تغییرات شاخص‌های خونی ماهی استرلیاد (**Acipenser ruthenus**) در طی شبیه‌سازی حمل‌ونقل در دماهای متفاوت

سید محسن موسوی نژاد[۱]، حمید علاف نویریان[۱]، بهرام فلاحتکار[۱*]، حسین غفوری[۲]، آریا باباخانی لشکان[۱]

[۱] صومعه‌سرا، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی، گروه شیلات

[۲] رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده علوم پایه، گروه زیست‌شناسی

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۱۹

چکیده

با توجه به اثرات دما در هنگام حمل‌ونقل بر شاخص‌های خون‌شناسی تاسماهیان، این مطالعه باهدف بررسی تأثیر شبیه‌سازی حمل‌ونقل در دماهای ۱۲، ۲۰، ۲۳ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد بر روی این شاخص‌ها در ماهی استرلیاد طی زمان‌های صفر (شاهد)، ۱، ۵، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از حمل‌ونقل انجام پذیرفت. در تیمارهای با دمای بالا (۲۸°C و ۲۳) پس از حمل‌ونقل در تعداد گلبول‌های قرمز، تعداد گلبول‌های سفید، هموگلوبین، هماتوکریت، حجم متوسط گلبول‌های قرمز، مقدار متوسط هموگلوبین گلبول قرمز و درصد لنفوسیت و نوتروفیل تفاوت معنی‌داری نسبت به ساعت صفر مشاهده شد (P<۰/۰۵). همچنین در تیمارهای با دمای پایین (۲۰°C و ۱۲) تفاوت معنی‌داری ازنظر تعداد گلبول‌های سفید، درصد لنفوسیت و نوتروفیل نسبت به ساعت صفر مشاهده شد (P<۰/۰۵)، اما در شاخص‌های غلظت متوسط هموگلوبین گلبول قرمز، درصد مونوسیت و ائوزینوفیل در تیمارهای مختلف تفاوت معنادار نسبت به ساعت صفر مشاهده نشد (P>۰/۰۵). براساس نتایج این مطالعه می‌توان بیان نمود که به‌منظور حمل‌ونقل کوتاه‌مدت ماهی استرلیاد بهتر است از محدوده دمایی بین ۲۰ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد جهت بروز کمترین میزان استرس و کاهش پیامدهای فیزیولوژیک حمل‌ونقل در این‌گونه استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: دما، تاسماهی، خون‌شناسی، حمل‌ونقل

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۲۰۳۷۴۲۸، پست الکترونیکی: falahatkar@guilan.ac.ir

مقدمه

پایش پارامترهای فیزیولوژیک در طی فعالیت‌های استرس‌زا نظیر حمل‌ونقل می‌تواند اطلاعات باارزشی را جهت مدیریت صحیح در فعالیت‌های آبزی‌پروری در اختیار پرورش‌دهنده قراردهد (۳۷). در شرایطی که ماهی بااحتیاط صید و در تراکم مناسب در تانک حمل‌ونقل بارگیری می‌شود گروهی از عوامل استرس‌زا سبب ایجاد تلفات در طی حمل‌ونقل و پس‌ازآن می‌شوند. لرزش‌های ناشی از حرکت وسیله نقلیه و کیفیت نامناسب آب (مقدار بالای آمونیاک، مقدار بالای دی‌اکسید کربن، غلظت پایین اکسیژن محلول و یا دماهای بالا) ازجمله این عوامل استرس‌زا هستند. این عوامل سبب بروز پاسخ استرسی در ماهی می‌شوند که بسیار به پاسخ‌های استرسی در انسان و سایر جانوران شبیه است. برای آبزی پروران مهمترین پیامد اینگونه پاسخ‌های استرسی افزایش در میزان نرخ متابولیک یا انرژی مصرفی و تضعیف سیستم ایمنی است (۳۱). افزایش نرخ متابولیک سبب تأثیر بر روی انباشت متابولیت‌های سمی نظیر لاکتیک اسید در سلول‌های جانوران می‌شود درحالی‌که ذخایر انرژی آن‌ها در حال تخلیه است. زمانی که ذخیره انرژی سلول‌ها تخلیه می‌شود موجود زنده نمی‌تواند به‌درستی تعادل یونی خون خود را

حفظ کند و ممکن است در اثر برهم خوردن تعادل یونی و تجمع مواد سمی در سلول‌ها دچار مرگ شود (۴۳). در این راستا تکنیک‌های مختلفی جهت افزایش سلامت ماهی، بازماندگی آن و کاهش استرس در طول حمل‌ونقل معرفی شده است که از آن جمله می‌توان کاهش دمای مخزن حمل‌ونقل را نام برد (۱۶).

دما یک فاکتور کنترلی مهم در جانوران خونسرد نظیر تاسماهیان است و تغییر آن می‌تواند سبب بروز استرس و تأثیر بر روی سلامتی شود. به‌منظور کنترل این استرس، ماهی باید بسیاری از فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک خود را با درجه حرارت آب پیرامون خود مطابقت دهد و با استفاده از مکانیسم هوموستازی برافزایش یا کاهش کوتاه‌مدت درجه حرارت آب غلبه کند (۱۹). پارامترهای خون‌شناسی بطور گسترده به‌عنوان شاخصی جهت مطالعه استرس‌های فیزیولوژیک ایجادشده در پاسخ به تغییرات درون‌زا یا برون‌زا در ماهی نظیر استرس تغییر دما استفاده می‌شوند (۹). اگرچه تغییرات کورتیزول خون به‌عنوان یک شاخص کلاسیک استرس شناخته می‌شود (۳۲)، بااین‌وجود غلظت کورتیزول پلاسما در بعضی از ماهی‌ها نظیر گربه‌ماهی نقره‌ای Rhamdia quelen در زمان قرارگیری در درجه حرارت‌های مختلف دارای تغییرات معناداری نیست (۲۵). زمانی که ماهی با یک عامل استرس‌زا مواجه می‌شود شاخص‌های خونی به حالت آماده‌باش در می‌آیند (۲۲) بطور مثال در مطالعات انجام شده بر روی ماهی کپور معمولی Cyprinus carpio تعداد گلبول‌های قرمز، میزان هماتوکریت و هموگلوبین بطور مستقیم با دما تغییر می‌کنند (۴). ماهی متناسب با شدت و مدت عامل استرس‌زا پاسخ‌های استرسی از خود بروز می‌دهد که آن را جهت فرار از شرایط نامطلوب آماده می‌کند (۲۹) و می‌توان این پاسخ‌ها را در پارامترهای خونشناسی آن دنبال کرد (۷). بررسی نحوه پاسخ ماهی به یک عامل استرس‌زای خاص نیازمند آنالیز شدت و نوع آن پاسخ در طول اعمال آن عامل استرس‌زای خاص می‌باشد، بنابراین پایش شرایط استرس‌زا نظیر حمل‌ونقل جهت بررسی پاسخ ماهی و برنامه‌ریزی‌های لازم در راستای کاهش اثرات آن ضروری است (۲۴). از طرفی بنظر می‌رسد که برای موفقیت در حمل‌ونقل آبزیان انجام مطالعات دقیق در جهت افزایش سلامت ماهیان نظیر تأمین دمای مطلوب حمل‌ونقل مهم‌تر از بررسی مرگ‌ومیر آنها است (۱۷).

استرلیاد Acipenser ruthenus تنها گونه ماهی خاویاری اروپای مرکزی است که سراسر زندگی خود را در آب‌های شیرین (رودخانه) زیست می‌کند. نرخ رشد خوب آن در آب شیرین، موجب اهمیت این ماهی برای پرورش در شرایط کشور ما شده است، علاوه بر آن به‌عنوان یک ماهی آکواریومی نیز دارای ارزش می‌باشد (۲) بطوریکه در بسیاری از کشورهای آسیایی و اروپایی به‌عنوان ماهی زینتی در کارگاه‌های ماهیان زینتی و آکواریوم‌های بزرگ در پارک‌های آبی نگهداری می‌شوند (۲۶). بنابراین با توجه به افزایش تقاضای این ماهی برای نگهداری به‌عنوان ماهی زینتی و یا گونه‌ای پرورشی در ایران و جهان، پایش شرایط فیزیولوژیک آن در طی حمل‌ونقل در دماهای متفاوت جهت مدیریت و برنامه‌ریزی‌های شیلاتی امری ضروری است.

مواد و روشها

ماهی و شرایط نگهداری: تعداد ۱۵۳ عدد بچه ماهی استرلیاد با ظاهری سالم، اندازه مشابه و حاصل تکثیر والدین پرورشی از مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی به کارگاه مداربسته تکثیر و پرورش ماهیان زینتی واقع در هنرستان جنت رشت منتقل شدند. در مدت سازگاری و نگهداری غذادهی به میزان ۱/۵ درصد از وزن بدن در دو وعده صبح و بعدازظهر با غذای پلت تجاری Skretting (Verona, Italy) با سایز ۳ میلیمتر (۴۲٪ پروتئین خام، ۱۸٪ چربی خام) انجام گرفت. ماهیان جوان استرلیاد تا پیش از انجام آزمایش در ۳ مخزن مکعب مستطیلی (۶۰ × ۱۴۰ × ۲۵۰ سانتی‌متر) با حجم

آبگیری ۲۰۰۰ لیتر، پرشده توسط آب چاه و مجهز به سیستم هواده و فیلتراسیون کامل خارجی نگهداری شدند. جهت اصلاح کیفی آب به‌صورت روزانه ۲۰٪ از آب مخازن با آب تازه تعویض گردید. در طول آزمایش دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت خاموشی در کارگاه اعمال شد (۵). وزن و طول ماهیان قبل از انجام شبیه‌سازی حمل‌ونقل اندازه‌گیری شد که بترتیب برابر ۰/۹۷ ± ۷۹/۸۵ گرم و ۰/۱۷± ۲۶ سانتی‌متر بود. عوامل کیفی آب نظیر اکسیژن محلول، درجه حرارت، pH بطور روزانه و میزان سختی و اسیدیته آب به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شدند. میزان اکسیژن محلول درون مخازن ۰/۹± ۶/۸ میلی‌گرم بر لیتر، درجه حرارت ۰/۵ ± ۲۳ درجه سانتی گراد، pH ۰/۱۴ ± ۸/۲۱، سختی آب ۰/۱۸ ± ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم بود.

طراحی آزمایش: پس از گذشت ۶ هفته از سازگاری ماهیان با دما، آب و شرایط کارگاه، غذادهی ماهی‌ها ۲۴ ساعت قبل از آزمایش متوقف شد. قبل از شروع عملیات شبیه‌سازی حمل‌ونقل از ۹ عدد ماهی نمونه‌گیری انجام گرفت. سپس تعداد ۱۴۴ عدد ماهی به‌صورت تصادفی به مخازن ۸۰ لیتری (۳۵ × ۳۵ × ۶۵ سانتی‌متر) حاوی ۵۰ لیتر آب با دمای مخازن برداشت‌شده از آن‌ها (۲۳ سانتی گراد) و به تعداد ۱۲ ماهی در هر ظرف منتقل شدند (۱۰). پس‌ازآن ماهیان به چهار اتاقک حاوی سیستم‌های گرمایی و سرمایی جهت تأمین رژیم‌های دمایی شامل ۲۳ درجه سانتی‌گراد طبق دمای نگهداری شده تاسماهیان در محیط کارگاهی بر اساس مطالعه هانگ و همکاران (۱۹۹۳)، ۲۰ درجه سانتی‌گراد (دمای استاندارد پرورش) بر اساس مطالعه دوروشوف و همکاران (۱۹۹۷)، ۱۲ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند (۳ تکرار برای هر دما). رسیدن به دمای مورد نظر به‌تدریج در طول ۴ ساعت انجام شد. درون تمامی ظروف ترموستات حساس به تغییرات دما و دماسنج جهت کنترل تغییرات احتمالی دما در طول ۵ ساعت شبیه‌سازی حمل‌ونقل تعبیه شد. جهت شبیه‌سازی لرزش‌های ناشی از حرکت وسیله نقلیه هر ۳۰ دقیقه یکبار ظروف حمل‌ونقل تکان داده شدند (۳۶). پس از حمل‌ونقل، ماهی‌های هر تیمار پس از هم دماسازی (رساندن دمای هر مخزن به ۲۳ سانتی گراد) به آکواریوم-هایی (به تعداد تکرارها) با حجم ۳۰۰ لیتر (۵۰ × ۶۰ × ۱۲۰ سانتی‌متر) منتقل شدند و نمونه‌برداری در طول حمل‌ونقل (۱ ساعت و ۵ ساعت) و پس از حمل‌ونقل (۲۴ ساعت و ۴۸ ساعت) پس از انتقال به آکواریوم‌ها (فاز آرامش) صورت گرفت.

نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها: قبل از انجام حمل‌ونقل (ساعت صفر) از ماهی‌های سه مخزن مکعب مستطیلی شکل خون‌گیری با سرنگ ۲ میلی‌لیتر هپارینه صورت گرفت (n=۹) و به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در طی حمل‌ونقل شبیه‌سازی شده نیز در ساعات ۱، ۵، ۲۴، ۴۸ از ماهی‌های هر تکرار تیمارهای حرارتی (n=۳) خون‌گیری با سرنگ ۲ میلی‌لیتر هپارینه به عمل آمد. ظروف حاوی نمونه‌های خون ماهیان در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل و شاخص‌های خون‌شناسی اندازه‌گیری شدند. لازم بذکر است که در هنگام خون‌گیری از مواد بیهوش کننده به علت احتمال تأثیر بر روی سطوح شاخص‌های خونی استفاده نگردید (۲۵).

ویژگی‌های خون‌شناسی نظیر تعداد گلبول‌های قرمز (RBC) و سفید (WBC) با ۲۰۰ بار رقیق‌سازی خون با استفاده از محلول Natt and Herrick's و با استفاده از لام نئوبار تعیین شد. درصد هماتوکریت (Hct) با پرکردن لوله‌های میکروهماتوکریت به میزان حداقل دو سوم لوله از خون کامل و سانتریفیوژ لوله‌ها ۱۰ دقیقه در g × ۳۵۰۰ توسط سانتریفیوژ میکروهماتوکریت تعیین گردید. میزان هموگلوبین (Hb)، با استفاده از روش سیان مت هموگلوبین در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (۳۳).

شاخص‌های ثانویه خون‌شناسی شامل حجم متوسط گلبول‌های قرمز (MCV)، مقدار متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (MCH) و غلظت متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (MCHC) براساس روابط زیر محاسبه شد (۸).

$$MCV\ (fl) = Hct/RBC \times 10$$
$$MCH\ (pg/cell) = Hb/RBC \times 10$$
$$MCHC\ (\%) = Hb/Hct \times 100$$

به‌منظور شمارش افتراقی گلبول‌های سفید گسترش خونی تهیه و سپس با رنگ‌آمیزی به‌وسیله محلول گیمسا سلول‌های خونی قابل‌شناسایی شدند (۸).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: برای آنالیزهای آماری، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با تست لون سنجیده شد. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون تجزیه واریانس دوطرفه (Two-Way ANOVA) (بین زمان نمونه‌برداری و دمای حمل‌ونقل) و آزمون چند دامنه Tukey در سطح معناداری ۹۵ درصد ($P<۰/۰۵$) صورت گرفت. داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار (Mean ± SD) گزارش شد. برای مقایسه‌های آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 20 و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار GraphPad Prism 5.04 استفاده گردید.

نتایج

نتایج نشان داد که RBC در تیمارهای با دمای پایین (۱۲ و ۲۰ درجه سانتی گراد) در ساعات پس از حمل‌ونقل نسبت به ساعت صفر تفاوت معناداری وجود ندارد (شکل ۱ الف، $P>۰/۰۵$)، در حالی که در تیمارهای با دمای بالا (۲۳ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد) در ساعات اولیه پس از حمل‌ونقل (ساعات ۱ و ۵) نسبت به ساعت صفر افزایش معناداری در RBC مشاهده شد (شکل ۱ الف، $P<۰/۰۵$). این تفاوت‌ها در هر ساعت بین تیمارهای مختلف نیز به همان شکل دیده شد بطوری که تیمارهای با دمای بالا دارای اختلاف معناداری نسبت به تیمارهای با دمای پایین در ساعات اولیه پس از حمل‌ونقل بودند (شکل ۱ الف، $P<۰/۰۵$). درنهایت در ساعت ۴۸ پس از حمل‌ونقل RBC بخصوص در تیمار ۲۳ درجه سانتی‌گراد به حالت اولیه خود بازگشتند.

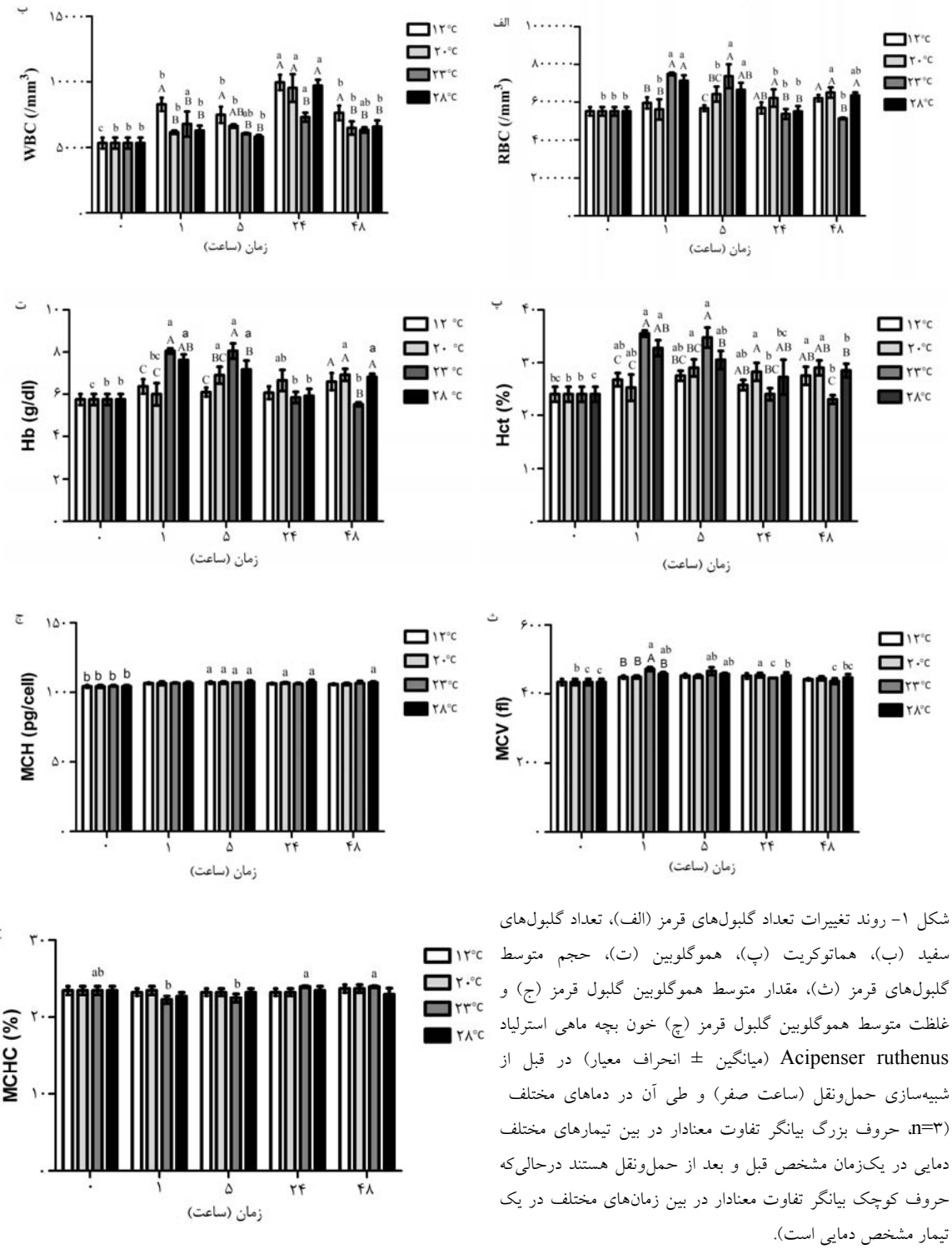
WBC در تمامی تیمارها بجز تیمار با دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد بطور معناداری نسبت به ساعت صفر تا ۲۴ ساعت پس از حمل‌ونقل افزایش یافت (شکل ۱ ب، $P<۰/۰۵$) و در ۴۸ ساعت پس از حمل‌ونقل به تعداد اولیه خود نزدیک شد. در زمان‌های ۱، ۵ و ۴۸ ساعت پس از حمل‌ونقل بین چهار تیمار دمایی فقط بین تیمار ۱۲ درجه سانتی گراد با سایرین در WBC تفاوت معنادار مشاهده شد (شکل ۱ ب، $P<۰/۰۵$).

Hct در تیمارهای با دمای بالا بطور معناداری از تیمارهای با دمای پایین در زمان‌های پس از حمل‌ونقل بالاتر بود (شکل ۱ پ، $P<۰/۰۵$). Hct در تمامی تیمارها بطور واضحی در تیمار ۲۳ درجه سانتی‌گراد ۴۸ ساعت پس از حمل‌ونقل به میزان اولیه خود نزدیک شد.

روند افزایشی مقادیر Hb با افزایش دمای حمل‌ونقل محسوس بود بطوری که بیشترین مقادیر Hb خون در تیمارهای ۲۳ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و دارای تفاوت معناداری نسبت به قبل از حمل‌ونقل بود (شکل ۱ ت، $P<۰/۰۵$). در تیمار با دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد تغییر معناداری در این میزان دیده نشد ($P>۰/۰۵$).

با محاسبه شاخص‌های خون‌شناسی MCV، MCH و MCHC مشخص گردید که MCV در تیمارهای ۲۳ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد بطور معناداری نسبت به زمان صفر افزایش داشت (شکل ۱ ث، $P<۰/۰۵$). درحالی‌که در تیمار با دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد تغییر معناداری در میزان این شاخص دیده نشد ($P>۰/۰۵$). مقدار MCH در ساعات ۵ و ۲۴ پس از حمل‌ونقل افزایش معناداری نسبت به زمان صفر در تیمارهای با دمای بالا داشت (شکل ۱ ج، $P<۰/۰۵$). MCHC تنها در تیمار ۲۳ درجه سانتی‌گراد

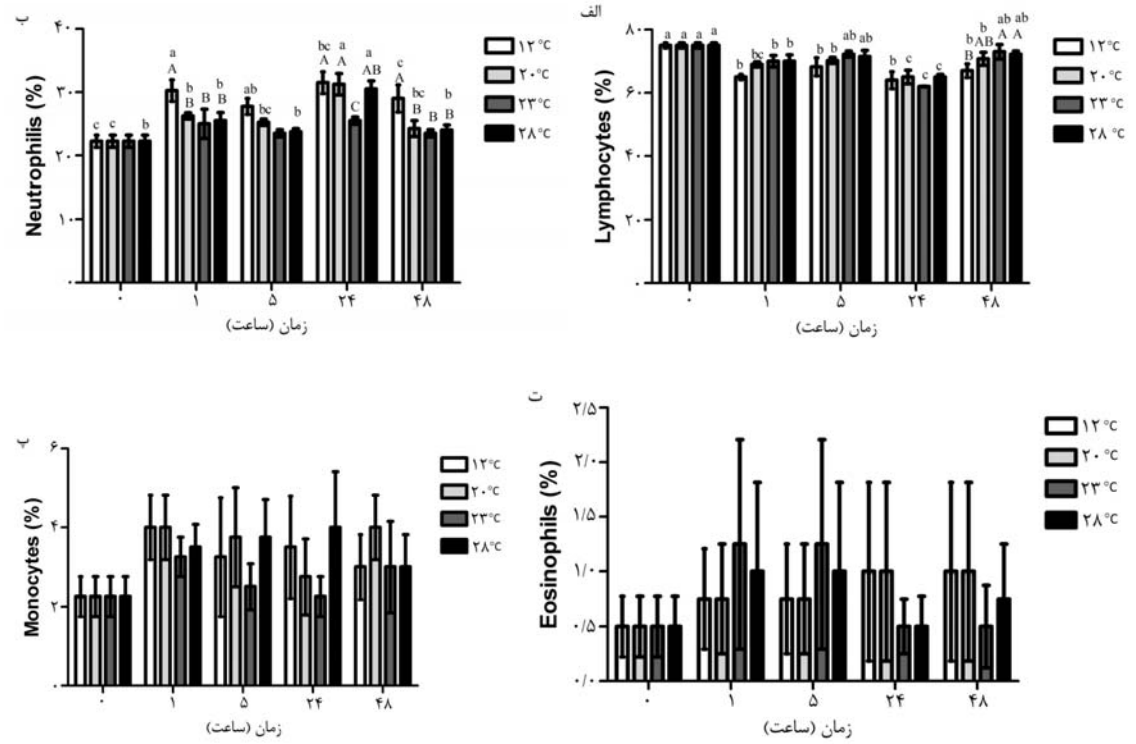
دارای تفاوت معنادار بین زمان صفر و سایر زمان‌ها بود (شکل ۱ چ، P<۰/۰۵).



شکل ۱- روند تغییرات تعداد گلبول‌های قرمز (الف)، تعداد گلبول‌های سفید (ب)، هماتوکریت (پ)، هموگلوبین (ت)، حجم متوسط گلبول‌های قرمز (ث)، مقدار متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (ج) و غلظت متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (چ) خون بچه ماهی استرلیاد Acipenser ruthenus (میانگین ± انحراف معیار) در قبل از شبیه‌سازی حمل‌ونقل (ساعت صفر) و طی آن در دماهای مختلف (n=۳، حروف بزرگ بیانگر تفاوت معنادار در بین تیمارهای مختلف دمایی در یک‌زمان مشخص قبل و بعد از حمل‌ونقل هستند درحالی‌که حروف کوچک بیانگر تفاوت معنادار در بین زمان‌های مختلف در یک تیمار مشخص دمایی است).

شمارش تفریقی سلول‌های خونی نشان داد که درصد لنفوسیت‌ها در چهار تیمار بخصوص در تیمار ۱۲ درجه سانتی‌گراد به‌طور معناداری در ساعت‌های پس از حمل‌ونقل کاهش یافت (شکل ۲ الف، P<۰/۰۵). اما تعداد نوتروفیل‌ها به‌صورت معناداری در تیمارهای مختلف بجز تیمار ۲۳ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت (شکل ۲ ب، P<۰/۰۵). تعداد مونوسیت‌ها و ائوزینوفیل‌ها هرچند دارای افزایش نسبت به پیش از حمل‌ونقل در تمامی تیمارها بجز تیمار ۲۳ درجه سانتی‌گراد بودند اما این افزایش فاقد اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها و بین زمان‌های مختلف نمونه‌برداری بودند (شکل ۲ پ و ت، P>۰/۰۵).

در طی حمل‌ونقل و در زمان آرامش هیچ‌گونه مرگ‌ومیری در تیمارهای مختلف ثبت نشد.



شکل ۲- روند تغییرات درصد لنفوسیت‌ها (الف)، درصد نوتروفیل‌ها(ب)، درصد مونوسیت‌ها (ج) و درصد ائوزینوفیل ها (ت) خون بچه ماهی استرلیاد Acipenser ruthenus (میانگین ± انحراف معیار) در قبل از شبیه‌سازی حمل‌ونقل (ساعت صفر) و طی آن در دماهای مختلف (n=۳، حروف بزرگ بیانگر تفاوت معنادار در بین تیمارهای مختلف دمایی در یک‌زمان مشخص قبل و بعد از حمل‌ونقل هستند درحالی‌که حروف کوچک بیانگر تفاوت معنادار در بین زمان‌های مختلف در یک تیمار مشخص دمایی است).

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که دمای حمل‌ونقل به‌طور معناداری بر پاسخ هماتولوژیک ماهی استرلیاد پس از حمل‌ونقل تأثیر می‌گذارد. در مطالعه حاضر افزایش معناداری در RBC تیمارهای با دمای بالا (۲۳ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد. این افزایش گلبول‌های قرمز را می‌توان به آزادسازی گلبول‌های قرمز از محل ذخیره‌سازی آن‌ها در طحال پس از استرس وارد شده به ماهی‌ها نسبت داد (۳۴ و ۴۲) که این افزایش در RBC با مشاهدات بارسلوس و همکاران (۲۰۰۴) بر روی گربه‌ماهی نقره‌ای در استرس‌های حاد و مزمن وارد شده در طی عملیات‌های آبزی پروری مطابقت دارد. از طرف دیگر افزایش RBC بهمراه افزایش غلظت هموگلوبین و بتناسب آن‌ها تغییرات

حاصل شده در MCH و MCV اجازه تأمین اکسیژن در ساعات اولیه پس از حمل‌ونقل را فراهم می‌کند (۶ و ۲۷) که این تنظیمات در راستای اثرات آدرنرژیک (Adrenergic effects) در پاسخ به استرس سبب تحریک طحال به آزادسازی گویچه‌های قرمز جوان در جریان خون و شرکت کردن فعال در افزایش اکسیژن‌رسانی به بافت می‌شود (۳۹). همچنین مطالعات نشان داده‌اند که در زمان قرارگیری ماهی در معرض استرس و پس‌ازآن ممکن است تغییراتی در غلظت هموگلوبین و میزان هماتوکریت یا تعداد گلبول‌های قرمز و به‌طورکلی رقیق شدن (hemodilution) و غلیظ شدن خون (hemoconcentration) مشاهده شود که می‌تواند بدلیل اختلال در تنظیم اسمزی ماهی باشد (۲۱ و ۳۸). بنظر می‌رسد که ماهی استرلیاد جهت مقابله با رقیق شدن خون نیازمند بهبود جریان خون و حفظ پیوستگی آن بموازات افزایش گلبول‌های قرمز و ضربان قلب و حفظ MCHC در مقداری ثابت جهت افزایش اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها است. اختلال در تنظیم اسمزی در طول حمل‌ونقل نیز پیش‌ازاین در مطالعه‌ای که زپنفلد و همکاران (۲۰۱۴) بر روی واکنش‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گربه‌ماهی نقره‌ای پس از حمل‌ونقل در آب با اسانس به لیمو گزارش شده بود که نتایج آن نشان داد، ماهیان حمل شده توسط عصاره به لیمو دارای کورتیزول و از دست رفتگی یون کمتری نسبت به کنترل بودند درحالی‌که میزان یون‌های سدیم و کلر پلاسما بیشتر از کنترل بود.

WBC یکی از شاخص‌های مهم در سلامتی سیستم ایمنی ماهی محسوب می‌شوند. نتایج حاصل از بررسی سلول‌های خونی حاکی از وقوع تغییرات مشخص در تعداد گلبول‌های سفید تاسماهی استرلیاد در دماهای بالاتر و پایین‌تر از دمای تانک‌های نگهداری اولیه (۲۳ درجه سانتی‌گراد) پیش از حمل‌ونقل بود. تعداد کل گلبول‌های سفید در ۲۴ ساعت اول پس از حمل‌ونقل بطور معنی‌داری بیشتر از قبل حمل‌ونقل در تیمارهای مختلف بجز تیمار با دمای مخازن اولیه بود اما پس از ۴۸ ساعت از تعداد گلبول‌های سفید کاسته شد که می‌تواند ناشی از لکوسیتوپنی (Leukocytopenia) یا کاهش کلی تعداد لکوسیت‌ها (پاسخ غیراختصاصی به تنش‌های محیطی که هورمون‌های کورتیکوستروئیدی به‌طور غیرمستقیم در این فرایند نقش دارند) باشد (۱۲ و ۲۸). کاهش تعداد گلبول‌های سفید تحت تأثیر تنش‌های محیطی پیش‌ازاین در مورد ازون برون پرورشی Acipenser stellatus (۳)، تاسماهی ایرانی Acipenser persicus (۱) و فیل‌ماهی Huso huso (۱۴، ۱۵، ۳۵ و ۴۷) گزارش شده است.

در طی این آزمایش در ساعات اولیه پس از حمل‌ونقل در دماهای بالا میزان Hct به‌طور معناداری افزایش یافت که می‌تواند در اثر افزایش تعداد گلبول‌های قرمز و همچنین افزایش غلظت هموگلوبین باشد که خود باعث افزایش ظرفیت انتقال اکسیژن می‌شود. در پژوهشی زارجاباد و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که افزایش دما در طی ۲۱ روز پرورش سبب افزایش معنادار Hct در خون بچه ماهی فیل‌ماهی شده است که با یافته‌های این پژوهش منطبق می‌باشد.

افزایش مقدار Hb در ماهی بعنوان شاخصی برای تغییر آنی شرایط محیطی بیان شده است و با هرگونه تغییر در شرایط محیطی مانند درجه حرارت، شوری، اسیدیته و غیره اولین واکنش فیزیولوژیک آبزی جهت مقابله با شرایط ایجاد شده، مصرف بیشتر انرژی و متعاقب آن بالا رفتن نیاز اکسیژنی از طریق تغییر در میزان Hb مشهود است (۲۰). در این مطالعه نیز میزان Hb در تیمارهای با دمای بالا بطور معناداری افزایش یافت که علت این موضوع را می‌توان استرس آنی ناشی از حمل‌ونقل و متعاقب آن افزایش نیاز ماهی به اکسیژن دانست. این مورد پس از ۴۸ ساعت بتدریج به میزان اولیه خود در زمان پیش از حمل‌ونقل نزدیک شد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در حالت آرامش (ساعت صفر) لنفوسیت‌ها، لکوسیت‌های غالب خون

استرلیاد بود که با نتایج بدست آمده با تاسماهی سیبری (۱۸) و فیل‌ماهی (۴۷) مطابقت دارد. در تیمارهای با دمای بالا تعداد مونوسیت و نوتروفیل کاهش یافت که این نتایج با یافته‌های والنزولا و همکاران (۲۰۰۸) بر روی قزل‌آلای رنگین‌کمان Oncorhynchus mykiss همخوانی دارد. این مطالعه نشان داد که درصد لنفوسیت‌ها پس از حمل‌ونقل بطور معناداری کاهش می‌یابد که درواقع این امر به این دلیل است که با ترشح کورتیزول در طی استرس، تکثیر و طول عمر لنفوسیت‌ها کاهش می‌یابد و مرگ برنامه‌ریزی‌شده آنها را تسریع می‌شود (۴۱، ۴۴ و ۴۶) و این نشان از افزایش استرس، با افزایش و کاهش بیش‌ازحد بهینه‌دما جهت حمل‌ونقل ماهی استرلیاد است.

همچنین در مطالعه حاضر، بهمراه کاهش درصد لنفوسیت‌ها بخصوص در تیمارهای حمل‌ونقل شده در دمای ۱۲ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد درصد نوتروفیل‌ها افزایش یافت که می‌توان این مورد را به ترشح کورتیزول در اثر وقوع استرس در ماهی نسبت داد. مطالعات بر روی ماهی‌های استخوانی نشان داده است که یکی از اثرات هورمون کورتیزول در طی استرس کاهش تعداد لنفوسیت‌ها و افزایش تعداد نوتروفیل‌ها در طی فرایند تمایز سلول‌های هماتوپویتیک مسئول ساخت اجزای سیستم ایمنی است به‌طوری‌که مسیر تولید سلول‌های لنفوئید متوقف شده و مسیر تولید سلول‌های میلوئید فعال می‌شود که این امر احتمالاً بدلیل اختلال در سنتز سیتوکیناز توسط سلول‌های بافت لنفومیلوئید می‌باشد که مسئول فرایندهای تمایز، واکنش‌های بین سلولی و شکل‌گیری سیستم ایمنی هومورال و سلولی می‌باشند (۴۵).

تغییرات مشاهده‌شده در گلبول‌های سفید خون و گلبول‌های قرمز ماهی استرلیاد در طی این آزمایش در تیمارهای حمل شده در دماهای متفاوت بخصوص در دماهای ۱۲ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد حاکی از این است که دمای حمل‌ونقل به‌عنوان یک عامل تنش‌زا در این‌گونه محسوب می‌گردد، بااین‌حال با توجه به عدم ثبت مرگ‌ومیر در هیچ یک از تیمارهای دمایی این تنش تا حدی نیست که بتواند باعث ایجاد مرگ‌ومیر در این‌گونه پس از حمل‌ونقل گردد. هرچند دستکاری‌های انجام شده در طی حمل‌ونقل خود می‌تواند عاملی جهت بروز استرس در ماهی باشد اما پیش‌ازاین مقاومت در برابر استرس ناشی از دستکاری‌های حمل‌ونقل در تاسماهیان نسبت به ماهیان استخوانی گزارش شده بود بطوری که در مطالعه‌ای توسط فلاحتکار و همکاران (۲۰۱۲) بر روی پاسخ اولیه و ثانویه استرسی بچه‌ماهی سوف Sander lucioperca و تاسماهی ایرانی در پاسخ به دستکاری‌های انجام شده در طی حمل‌ونقل انجام پذیرفت، تاسماهی ایرانی مقاومت بالاتری به استرس حمل‌ونقل نسبت به ماهی سوف نشان داد.

طبق یافته‌های این پژوهش ماهی استرلیاد در محدوده دمایی نزدیک به دمای بهینه پرورش خود دارای شرایط فیزیولوژیک بهتری در طی حمل‌ونقل بود که پیش‌ازاین در ماهیان استخوانی این موضوع بررسی شده بود. به‌عنوان نمونه در پژوهشی پاولیدیس و همکاران (۲۰۰۳) به ارزیابی تأثیر شرایط مختلف حمل‌ونقل بر روی کیفیت آب و سلامت بچه‌ماهی دندان‌دار قرمز Pagrus pagrus پرداختند. در بخشی از این مطالعه طی شبیه‌سازی حمل‌ونقل در دماهای ۱۴، ۱۹ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد مشاهده نمودند که دمای آب بطور معناداری بر روی میزان گلیکوژن کبد و میزان بازماندگی بچه‌ماهی‌ها در طی حمل‌ونقل تأثیر دارد. آنها دمای ۱۹ درجه سانتی‌گراد که همان دمای بهینه پرورش ماهی دندان‌دار قرمز است، را بهترین دمای حمل‌ونقل اعلام نمودند.

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده این موضوع است که جهت حمل‌ونقل کوتاه‌مدت و بین کارگاهی این ماهی بهتر است از محدوده دمایی بین ۲۰ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد جهت بروز کمترین میزان استرس در ماهی و کاهش پیامدهای فیزیولوژیک حمل‌ونقل در ماهی استرلیاد استفاده شود. در

این محدوده دمایی ماهی استرلیاد با بهبود جریان خون و حفظ پیوستگی آن بموازات افزایش گلبول‌های قرمز و ضربان قلب و حفظ MCHC در مقداری ثابت توان کنترلی بهتری را بر شاخص‌های هماتولوژیک در طی حمل‌ونقل نشان داد این در حالی بود که ماهی در تیمارهای با دمای ۱۲ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد نتوانست این کنترل را در طی استرس وارده به آن در طی حمل‌ونقل در رژیم‌های دمایی مذکور بخصوص در سطح گلبول‌های سفید اعمال کند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از جناب آقای دکتر میررفعتی سرپرست محترم مجموعه کارگاهی هنرستان جنت، پرسنل آزمایشگاه اورژانس بیمارستان الزهرا رشت، پرسنل آزمایشگاه ویرومد (شعبه رشت) و مدیریت محترم مجتمع تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع

۱- بهمنی، م.، ۱۳۷۸. گزارش نهایی پروژه بررسی اکوفیزیولوژی استرس از طریق اثر بر محور HPG، HPI، سیستم ایمنی و فرایند تولیدمثل در تاسماهی ایرانی (Acipenser persicus) ، پایان‌نامه دکترای تخصصی، ۲۹۰ صفحه.

۲- پورعلی فشتمی، ح.ر.، یزدانی، م.ع.، پیکران مانا، ن.، سیدحسنی، م.ح.، محسنی، م.، و نقشی، س.، ۱۳۹۱. معرفی و مقایسه روند رشد و تغذیه استرلیاد (Acipenser ruthenus) و تاسماهی ایرانی (Acipenser persicus) به‌عنوان ماهی تزئینی در محیط آکواریوم، مجله توسعه آبزی‌پروری، سال ششم، شماره ۲ ، صفحات ۱-۱۰.

۳- یونس زاده فشالمی، م.، بهمنی، م.، کاظمی، ر.، پوردهقانی، م. و فیض بخش، ح.، ۱۳۸۷. بررسی تغییرات فصلی کورتیزول، گلوکز و یون‌ها در ماهیان ماده ازون برون (Acipenser stellatus) پرورشی .مجله شیلات، سال دوم، شماره ۴، صفحات ۴۶-۳۷.

4- Ahmad, S., Shah, F., Bhat, F., Bhat, J., and Balkhi, M., 2011. Thermal adaptability and disease association in common carp (Cyprinus carpio communis) acclimated to different (four) temperatures. Journal of Thermal Biology. 36(2), PP: 492-497

5- Bani, A., Tabarsa, M., Falahatkar, B., and Banan, A., 2009. Effects of different photoperiods on growth, stress and haematological parameters in juvenile great sturgeon Huso huso. Aquaculture Research. 40(16), PP: 1899-1907.

6- Barcellos, L.J.G., Kreutz, L.C., de Souza, C., Rodrigues, L.B., Fioreze, I., Quevedo, R.M., Cericato, L., Soso, A.B., Fagundes, M., and Conrad, J., 2004. Hematological changes in jundiá (Rhamdia quelen Quoy and Gaimard Pimelodidae) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. Aquaculture. 237(4), PP: 229-236.

7- Barton, B., 2011. Stress in finfish: past, present and future-a historical perspective. Fish stress and health in aquaculture. Cambridge University Press. 517p.

8- Campbell, T.W., and Ellis, C.K., 2013. Avian and exotic animal hematology and cytology. John Wiley & Sons. 286 p.

9- Cataldi, E., Di Marco, P., Mandich, A., and Cataudella, S., 1998. Serum parameters of Adriatic sturgeon Acipenser naccarii (Pisces: Acipenseriformes): effects of temperature and stress. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. 121(4), PP: 351-354.

10- Chebanov, M., and Galich, E., 2013. Sturgeon Hatchery Manual. FAO, Rome, 303 p.

11- Doroshov, S.I., Moberg, G.P., and Van Eenennaam, J.P., 1997. Observations on the reproductive cycle of cultures white sturgeon, Acipenser transmontanus. Environmental Biology of Fishes. 48(1), PP: 265-278.

12- Ellis, A.E., 1981. Stress and the modulation of defense mechanisms in fish. Academic Press, London. 367 p.

13- Falahatkar, B., Akhavan, S.R., Efatpanah, I., and Meknatkhah, B., 2012. Primary and secondary responses of juveniles of a teleostean, Pikeperch Sander lucioperca, and a chondrostean, persian sturgeon Acipenser persicus, to handling during transport, North American Journal of Aquaculture.74(2), PP: 241-250.

14- Falahatkar, B., and Poursaeid, S., 2013. Stress responses of great sturgeon Huso huso subjected

to husbandry stressors. Aquaculture International. 21(2), PP: 947-959.

15- Falahatkar, B., Poursaeid, S., Shakoorian, M., and Barton, B., 2009. Responses to handling and confinement stressors in juvenile great sturgeon Huso huso. Journal of Fish Biology. 75(2), PP: 784-796.

16- Fotedar, S., and Evans, L., 2011. Health management during handling and live transport of crustaceans: a review. Journal of Invertebrate Pathology. 106(1), PP: 143-152.

17- Gomes, L.D.C., Roubach, R., Cavero, B.A.S., Pereira-Filho, M., and Urbinati, E.C., 2003. Transport of pirarucu Arapaima gigas juveniles in plastic bag. Acta Amazonica. 33(4), PP: 637-642.

18- Gomulka, P., Własow, T., Velisek, J., Svobodova, Z., and Chmielinska, E., 2008. Effects of eugenol and MS-222 anaesthesia on siberian sturgeon Acipenser baerii. Acta Veterinaria Brno. 77(1), PP: 447-453.

19- Gradil, A.M., Wright, G.M., Speare, D.J., Wadowska, D.W., Purcell, S., and Fast, M.D., 2014. The effects of temperature and body size on immunological development and responsiveness in juvenile shortnose sturgeon (Acipenser brevirostrum). Fish & Shellfish Immunology. 40(1) PP: 545-555.

20- Hosseini, P., Vahabzade, H., Bourani, M.S., and Kazemi, R., 2011. The effects of salinity stress on hematocrit and hemoglobin in fingerling rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). International Conference on Medical, Biological and Pharmaceutical Sciences. Pattaya.

21- Houston, A.H., 1990. Blood and circulation. In Methods for Fish Biology (Schreck, C. B. & Moyle, P. B., eds), American Fisheries Society. PP: 273-334.

22- Hrubec, T., Robertson, J., and Smith, S., 1997. Effects of temperature on hematologic and serum biochemical profiles of hybrid striped bass (Morone chrysops × Morone saxatilis). American Journal of Veterinary Research. 58(2), PP: 126-130.

23- Hung, S.S., Lutes, P.B., Shqueir, A.A., and Conte, F.S., 1993. Effect of feeding rate and water temperature on growth of juvenile white sturgeon (Acipenser transmontanus). Aquaculture. 115(1), PP: 297-303.

24- Kriger, A.M., Carosfeld, J., Delattre, E., and Ceccarelli, P., 1989. Determination of endocrine and metabolic indicators in stress management in juvenile pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887). Brazilian Journal of Biology. 2(1), PP: 35-42.

25- Lermen, C.L., Lappe, R., Crestani, M., Vieira, V.P., Gioda, C.R., Schetinger, M.R.C., Baldisserotto, B., Moraes, G., and Morsch, V.M., 2004. Effect of different temperature regimes on metabolic and blood parameters of silver catfish Rhamdia quelen. Aquaculture. 239(1), PP: 497-507.

26- Mark, A., and Thomas N., 2009. Manual of exotic pet practice. Elsevier. 470 p.

27- Martins, M.L., Pilarsky, F., Onaka, E.M., Nomura, D.T., Fenerick, J.J., Ribeiro, K., Myiazaki, D.M.Y., Castro, M.P., and Malheiros, E.B., 2004. Hematology and acute response Nile tilapia (Oreochromis niloticus) submitted to single stimuli and capture consecutive stress. Boletim De Pesca Institute. 30(2), PP: 71-80.

28- Mazon, A.F., Monteiro, E.A.S., Pinteiro, G.H., and Fernandes, M.N., 2002. Hematological and physiological changes induced by short-term exposure to copper in the freshwater fish (Prochilodus scrofa). Brazilian Journal of Biology, 62(1), PP: 621-631.

29- Morgan, J., Iwama, G., 2011. Measurements of stressed states in the field. Fish Stress and Health in Aquaculture. Cambridge University Press. 247 p.

30- Pavlidis, M., Angellotti, L., Papandroulakis, N., and Divanach, P., 2003. Evaluation of transportation procedures on water quality and fry performance in red porgy (Pagrus pagrus) fry. Aquaculture. 218(2), PP: 187-202.

31- Pickering, A., 1993. Endocrine-induced pathology in stressed salmonid fish. Fisheries Research. 17(2), PP: 35-50.

32- Pickering, A.D., 1981. Stress and fish.Academic Press. London. 367 p.

33- Pourhosein Sarameh, S., Falahatkar, B., Takami, G.A., and Efatpanah, I., 2013. Physiological changes in male and female pikeperch Sander lucioperca (Linnaeus, 1758) subjected to different photoperiods and handling stress during the reproductive season. Fish Physiology and Biochemistry. 39(5), PP: 1253-1266.

34- Pulsford, A., Lemaire-Gony, S., Tomlinson, M., Collingwood, N., and Glynn, P., 1994. Effects of acute stress on the immune system of the dab, Limanda limanda. Comparative Biochemistry and Physiology Part C.109(2), PP: 129-139.

35- Rafatnezhad, S., Falahatkar, B., and Tolouei, M., 2008. Effect of stocking density on hematological parameters, growth and fin erosion of great sturgeon (Huso huso) juveniles. Aquaculture Research. 39(4), PP: 1506-1517.

36- Souza, D.M., Martins, Á.C., Jensen, L., Monserrat, J.M., Wasielesky, W., and Garcia, L., 2013. Effects of water temperature on oxidative stress parameters in the pink shrimp Farfantepenaeus brasiliensis during transport. Aquaculture. 416(1), PP: 310-314.

37- Sulikowski, J.A., Fairchild, E.A., Rennels, N., Howell,W.H., and Tsang, P.C.W., 2005. The effects of tagging and transport on stress in juvenile winter flounder, Pseudopleuronectes americanus: implications for successful stock enhancement. Journal of the World Aquaculture Society, 36(1), PP: 148-156.

38- Tavares-Dias, M., Bozzo, F.R., Silva Sandrin, E.F., de Campos-Filho, E., and De Moraes, F.R., 2004. Blood cells, electrolyte and Cyprinus carpio (Cyprinidae) hepatosomatic and splenosomatic relation in the first gonadal maturation. Acta Scientiarum Biological Sciences. 20(1), PP: 73-80.

39- Val, A.L., Silva, M.N.P., and Val, V.M.F.A., 2004. Physiological stress in fish-adjustments and organic disorders: health of aquatic organisms. Editora Varela. Sao Paulo. 758 p.

40- Valenzuela, A.E., Silva, V.M., and Klempau, A.E., 2008. Effects of different artificial photoperiods and temperatures on haematological parameters of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Fish Physiology and Biochemistry. 34(2), PP: 159-167.

41- Verburg van Kemenade, B.M., Nowak, B., Engelsma, M.Y., and Wyets, F.A., 1999. Differential effects of cortisol on apoptosis and proliferation of carp lymphocytes from head kidney, spleen and blood. Fish & Shellfish Immunology, 9(5), PP: 405-415.

42- Vijayan, M., and Leatherland, J., 1989. Cortisol-induced changes in plasma glucose, protein, and thyroid hormone levels, and liver glycogen content of coho salmon (Oncorhynchus kisutch, Walbaum). Canadian Journal of Zoology. 67(11), PP: 2746-2750.

43- Weirich, C.R., Tomasso, J.R., and Smith, T.I., 1992. Confinement and transport induced stress in white bass Morone chrysops× striped bass M. saxatilis hybrids: effect of calcium and salinity. Journal of the World Aquaculture Society. 23(1), PP: 49-57.

44- Wendelaar Bonga, S.E., 1997. The stress response in fish. Physiology Review. 77(3), PP: 591-625.

45- Witeska, M., 2005. Stress in fishhematological and immunological effect of heavy metals. Electronic Journal of Ichthyology. 20(1), PP: 35-41.

46- Wyets, F.A.A., Flikt, G., and Verburg van Kemenade, B.M.L., 1998. Cortisol inhibits apoptosis in carp neutrophilic granulocytes. Developmental and Comparative Immunology. 22(5), PP: 563-572.

47- Zarejabad, A.M., Sudagar, M., Pouralimotlagh, S., and 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), PP: 367-371.

48- Zeppenfeld, C., Toni, C., Becker, A., dos Santos, M.D., Parodi, T., Heinzmann, B., Barcellos, B., Koakoski, G., Rosa, J., Loro, V., Cunha, M., and Baldisserotto, B., 2014. Physiological and biochemical responses of silver catfish, Rhamdia quelen, after transport in water with essential oil of Aloysia triphylla (L'Herit) Britton. Aquaculture. 418(1), PP: 418-419.

Effect of different temperature regimes on blood parameters of Acipenser ruthenus during a simulated transport experiment

Mousavinejad S.M.[1], Alaf Noveirian H.[1], Falahatkar B.[1], Ghafoori H.[2] and Babakhani Lashkan A.[1]

[1] **Fisheries Dept., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, , I.R. of Iran**

[2] **Biology Dept., Faculty of Sciences, University of Guilan, Rasht, I.R. of Iran**

Abstract

Considering the effects of different temperature regimes on blood parameters of sturgeon during transport, this study was conducted to determine the effect of different temperature regimes (12, 20, 23 and 28 °C) on blood parameters of Sterlet at 0 (control), 1, 5, 24 and 48 hours after transportation. After transport, blood parameters including red blood cells, white blood cells, hemoglobin, hematocrit, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin, lymphocytes and neutrophils in treatments with high temperatures (23 and 28 °C) showed a significant difference compared with the control ($P< 0.05$). Also blood parameters including white blood cell, lymphocytes and neutrophils in treatments with low temperatures (12 and 20 °C) showed a significant difference compared with the control ($P< 0.05$). Other blood parameters including mean corpuscular hemoglobin concentration, monocytes and eosinophils did not have significant difference from control ($P>0.05$). The results showed that temperature range of 20-23 °C can be used for reduce stress and physiological consequences on Sterlet during short-term transportation.

Key words: Temperature, Sturgeon, Hematology, Transportation