 May 2026
Received 17 June 2026
Accepted 1 July 2026

Keywords:
Waterless fish transportation,
Cortisol,
Glucose,
Hematology,
Siberian sturgeon.

Waterless live fish transportation is considered a low-cost and innovative drug-free transportation strategy. The aim of the present study was to investigate the feasibility of transporting live *Acipenser baerii* (Siberian sturgeon) without water to the market. To investigate the effects of this transportation method, various fish indices, including stress parameters (cortisol and glucose) and hematology indices, were evaluated. The results showed that the survival rate of the sturgeon studied after 20 hours of waterless transport was 100%. The glucose levels in the waterless-transported group (86.05 ± 3.55 mg/dl) increased significantly compared with the control group (62.3 ± 6.1 mg/dl) ($P < 0.05$). However, no significant difference was observed in the cortisol levels. Moreover, no significant difference was observed in hematology indices (white blood cells, hemoglobin, red blood cell count, hematocrit, MCV, MCH, and MCHC) in the treatments. In general, although waterless live fish transportation can induce stress in Siberian sturgeon, this strategy has 100% survival and has no significant impact on the hematology indices. Therefore, this method can be recommended for transporting live Siberian sturgeon to the market.

Cite this article: Abdollahzadeh, E., Jafari, O., Alboofetileh, M., Hassanzadeh Saber, M., & Sohrabi, T. (2026). Effect of waterless transportation on the stress and hematology indices of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Journal of Aquaculture Sciences*, 14(1), 45-56.



© Author(s) retain the copyright.

Publisher: Iranian Aquaculture Society.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Live fish are in a more favorable than frozen products in terms of quality and nutritional value; therefore, delivering live fish to the final consumer is of great importance in marketing and fisheries management. Proper storage and transportation, as well as appropriate transportation of live fish to the consumer, are crucial in order to ensure the quality and safety of the product. Research demonstrates that transportation and packaging methods have a great impact on consumers' purchasing decisions. In recent years, waterless fish transportation (WFT) has been considered as a novel technology in the seafood industry. In this method, fish are transported using controlled anesthesia, reduced metabolism, gradual cooling, and special packaging. This technique greatly reduces the weight of the transported water, increases the transportable density, reduces logistics costs, reduces stress and physical damage, and reduces the possibility of cross-contamination. As a result, WFT can improve the final product quality, increase the survival of aquatic animals, and reduce losses during transportation; it is especially recommended for species with high economic value, such as some marine fish and sturgeon. Recent research shows that WFT technology can increase survival rates and improve meat quality. So far, this technique has been used in the transportation of fish, shrimp, crabs, and mollusks. Given the high economic value of sturgeon and the need to develop new methods of fish transportation, no study has been conducted on WFT for the transportation of Siberian sturgeon. Therefore, this study examines the impact of WFT on hematology indices of Siberian sturgeon.

Material and Methods

A total of 30 Siberian sturgeon fry and young fish (3 years old) were selected and transferred to 500 and 1000 liter tanks. Fasted fish (for 48 h) with empty guts were used in the study. During the fasting period, the water flow was maintained with sufficient aeration. After two days, the water flow was stopped, and the water temperature was gradually decreased to 6-4°C with chlorine-free ice. At this time, the fish were randomly divided into two treatments (control and WFT treatments). For WFT, the fish were placed in plastic bags containing pure oxygen (and without water), and kept at 4°C for 20 hours. There were a maximum of two to three fish in each plastic bag. The control treatment fish were also kept in the same initial tanks (500 and 1000 liters). After the end of the storage period WFT treatment, the fish were released into tanks with a temperature of 4-6°C for recovery, and the temperature was gradually increased to 17°C by establishing the flow of well water. To examine the blood indices, two fish were selected from each experimental treatment. Then, 1 ml of blood was collected using a heparinized syringe. The blood was then poured into a microtube previously impregnated with 10µl heparin. The microtube was closed, and the contents were gently shaken twice. The blood samples were immediately transported to the laboratory for hematology analyses.

Results

The results showed that the survival rate of the sturgeon studied was 100% after 20 hours of waterless transport. Glucose levels in the WFT group (86.05 ± 3.55 mg/dl) increased significantly compared with the control group (62.3 ± 6.1 mg/dl) ($P < 0.05$). However, no significant difference was observed in the cortisol levels. Moreover, no significant differences were observed in hematology indices (white blood cell count, hemoglobin, red blood cell count, hematocrit, MCV, MCH, and MCHC) between the two treatments.

Discussion and Conclusion

Hematology indices are used as physiological indices in response to stimuli and stresses. It has been proven that stress factors change in response to external or internal stimuli. In the present study, hematology and stress indices were measured. In sturgeon, as in other teleost fish, increases in glucose and cortisol levels are considered indices of stress. In the present work, glucose levels in Siberian sturgeon fry in the WFT group were significantly higher than in the control group. For the first time, the effects of WFT on blood indices and stress were evaluated in Siberian sturgeon. In general, the results reveal that there was no significant difference in the amount of white blood cells, hemoglobin, red blood cell count, hematocrit, MCV, MCH, and MCHC in Siberian sturgeon in the treatments; therefore, the waterless transportation technique can be recommended for transporting Siberian sturgeon to the seafood market.

اثرات حمل بدون آب بر شاخص‌های استرس و خون‌شناسی تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii*)

اسماعیل عبدالله‌زاده^۱✉، امید جعفری^۲، مهدی آل‌بوقتیله^۳، محمد حسن‌زاده صابر^۴، تورج سهرابی^۵

۱. نویسنده مسئول، انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. رایانامه: abdollahzadeh@rocketmail.com
۲. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. رایانامه: jaafari.omid@yahoo.com
۳. پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران. رایانامه: m.alboofetile@yahoo.com
۴. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. رایانامه: saber.merag@gmail.com
۵. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. رایانامه: t.sohrabi@areeo.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

حمل ماهی زنده بدون آب به‌عنوان یک راهبرُد حمل‌ونقل نوین کم‌هزینه و بدون استفاده از دارو محسوب می‌گردد. هدف از مطالعه حاضر، امکان‌سنجی حمل‌ونقل تاسماهی سبیری زنده بدون استفاده از آب تا بازار مصرف بود. به‌منظور بررسی اثرات این روش حمل، شاخص‌های مختلف ماهی شامل پارامترهای استرس (کورتیزول و گلوکز) و شاخص‌های هماتولوژی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد میزان بازماندگی ماهیان مورد مطالعه پس از ۲۰ ساعت حمل بدون آب، ۱۰۰ درصد است. میزان فاکتورهای گلوکز سرم خون در بچه ماهیان حمل بدون آب شده ($86/05 \pm 3/55$ mg/dl) در مقایسه با گروه شاهد ($62/3 \pm 6/1$ mg/dl) افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$) اما اختلاف معنی‌داری در میزان سطح کورتیزول پلاسما (دامنه ۶۴۰-۶۷۱ ng/ml در بچه ماهیان و ۸۳۲-۹۵۳ ng/ml در ماهیان ۳ ساله) در دو تیمار حمل بدون آب و تیمار شاهد مشاهده نگردید. همچنین یافته‌ها نشان داد میزان گلبول‌های سفید، هموگلوبین، شمارش گلبول‌های قرمز، هماتوکریت، میزان MCV، MCH و MCHC در ماهیان در دو تیمار شاهد و حمل بدون آب تفاوت معنی‌داری ندارد. از مجموع نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری نمود اگرچه روش حمل بدون آب باعث بروز استرس در ماهیان می‌شود، اما این روش با توجه به اینکه بازماندگی ۱۰۰ درصدی دارد و در عین حال تأثیر معنی‌داری در پارامترهای هماتولوژی خون ندارد، می‌تواند به‌عنوان یک روش حمل، صرفاً برای مقاصد حمل ماهی تا بازار مصرف مورد استفاده قرار گیرد.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی،

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۱۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۱۰

کلیدواژه‌ها:

حمل ماهی بدون آب،

کورتیزول،

گلوکز،

هماتولوژی،

تاسماهی سبیری.

استاد: عبدالله‌زاده، اسماعیل؛ جعفری، امید؛ آل‌بوقتیله، مهدی؛ حسن‌زاده صابر، محمد؛ و سهرابی تورج، (۱۴۰۵). اثرات حمل بدون آب بر شاخص‌های استرس و خون‌شناسی تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii*). *علوم آبی‌پروری*، ۱۴(۱)، ۴۵-۵۶.



مقدمه

امروزه مصرف‌کنندگان آبزیان تمایل بسیار زیادی به خرید ماهی زنده در آکواریوم‌ها و مخازن موجود در فروشگاه‌ها دارند و میزان این تقاضا نسبت به آبزیان منجمد به‌صورت فزاینده‌ای روبه افزایش است (Mi et al., 2012; Wang et al., 2020). آبزیان زنده از نظر کیفی و ارزش غذایی در وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایر فرآورده‌های منجمد دارند؛ بنابراین نگهداری ماهی به‌صورت زنده و تحویل آن به مصرف‌کننده نهایی در بازاریابی و مدیریت شیلاتی دارای اهمیت بسیار بالایی است. نگهداری و حمل مناسب و همچنین تحویل صحیح آبزی زنده به مصرف‌کننده به‌منظور حصول اطمینان از کیفیت و ایمنی فرآورده بسیار حائز اهمیت است. مطالعات نشان می‌دهد روش‌های حمل و بسته‌بندی بر تصمیم خرید مصرف‌کنندگان تأثیر بالایی دارند (Zhang et al., 2017). با پیشرفت‌های انجام شده در فناوری حمل ماهی زنده، به‌صورت معمول می‌توان دو راهبرد مختلف را اتخاذ کرد. دو تکنیک سیستم بسته و سیستم باز، دو راهبرد انتقال ماهی زنده به‌شمار می‌رود. سیستم باز در واقع شامل دامنه گسترده‌ای از محفظه‌های کوچک انتقال ماهی تا تانکرها و واگن‌های بزرگ حاوی آب را شامل می‌شوند درحالی‌که در سیستم بسته، آبزی در یک واحد کاملاً بسته که حاوی اکسیژن موردنیاز است، حمل می‌گردد (Wang et al., 2020). جهت انتقال آبزیان در هر دو سیستم مذکور، به آب بسیار زیادی نیاز است که این موضوع موجب افزایش مصرف انرژی و افزایش هزینه‌های حمل و نقل می‌شود. یکی از راهکارهای اساسی افزایش بهره‌وری تحویل ماهی زنده به مصرف‌کنندگان، کاهش میزان مصرف آب است. حمل بدون آب ماهی در شرایط سرد یکی از راهکارهای مناسب زیست‌محیطی است که موجب افزایش تراکم ماهیان قابل حمل از طریق کاهش متابولیسم و استرس می‌شود (Harmon, 2009).

در سال‌های اخیر حمل‌ونقل بدون آب آبزیان (Waterless fish transport) به‌عنوان یک فناوری نوین در صنعت شیلات موردتوجه قرار گرفته است. در این روش، آبزیان با استفاده از بی‌هوشی کنترل شده، کاهش متابولیسم، سرمایش تدریجی و بسته‌بندی ویژه جابه‌جا می‌شوند. این تکنیک باعث کاهش شدید وزن آب حمل شده، افزایش تراکم قابل حمل، کاهش هزینه‌های لجستیکی، کاهش استرس و آسیب فیزیکی، و کاهش احتمال آلودگی متقابل می‌شود. در نتیجه، حمل بدون آب می‌تواند به بهبود کیفیت نهایی محصول، افزایش دوام زنده‌مانی آبزیان و کاهش تلفات در مسیر حمل‌ونقل منجر شود؛ به‌ویژه برای گونه‌های با ارزش اقتصادی بالا مانند برخی ماهیان دریایی و ماهیان خاویاری قابل پیشنهاد است.

مطالعات بر روی ماهی تیلاپیا نشان می‌دهد استرس حمل در داخل مخازن مجهز به هواده (سیستم باز) در تراکم‌های ۱۰۰ تا ۴۰۰ kg/m³، علاوه بر اینکه موجب افزایش گلوکز و کورتیزول پلاسمای خون می‌شود، بر روی خواص ظرفیت نگهداری آب، میزان هدر رفت آب و آبدار بودن فیله مؤثر است؛ به‌طوری‌که ماهیانی که بیشتر در معرض استرس قرار گرفته بودند از میزان ظرفیت نگهداری آب فیله کاسته شد (Goes et al., 2018). در تحقیقی که توسط Wang و همکاران (۲۰۲۰) بر روی حمل بدون آب تاسماهی چینی پرورشی (*Acipenser schrenckii*) انجام پذیرفت؛ نتایج نشان داد دما و اکسیژن مهم‌ترین فاکتورهای محیطی در حمل ماهی بدون آب هستند. این فاکتورهای محیطی تأثیر معنی‌داری در بازماندگی و فیزیولوژی ماهی دارند. یافته‌های این پژوهش نشان داد حمل بدون آب ماهی اثر معنی‌دار منفی بر کیفیت گوشت نظیر میزان پروتئین و چربی‌ها ندارد.

هرچند حمل‌ونقل ماهیان زنده شامل مراحل صید، بارگیری، حمل‌ونقل، و تخلیه است؛ اما به‌دلیل نوسانات دمایی طی این مراحل استرس زیادی به آبزی منتقل می‌شود که برای آبزی مدت‌ها طول می‌کشد به این استرس‌ها غلبه کند (Zhang et al., 2025). این در حالی است که ماهی در حالت خواب یا بی‌هوشی متحمل استرس و شوک کمتری می‌شود. ماهی زنده تحت شرایط سرد می‌تواند بی‌هوش شده و نهایتاً در مقصد با افزایش تدریجی دما ریکاوری گردد. این کار پیچیدگی و هزینه حمل‌ونقل ماهی را کاهش می‌دهد. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد فناوری حمل بدون آب می‌تواند نرخ بازماندگی را افزایش و کیفیت گوشت را افزایش دهد. تاکنون از این تکنیک در حمل‌ونقل ماهی، میگو، خرچنگ و نرم‌تنان استفاده شده است. با توجه به ارزش اقتصادی بالای ماهیان خاویاری و ضرورت توسعه روش‌های نوین حمل و نقل ماهی، تاکنون مطالعه‌ای در خصوص حمل‌ونقل بدون آب، جهت

حمل تاسماهی سیبری صورت نگرفته است. از این رو، در این مطالعه به امکان‌سنجی حمل‌ونقل بدون آب تاسماهی سیبری پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی مخازن: پیش از انجام آزمایش‌ها، تعداد ۴ مخزن ۵۰۰ لیتری و یک عدد مخزن ۱۰۰۰ لیتری در انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری (رشت) شستشو و آبگیری شد. میزان دمای آب در آغاز دوره آزمایش در محدوده ۱۷-۱۸ درجه سانتی‌گراد بود.

حمل بدون آب: پس از انجام پیش‌آزمون، تعداد ۳۰ عدد بچه‌ماهی تاسماهی سیبری و ماهیان جوان (۳ ساله) انتخاب و به مخازن ۵۰۰ و ۱۰۰۰ لیتری منتقل شدند. ماهیان به مدت ۴۸ ساعت قطع غذا شده و طول این مدت، جریان آب به همراه اکسیژن برقرار بود. پس از دو روز، جریان آب قطع و دمای آب با کمک یخ بدون کلر و کاملاً به صورت تدریجی به ۶ تا ۴ درجه سانتی‌گراد رسانده شد. در این زمان ماهیان به صورت تصادفی به دو تیمار (شاهد و حمل بدون آب) تقسیم شدند. به منظور حمل بدون آب، ماهیان در کیسه‌های پلاستیکی دو جداره حاوی اکسیژن خالص (و بدون آب) بارگیری و به مدت ۲۰ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در هر کیسه پلاستیکی حداکثر دو تا سه ماهی وجود داشت. ماهیان تیمار شاهد نیز در همان مخازن اولیه (۵۰۰ و ۱۰۰۰ لیتری) نگهداری شدند. پس از خاتمه دوره نگهداری در تیمار حمل بدون آب، جهت ریکاوری ماهیان در مخازن با دمای ۴ تا ۶ درجه سانتی‌گراد رهاسازی و به تدریج با برقراری جریان آب چاه، دما به ۱۷ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت.

بررسی شاخص‌های خونی: به منظور بررسی شاخص‌های خونی، از هر تیمار آزمایشی ۲ ماهی انتخاب و سپس با کمک سرنگ هپارینه شده ۱ میلی‌لیتر خون از ساقه دمی برداشت شد. سپس خون به داخل یک میکروتیوب که از قبل درون آن با ۱۰ میکرولیتر هپارین آغشته شده بود، ریخته شد. درب میکروتیوب را بسته و به آرامی دو بار محتویات هم زده می‌شود. نمونه خون در کنار یخ خشک بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. به منظور جداسازی پلاسما، نمونه‌های خون به مدت ۶ دقیقه با دور ۴۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. نمونه‌های پلاسما تا زمان انجام آزمایش‌ها در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پلاسماهای نمونه‌های خون برای بررسی فاکتورهای مختلف به آزمایشگاه تخصصی ویرومد استان گیلان؛ شهرستان رشت منتقل گردید. به منظور بررسی ضربات آبشش، میزان حرکات آبشش به صورت چشمی (و بدون ایجاد استرس) با کمک کرنومتر در ۶۰ ثانیه شمارش گردید (Kazemi *et al.*, 2019). **پردازش آماری:** پردازش آماری با کمک نرم‌افزار SPSS (IBM) v23 انجام پذیرفت. پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، از آزمون T-test مستقل، جهت بررسی وجود اختلافات معنی‌دار بین تیمارهای شاهد و حمل بدون آب (در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ درصد) استفاده شد.

نتایج

نتایج نشان داد میزان بازماندگی بچه‌ماهیان تاسماهی سیبری و ماهیان جوان پس از ۲۰ ساعت حمل بدون آب ۱۰۰ درصد بوده و هیچگونه تلفاتی قبل و بعد از دوره ریکاوری مشاهده نگردید.

آزمایش استرس

کورتیزول: با بررسی مقادیر کورتیزول در ماهیان حمل بدون آب و گروه شاهد مشخص گردید که حداقل این مقدار در بچه‌ماهیان تاسماهی سیبری (تیمار حمل) $98/9 \pm 640/7$ ng/ml و حداکثر آن $953/7 \pm 69$ ng/ml در تاسماهی سیبری بزرگ (گروه شاهد) مشاهده شد (جدول ۱). از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و تیمار حمل در ماهیان دو سایز بزرگ و کوچک مشاهده نگردید.

گلوکز: با بررسی مقادیر گلوکز در ماهیان حمل بدون آب و گروه شاهد مشخص گردید که حداقل این مقدار در بچه‌ماهیان تاسماهی سیبری (تیمار شاهد) $62/3 \pm 6/1$ mg/dl و حداکثر آن $124/85 \pm 30/25$ mg/dl در ماهی سیبری بزرگ (حمل بدون آب) مشاهده شد (جدول ۱). میزان گلوکز در بچه‌ماهیان در تیمار حمل بدون آب به‌صورت معنی‌داری از گروه شاهد بیشتر بود ($P < 0/05$). به‌طور مشابه، در ماهیان بزرگ نیز میزان گلوکز در تیمار حمل بیشتر از گروه شاهد بود؛ اما از نظر آماری، این اختلافات معنی‌دار نبود.

جدول ۱. میزان گلوکز سرم و کورتیزول در ماهیان سیبری حمل بدون آب (میانگین \pm خطای استاندارد).

نوع نمونه	دمای نگهداری درجه سانتی‌گراد	وزن (گرم)	حرکات آبشش (تعداد در دقیقه)	میزان گلوکز سرم خون mg/dl	میزان کورتیزول ng/ml
تاسماهی سیبری (اندازه کوچک) شاهد	۶/۷	185 ± 32	$55/5 \pm 1/5^a$	$62/3 \pm 6/1^b$	$671/45 \pm 334/25^a$
تاسماهی سیبری (اندازه کوچک) حمل بدون آب	۶/۷	$195 \pm 0/38$	34 ± 6^b	$86/05 \pm 3/55^a$	$640/7 \pm 98/9^a$
تاسماهی سیبری (اندازه بزرگ) شاهد	۴	290 ± 250	40 ± 3^a	$109/8 \pm 25^a$	$953/7 \pm 69^a$
تاسماهی سیبری سایز بزرگ حمل بدون آب	۴	2880 ± 58	26 ± 2^b	$124/85 \pm 30/25^a$	$832/4 \pm 76/2^a$

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ($P < 0/05$).

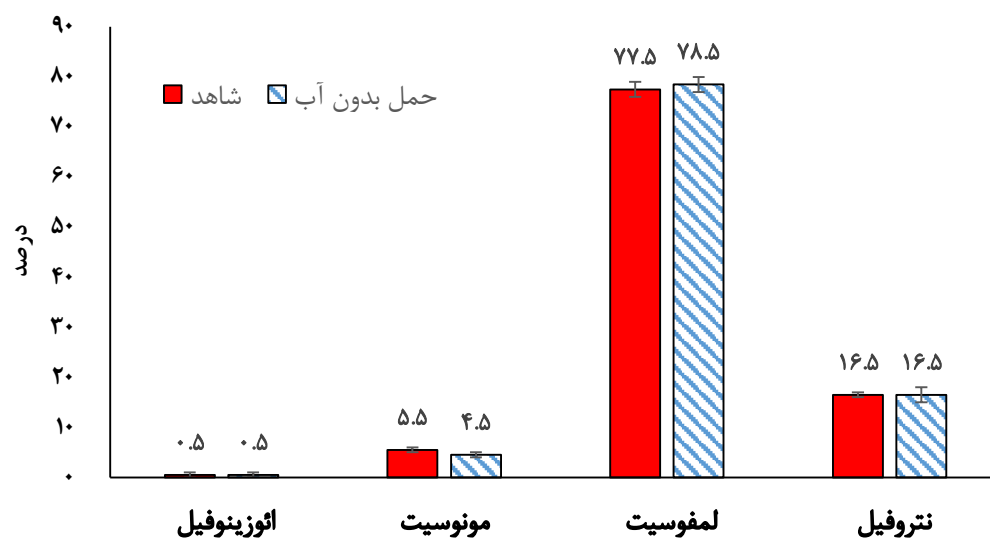
شاخص‌های خون‌شناسی تاسماهی سیبری: براساس آزمون T-test به‌منظور مقایسه میانگین‌های تعداد گلبول‌های سفید خون در تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد ($P > 0/05$). حداقل میزان گلبول‌های سفید 24850 ± 1050 و حداکثر mm^3 104900 ± 51000 بود. میزان گلبول‌های قرمز در تیمارهای مختلف از حداقل 647000 ± 51000 تا حداکثر 1049000 ± 51000 mm^3 متفاوت بود؛ اما این تفاوت‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). سایر پارامترهای خونی نظیر هموگلوبین، هماتوکریت، متوسط حجم گلبول قرمز، متوسط هموگلوبین گلبول قرمز و غلظت متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز در جدول ۲ گزارش شده است. تفاوت معنی‌داری بین تیمارها، در سایر شاخص‌های خونی نیز مشاهده نگردید.

جدول ۲. شاخص‌های هماتولوژی در ماهیان سیبری حمل بدون آب (میانگین \pm خطای استاندارد).

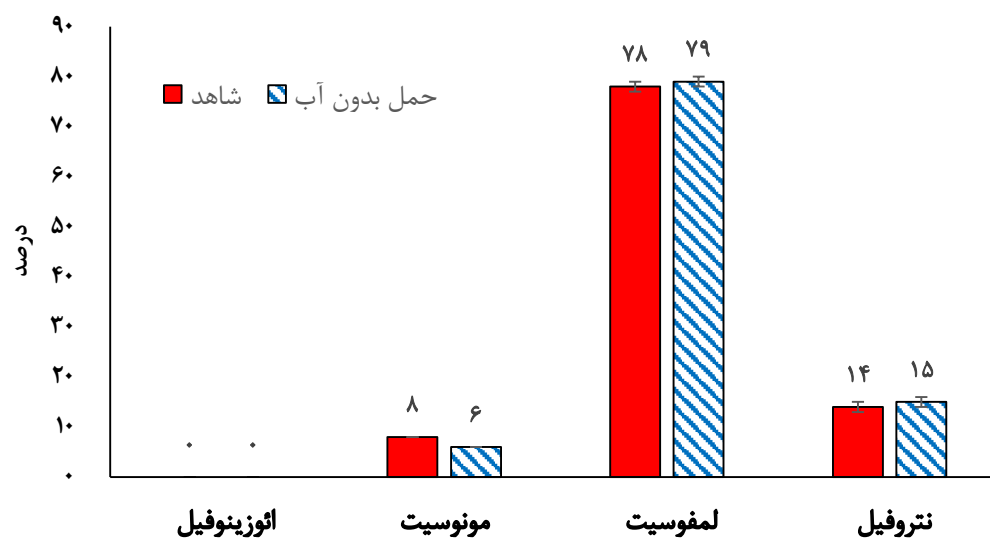
تیمار	وزن (گرم)	گلبول‌های سفید خون (mm ³)	گلبول‌های قرمز خون (mm ³)	هموگلوبین g/dL	هماتوکریت %	متوسط حجم گلبول قرمز MCV (fL)	متوسط هموگلوبین گلبول قرمز MCHC (pg)	غلظت متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز MCHC (g/dL)	دمای نگهداری درجه سانتی‌گراد	ی
سیبری (سایز کوچک) شاهد	185 ± 32	24850 ± 1050^a	647000 ± 51000^a	$4/75 \pm 0/45^a$	$22/5 \pm 1/5^a$	$347/5 \pm 4/5^a$	$73/25 \pm 1/15^a$	$210/7 \pm 0/59^a$	۶/۷	سیبری (سایز کوچک) شاهد
سیبری (سایز کوچک) حمل بدون آب	$195 \pm 0/38$	27150 ± 23450^a	765000 ± 70000^a	$5/6 \pm 0/1^a$	$25/5 \pm 0/5^a$	$182/7 \pm 149/3^a$	$73/15 \pm 0/35^a$	$22/01 \pm 0/09^a$	۶/۷	سیبری (سایز کوچک) حمل بدون آب
سیبری (سایز بزرگ) شاهد	290 ± 250	27200 ± 952^a	880000 ± 230000^a	$6/4 \pm 0/3^a$	30 ± 2^a	339 ± 9^a	$72/3 \pm 0/12^b$	$21/33 \pm 0/61^a$	۴	سیبری (سایز بزرگ) شاهد
سیبری سایز بزرگ حمل بدون آب	2880 ± 58	26850 ± 1250^a	1049000 ± 510000^a	$7/9 \pm 0/4^a$	$37/5 \pm 2/5^a$	357 ± 6^a	$75/25 \pm 0/15^a$	$21/08 \pm 0/33^a$	۴	سیبری سایز بزرگ حمل بدون آب

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ($P < 0/05$).

شمارش افتراقی گلبول‌های سفید: براساس آزمون T-test به‌منظور مقایسه درصد تتروفیل، لمفوسیت، مونوسیت و ائوزینوفیل خون ماهیان در دو تیمار شاهد و حمل بدون آب در بچه‌ماهیان و ماهیان بزرگ تاسماهی سیبری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($P > 0/05$). در تمامی تیمارها میزان لمفوسیت (۷۶ تا ۸۵ درصد) اکثریت گلبول‌های سفید را به خود اختصاص می‌داد (شکل‌های ۱ و ۲).



شکل ۱. درصد حاصل از شمارش افتراقی گلبول‌های سفید خون در بچه‌ماهیان تاسماهی سیبری جوان



شکل ۲. درصد حاصل از شمارش افتراقی گلبول‌های سفید خون در ماهیان تاسماهی سیبری سه ساله

بحث

حمل ماهی زنده بدون آب در دمای پایین به‌عنوان یک روش با هزینه پایین و یک راهبردی حمل‌ونقل نوین بدون استفاده از دارو محسوب می‌گردد (Wang *et al.*, 2021). اما سلامت/کیفیت ماهی به‌آسانی توسط نوسانات پارامترهای محیطی (دما، اکسیژن، دی‌اکسید کربن و...) و فاکتورهای فیزیولوژیکی (مثل گلوکز خون، اسیدلاکتیک، کورتیزول، تنفس و...) طی حمل بدون آب دستخوش تغییر می‌شود (Feng *et al.*, 2023).

آبزیان در دمای پایین و در معرض هوا، مستعد بروز واکنش استرس حاد هستند (Fan *et al.*, 2019) و تحت تأثیر طولانی مدت این دو ویژگی محیطی، آبی‌دچار آسیب بافتی، کاهش ایمنی و کاهش بقا یا حتی مرگ می‌شوند. در حمل و نقل بدون آب، ماهی در معرض هوا و دمای پایین است، بنابراین بروز استرس در آبی اجتناب‌ناپذیر است. اگرچه در آزمایش اولیه تحقیق حاضر به عنوان پیش‌آزمون، بچه‌ماهیان تاسماهی سبیری به صورت موفقیت‌آمیزی به مدت ۵۲ روز بعد از حمل بدون آب نگهداری شدند و رشد ماهیان طی این مدت نگهداری تا دوبرابر افزایش یافت، اما به دلیل استرس‌های وارده، این روش صرفاً برای حمل ماهی به منظور کشتار و مصرف انسانی آبیان مطرح است. کنترل پارامترهای دمایی و محیطی برای حصول اطمینان از موفقیت‌آمیز بودن این روش و کاهش استرس حیاتی است (Wang *et al.*, 2021).

شاخص‌های خونی به عنوان شاخص‌های فیزیولوژیکی در پاسخ به محرک‌ها و استرس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. تغییر فاکتورهای استرسی در برابر محرک‌های خارجی یا داخلی امری ثابت شده است. در مطالعه حاضر شاخص‌های هماتولوژی و استرس در ماهیان اندازه‌گیری گردید. در ماهیان خاویاری همانند ماهیان استخوانی، افزایش میزان گلوکز و کورتیزول به عنوان شاخصی در پاسخ به استرس در نظر گرفته می‌شود. در تحقیق حاضر، میزان گلوکز در بچه‌ماهیان تاسماهی سبیری در تیمار حمل بدون آب به صورت معنی‌داری از گروه شاهد بیشتر بود. در تحقیق Bayunova و همکاران (۲۰۰۲) اثر انواع مختلف استرس نظیر در معرض قراردادن هوا، روش صید و شنای اجباری در دو گونه از ماهیان خاویاری (اوزون‌برون و تاسماهی روسی) بررسی شد. همسو با نتایج تحقیق حاضر، نتایج این مطالعه نشان داد مقدار کورتیزول و گلوکز تاسماهی روسی پس از ۳۰ دقیقه در معرض قرارگیری به هوا به ترتیب میزان ۱۹۰٪ و ۲۹۰ درصد مقدار اولیه افزایش می‌یابد.

سطوح گلوکز و کورتیزول نسبت به سایر شاخص‌های سرم خون نسبت به استرس حساس‌تر است. پاسخ به یک عامل استرس‌زا بستگی به دوره و شدت عامل استرس‌زا متغیر است. به‌خوبی اثبات شده است که در پاسخ به یک استرس حاد (کوتاه‌مدت) میزان کورتیزول پلاسما در ماهیان برای چند ساعت در سطح بالایی می‌ماند. اما در پی عوامل استرس‌زای مزمن (عوامل استرس‌زای بلندمدت) میزان کورتیزول حتی تا چند روز بالا خواهد ماند (Bayunova *et al.*, 2002). میزان گلوکز در گروه شاهد تحقیق حاضر در ماهیان تاسماهی سبیری بین ۶۲ (بچه‌ماهیان) تا ۱۰۹ mg/dl (سایز بزرگ) بود. مشابه با نتایج این پروژه، در تحقیق Kazemi و همکاران (2019) که بر روی اثرات پروبیوتیک اختصاصی بر روی بچه‌ماهیان تاسماهی سبیری در وزن مشابه تحقیق حاضر (۹۰ تا ۲۲۰ گرم) انجام شده بود، نتایج نشان داد در گروه شاهد میزان گلوکز سرم خون در حدود $8/5 \pm 92$ mg/dl بود. از این رو می‌توان گفت اگرچه ماهیان سبیری در گروه شاهد تحقیق حاضر در معرض دمای سرد (۴ تا ۶ درجه سانتی‌گراد بودند) بوده‌اند؛ اما تاسماهی سبیری به‌خوبی استرس دمای سرد را تحمل نموده است؛ از این رو تلفاتی پس از دوره آزمایش مشاهده نگردید.

در تحقیق Hasanaliipour و همکاران (۲۰۱۳) اثرات استرس تراکم بر تاسماهی سبیری ۳۴۰ گرمی (دوساله) مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان کورتیزول در تراکم پایین تا بالا در محدوده $7/76$ تا $12/94$ ng/ml به دست آمد. اگرچه میزان کورتیزول در تراکم پایین (۶ عدد ماهی در مترمربع) کمتر از تراکم بالا (۱۸ عدد ماهی) بود؛ اما اختلاف مذکور از لحاظ آماری معنی‌دار نبود؛ بنابراین تراکم‌های یاد شده برای تاسماهی سبیری استرس‌زا تلقی نمی‌شود؛ لذا در تحقیق حاضر به منظور آماده‌سازی ماهیان برای حمل بدون آب و قطع غذای ماهیان تراکم همواره کمتر ۱۸ قطعه در مترمربع برای گروه شاهد و تیمار حمل بدون آب لحاظ گردید. هرچند در سایر ماهیان خاویاری نظیر تاسماهی پوزه‌کوتاه سطوح کورتیزول در تراکم‌های متوسط (20 kg/m^3) و بالا (40 kg/m^3) افزایش یافته و در نهایت تراکم پرورشی در این گونه به عنوان یک عامل استرس‌زای قابل توجه محیطی معرفی گردیده است (2006) (Wuertz *et al.*).

بر اساس نتایج ارائه شده در تحقیق He و همکاران (۲۰۲۰)، استفاده از گلوکز به عنوان شاخصی از استرس غیرکشنده در حمل و نقل شبیه‌سازی شده معتبر است. نتایج تحقیق He و همکاران (۲۰۲۰) بر روی ماهی باس دریایی نشان داد، هاپیرگلیسمی در گروه بدون آب پس از ۳ و ۹ ساعت حمل و نقل رخ داد که نشان‌دهنده افزایش میزان متابولیسم و مصرف انرژی برای ماهیان جهت پاسخ به محرک‌های استرس بود. در مقابل، سطح گلوکز در گروه کم آب پس از ۳ ساعت به‌طور قابل توجهی افزایش یافت؛

اما سپس به سطح قبل از حمل و نقل بازگشت که نشان می‌دهد ماهیان پس از سازگاری با حمل و نقل کم آب، هموستاز انرژی را دوباره به دست آوردند؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که گلوکز سرم ممکن است نسبت به حمل و نقل بدون آب حساس‌تر باشد. مطابق پیشنهاد Zhang و همکاران (۲۰۱۷)، محدود کردن تغییرات سطح گلوکز خون در محدوده دمایی خاص، روشی مؤثر برای تضمین نرخ بالای بقا در طول حمل و نقل ماهی خاویاری زنده بدون آب است. مشابه نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر، محدوده دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد برای ماهیان سیبری قابل توصیه است. در تحقیق Zhang و همکاران (۲۰۱۷)، میزان گلوکز خون در محدوده دمایی ۱ تا ۳ درجه سانتی‌گراد به میزان حداقل $8/8 \text{ mmol/L}$ تا حداکثر $17/6 \text{ mmol/L}$ بود. میزان گلوکز خون در آغاز حمل تا ۸ ساعت پس از آن بیشترین میزان تغییرات و افت را نشان می‌داد. میزان گلوکز در ۸ ساعت پس از حمل به کمترین میزان یعنی معادل $9/05 \text{ mmol/L}$ رسید و سپس با گذر زمان میزان گلوکز افزایش یافت. یکی دلایل نوسانات و تغییر گلوکز در طول زمان، ممکن است سازگاری ماهی به دمای پایین در آغاز فرآیند حمل باشد. در این مرحله ماهی گلیکوژن را به گلوکز تبدیل می‌کند تا بتواند انرژی لازم برای فعالیت‌های حیاتی و مقاومت به سرما فراهم سازد.

در تحقیق حاضر، تفاوت معنی‌داری در میزان گلبول‌های سفید، هموگلوبین، شمارش گلبول‌های قرمز، هماتوکریت، میزان MCV، MCH و MCHC در تاسماهیان سیبری مشاهده نگردید. گلبول‌های سفید نقش مهمی در ایمنی اختصاصی و غیراختصاصی ایفا نموده و بررسی آنها به عنوان شاخص سلامت شناخته می‌شود (Witeska et al., 2023). افزایش تعداد گلبول‌های سفید می‌تواند به عنوان یک واکنش سیستم ایمنی غیراختصاصی مطرح باشد. لنفوسیت‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل دفاعی آبزیان در برابر عوامل میکروبی هستند. این دسته از سلول‌ها قابلیت فاگوسیتوز و تولید پادتن داشته و اندازه‌گیری تعداد و درصد آنها یکی از فاکتورهای اصلی در تعیین سلامت سیستم ایمنی است. در بیان اهمیت مونسیت‌ها گزارش گردیده که آنها پروتئازها را از لیروزیم‌ها آزاد می‌کنند. همچنین رادیکال اکسیژن و اکسید نیترژن تولید نموده که عوامل عفونی را از بین می‌برند. همچنین این گویچه‌های سفید در مراحل اولیه واکنش ایمنی در بیگانه‌خواری (فاگوسیتوز) شرکت دارند.

پارامترهای گلبول‌های قرمز خون شامل هماتوکریت، غلظت هموگلوبین، شمارش گلبول‌های قرمز، MCV، MCH و MCHC هستند. عوامل مختلفی در کاهش سطح MCH و MCHC مؤثر است. افزایش در میزان هماتوکریت، تعداد RBC، هموگلوبین یا MCV ممکن است به عنوان یک پاسخ جبرانی برای تسهیل ظرفیت حمل اکسیژنی در هنگام مواجهه با یک عامل سمی رخ دهد (Witeska et al., 2023). پارامترهای MCV، MCH و MCHC عوامل وابسته به تعداد RBC، درصد هماتوکریت و غلظت هموگلوبین خون و تابع تغییرات آنها هستند. کاهش هماتوکریت سبب کاهش MCV و افزایش MCHC می‌شود. عوامل مختلف نظیر سن، مراحل رسیدگی جنسی و شرایط محیطی فاکتورهای اصلی‌اند که منجر به تغییرات شاخص‌های یاخته قرمز خون ماهیان می‌شود (Kazemi et al., 2013). کاهش تعداد RBC و افزایش MCV می‌تواند رشد و نمو یاخته‌های قرمز خون را توجیه کند زیرا MCV بیانگر اندازه و بازتاب وضع طبیعی یا غیرطبیعی تقسیمات یاخته در چرخه ساخت یاخته‌های قرمز خون است؛ بنابراین افزایش MCV منتج از یاخته‌های بزرگ و بالغ قرمز در چرخه گردش خون است. گفته شده مواد غذایی در فصل زمستان مسئول کاهش سطح هموگلوبین و درصد هماتوکریت خون می‌شود و در شرایط نامساعد احتمالاً باعث تحریک ماهی در جهت افزایش غلظت هموگلوبین در هر سلول و کاهش سطح MCH و MCHC می‌گردد تا آبی با محیط سرد آداپت شود (Jafaryan et al., 2024). علاوه بر این تولید بیشتر گلبول‌های قرمز جوان (اریتروسیت‌ها) که دارای نقص در هموگلوبین هستند نیز در کاهش سطح MCH و MCHC تأثیرگذار است. در زمانی که هم مقدار هموگلوبین و هم هماتوکریت کاهش یابد، میزان MCHC نشان می‌دهد که این سلول‌ها کوچک‌تر شده‌اند و میزان هموگلوبین آنها کمتر از گروه‌های دیگر است؛ اما میزان هموگلوبین نسبت به حجم خود گلبول بالاتر است. در مقابل کاهش میزان MCHC با افزایش هموگلوبین و هماتوکریت نشان می‌دهد اگرچه میزان هموگلوبین افزایش یافته اما مقدار آن نسبت به حجم خود گلبول کمتر است (Jafaryan et al., 2024).

نتایج مطالعه Zare و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد، در تراکم بالا گلبول‌های سفید خون تاس ماهی سیبری تغییر می‌کند. به طوری که در تراکم‌های بالا، از میزان گلبول‌های سفید کاسته می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد لکوسیتوپنی (leukopenia) یا کاهش

کلی تعداد لکوسیت‌ها یک پاسخ غیراختصاصی به تنش‌های محیطی است (Witeska *et al.*, 2023). مغایر با نتایج تحقیقات گذشته، لکوسیتوپنی در تحقیق حاضر در پی بروز استرس حمل بدون آب در ماهیان خاویاری گزارش نگردید. کاهش تعداد گلبول‌های سفید تحت‌تأثیر تنش‌های محیطی سابقاً در مورد اوزون‌برون، تاس‌ماهی ایرانی، فیل‌ماهی، کپور معمولی و تیلاپیا گزارش شده است (Yooneszadeh *et al.*, 2009; Zarejabad *et al.*, 2010; Shin *et al.*, 2016; Balabanova *et al.*, 2009). یکی از دلایل احتمالی عدم رویت لکوسیتوپنی در تحقیق حاضر، دوره زمانی کوتاه استرس و اندازه‌گیری پارامترهای هماتولوژی بلافاصله پس از حمل بدون آب بوده است. بدین معنی اگرچه پاسخ‌های اولیه به استرس (تغییرات در میزان کورتیزول یا گلوکز) در ماهیان خاویاری حمل بدون آب مشاهده گردید؛ اما اثرات بلندمدت آن و پاسخ‌های ثانویه به استرس مشاهده نگردید.

نتیجه‌گیری

یکی از راهکارهای اساسی افزایش بهره‌وری تحویل ماهی زنده به مصرف‌کنندگان کاهش میزان مصرف آب است. در روش‌های معمول حمل ماهی زنده، به‌طور متوسط ۲۰ برابر وزن ماهی، آب حمل می‌شود که این موضوع یکی از موانع جدی در حمل ماهی زنده محسوب می‌گردد. اما در راهبرد حمل بدون آب، علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، به میزان زیادی در انرژی موردنیاز برای حمل ماهی زنده صرفه‌جویی می‌گردد. در تحقیق حاضر، برای نخستین‌بار اثرات حمل بدون آب بر روی شاخص‌های خونی و استرس در تاسماهی سیبری مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌صورت کلی نتایج نشان داد، تفاوت معنی‌داری در میزان گلبول‌های سفید، هموگلوبین، شمارش گلبول‌های قرمز، هماتوکریت، میزان MCV، MCH و MCHC در ماهیان سیبری در دو تیمار شاهد و حمل بدون آب مشاهده نگردید؛ از این‌رو می‌توان تکنیک حمل بدون آب را برای انتقال تاسماهی سیبری به بازار مصرف پیشنهاد نمود. با توجه به بروز استرس در ماهیان حمل شده، روش حمل بدون آب تاسماهی سیبری برای حمل ماهیان برای سایر مقاصد شیلاتی نظیر فعالیت‌های آبی پروری پیشنهاد نمی‌گردد.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

نویسندگان، اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید آنهاست.

بیانیه دسترسی به داده‌ها

داده‌هایی پژوهش حاضر از طریق درخواست از نویسندگان قابل دسترسی است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از کلیه کارشناسان و نیروهای خدماتی بخش آبی‌پروری انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری که در مراحل اجرای تحقیق حاضر صمیمانه همکاری شایسته نمودند، تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

References

Balabanova L.V., Mikryakov D.V., Mikryakov V.R. 2009. Response of common carp (*Cyprinus carpio* L.) leucocytes to hormone-induced stress. *Inland Water Biology* 2(1), 86-88.

- Bayunova L., Barannikova I., Semenkov T. 2002.** Sturgeon stress reactions in aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology* 1-8.
- Goes E.S.D.R., Lara J.A.F.D., Gasparino E., Goes M.D., Zuanazzi J.S.G., Lopera-Barrero N.M., Ribeiro R.P. 2018.** Effects of transportation stress on quality and sensory profiles of Nile tilapia fillets. *Scientia Agricola* 75, 321-328.
- Fan X., Qin X., Zhang C., Zhu Q., Chen J., Chen P. 2019.** Metabolic and anti-oxidative stress responses to low temperatures during the waterless preservation of the hybrid grouper (*Epinephelus fuscogutatus* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂). *Aquaculture* 508, 10-18.
- Feng H., Fu Y., Huang S., Glamuzina B., Zhang X. 2023.** Novel flexible sensing technology for nondestructive detection on live fish health/quality during waterless and low-temperature transportation. *Biosensors and Bioelectronics* 228, 115211.
- Hasanalipour A.R., Bahmani M., Yavari V. 2013.** Effects of stocking density on cortisol level of Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)* 26(2), 154-162. (In Persian)
- Harmon T.S. 2009.** Methods for reducing stressors and maintaining water quality associated with live fish transport in tanks: a review of the basics. *Reviews in Aquaculture* 1(1), 58-66.
- Kazemi R., Masouleh S., Yarmohammadi M., Hallajian A., Rastehkenari H., Jalilpour Roudkoli J., Tizkar, B., Alizadeh Roudposhti M., Bazarimoghaddam S., Mosavi Gelsefidi S.A., Farzaneh Bazghale E., Askarinezhad Ghaziyani H., Alimohammadi S. 2019.** Study of effects local probiotics on growth, biochemical and Immunological factors in the reared of *Acipenser persicus* fingerling. International Sturgeon Research Institute. Final project report. 108 p. (in Persian)
- Jafaryan H., Khozein G., Farhangi M., Aghilinejad S. M. 2024.** Evaluation of hematological and biochemical factors of blood serum in beluga (*Huso huso*) cultured in fresh and brackish water in fall and winter seasons. *Journal of Applied Ichthyological Research* 12(1), 31-40 (In Persian)
- Kazemi R., Pourdehghani M., Yousefi Jourdehi A., Bahmani M., Dejandian S., Hallajian, Tizkar B. 2013.** Nomination of blood cytological indices at different sexual maturation stages in farmed beluga (*Huso huso*). *Journal of Fisheries*, 66(3), 371-359. (In Persian)
- Mi H., Qian C., Mao L. 2012.** Quality and biochemical properties of artificially hibernated crucian carp for waterless preservation. *Fish Physiology and Biochemistry* 38(6), 1721-1728.
- Rafatnezhad S., Falahatkar B., Tolouei Gilani M. H. 2008.** Effects of stocking density on haematological parameters, growth and fin erosion of great sturgeon (*Huso huso*) juveniles. *Aquaculture Research* 39(14), 1506-1513.
- Shin K.W., Kim S.H., Kim J.H., Hwang S.D., Kang J.C. 2016.** Toxic effects of ammonia exposure on growth performance, hematological parameters, and plasma components in rockfish, *Sebastes schlegelii*, during thermal stress. *Fisheries and Aquatic Sciences* 19(1), 44.
- Wang W., Xu J., Zhang W., Glamuzina B., Zhang X. 2021.** Optimization and validation of the knowledge-based traceability system for quality control in fish waterless live transportation. *Food Control* 122, 107809.
- Wang W., Zhang Y., Liu Y., Adányi N., Zhang X. 2020.** Effects of waterless live transportation on survivability, physiological responses and flesh quality in Chinese farmed sturgeon (*Acipenser schrenckii*). *Aquaculture* 518, 734834.
- Wuertz S., Lutz I., Gessner J., Loeschau P., Hogans B., Kirschbaum F., Kloas W. 2006.** The influence of rearing density as environmental stressor on cortisol response of shortnose sturgeon (*Acipenser brevirostrum*). *Journal of Applied Ichthyology* 22, 269-273.
- Witeska M., Kondera E., Bojarski B. 2023.** Hematological and hematopoietic analysis in fish toxicology—A review. *Animals* 13(16), 2625.
- Yoonzadeh M., Bahmani M., Kazemi R., Pourdehghani M., Fiezbakhsh H. 2009.** The survey of seasonal changes of cortisol, Glucose and Ionic in Farmed female Stellate Sturgeon, *Acipenser stellatus*. *Journal of Fisheries* 66(3), 371-359. (In Persian)

- Zare R., Bahmani M., Yavari, V. Kazemi R. Fazeli N., Pourdehghani M., Mohammadian T. 2012.** Effects of rearing density on leukocytes and plasma cortisol level of Siberian sturgeons (*Acipenser baerii*). *Iranian Veterinary Journal* 8(2), 22-32.
- Zarejabad A.M., Sudagar M., Poralimotlagh S., Bastami K.D. 2010.** Effects of rearing temperature on hematological and biochemical parameters of great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juvenile. *Comparative Clinical Pathology* 19(4), 367-371.
- Zhang K., Ye Z., Qi M., Cai W., Saraiva J.L., Wen Y., Zhao J. 2025.** Water quality impact on fish behavior: a review from an aquaculture perspective. *Reviews in Aquaculture* 17(1), e12985.
- Zhang Y., Xiao X., Yan L., Tuyet Nga M.T., Zhang X. 2017.** Survival prediction system for waterless live Chinese Sturgeon transportation based on temperature related glucose changes. *Journal of Food Process Engineering* e12646.