

بررسی پاسخ‌های مرگ و میر ماهی کپور معمولی و سفید دریای خزر در مواجهه با محلول ضد عفونی کننده کلردار خانگی (هیپوکلریت سدیم)

سید علی اکبر هدایتی^۱

سعید شهبازی ناصر آباد^{۲*}

Saeid.shahbazi@ut.ac.ir

حامد غفاری فارسانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۵

چکیده

زمینه و هدف: ورود شوینده‌ها از طریق فاضلاب خانگی به اکوسیستم‌های آبی می‌تواند اثرات نامطلوبی بر حیات آبریان داشته باشد. در این تحقیق سمیت حاد هیپوکلریت سدیم (NaOCl)، بر روی ماهیان 1 ± 16 گرمی (میانگین $\pm SD$) کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و $1 \pm 3/5$ گرمی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii Kutum*) به منظور تعیین غلظت کشنده ۵۰٪ از جمعیت ماهیان در ۹۶ ساعت، مطالعه گردید.

روش بررسی: آزمایش به صورت ساکن (Static) و بر اساس روش استاندارد O.E.C.D به مدت ۴ شبانه روز (۹۶ ساعت) انجام گرفت. پس از انجام آزمایش‌های ابتدایی به منظور یافتن محدوده کشندگی، آزمایش اصلی با انتخاب ۵ تیمارهای نهایی (۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی گرم بر لیتر) برای کپور معمولی و ۶ تیمار نهایی (۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر) برای ماهی سفید، هر کدام با ۳ تکرار انجام پذیرفت و در نهایت نتایج به دست آمده و با استفاده از آنالیز پروبیت، مقادیر LC_{10} ، LC_{30} ، LC_{50} ، LC_{70} ، LC_{90} و LC_{99} در ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بر روی ماهیان اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: در مطالعه حاضر صد در صد مرگ و میر بچه ماهیان سفید در غلظت 80 mg L^{-1} تنها ساعاتی پس از در معرض قرارگیری آلاینده اتفاق افتاد. ولی این فرایند در ماهی کپور معمولی در غلظت 120 mg L^{-1} پس از گذشت ۳۰ ساعت از شروع آزمایش رخ داد. سمیت حاد ($LC_{50} 96\text{-h}$) هیپوکلریت سدیم برای ماهی کپور معمولی و سفید به ترتیب برابر با $39/48$ و $23/77$ میلی گرم بر لیتر به دست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری: پژوهش حاضر نشان داد که این شوینده برای ماهیان مورد آزمایش خطرناک بوده و ماهی سفید نیز در برابر هیپوکلریت سدیم بسیار آسیب پذیرتر از کپور معمولی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، هیپوکلریت سدیم، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، سفید دریای خزر (*Rutilus frisii Kutum*)، غلظت کشنده، مرگ و میر.

۱- دانشیار دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران.

۲- (مسئول مکاتبات): باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.

۳- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران.

A study on mortality of Common carp (*Cyprinus carpio*) and Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) exposed to chlorinated disinfectant solution (Sodium Hypochlorite)

Seyed Ali Akbar Hedayati¹

Saeid Shahbazi Naserabad ^{2*}

Saeid.shahbazi@ut.ac.ir

Hamed Ghafari Farsani ³

Abstract

Background and Objective: Release of detergents via urban sewages into aquatic ecosystems can have adverse effects on aquatic life. In this study, the acute toxicity of NaOCl on Common carp (*Cyprinus carpio*) and Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) with average weights of 16 ± 1 g (mean $\pm$ SD) and 3.5 ± 1 g, respectively, was investigated to determine 50% lethal concentration of the fish populations in 96 hours.

Method: Experiments were carried out in a static base according to O.E.C.D standard method in 4 days (96 hours). After primal experiments to explore the lethal range, the main research was performed by selection of 5 final treatments (0, 15, 30, 60, 120 mg L⁻¹) for *Cyprinus carpio* and 6 final treatments (0, 5, 10, 20, 40, 80 mg L⁻¹) for *Rutilus frisii kutum*, each one with 3 repeats. Eventually according to the results obtained by probit analyses, amount of LC₁, LC₁₀, LC₃₀, LC₅₀, LC₇₀, LC₉₀ and LC₉₉ were calculated in fishes during 24, 48, 72 and 96 hours.

Findings: In the present study, 100% of mortality of *Caspian kutum* in concentration of 80 mg L⁻¹, happened only within the first hours they exposed to pollution. However, this process in *Common carp* in concentration of 120 mg L⁻¹, happened after 30 hours passed from starting the experiment. The acute toxicity of *Common carp* and *Caspian kutum* were 39.48 and 23.77 mg L⁻¹ respectively.

Conclusion: The present study showed that this washer is dangerous for fishes and also *Rutilus frisii kutum* is much more vulnerable to NaOCl in comparison with *Cyprinus carpio*.

Keywords: Pollution, Sodium Hypochlorite, Common carp (*Cyprinus carpio*), Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*), lethal concentration, Mortality.

1- Associate Professor, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2- Young Researchers and Elite Club, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran. * (Corresponding Author)

3- Young Researchers and Elite Club, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran.

مقدمه

زیست بوم‌های آبی به طور مداوم در معرض خطرات ناشی از ورود بی‌رویه آلاینده‌هایی هستند که از منابع مختلف به آن وارد می‌شوند (۱). در این میان افزایش جمعیت شهرها، رشد و توسعه صنعت و نیز ارتقای سطح بهداشت جامعه، موجب افزایش مصرف مواد شوینده شده که با ورود پسماند آن به اکوسیستم‌های آبی مخاطراتی را برای آبزیان در سطوح مختلف ایجاد نموده است (۲).

شوینده‌ها یکی از آلاینده‌های مهم در اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شوند، که به طور مستقیم و یا غیر مستقیم از طریق تخلیه فاضلاب‌های خانگی و صنعتی به رودخانه‌ها وارد می‌گردند (۳، ۴). سیستم‌های آبی توانایی جذب مقدار معینی از مواد سمی (آلاینده‌ها) را دارند اما چنانچه سطح مواد آلاینده از آن حد تجاوز نماید توان خود پالایی سیستم‌های آبی ضعیف و یا قطع می‌گردد که در این صورت اثرات آن بر روی زندگی آبزیان آشکار می‌شود (۲). در حقیقت تخلیه مداوم مواد شیمیایی به اکوسیستم‌های آبی می‌تواند منجر به تغییراتی در ساختار و عملکرد جوامع زنده شود (۵).

هیپوکلریت سدیم (NaOCl) یا آب ژاول از قرن هفدهم مورد استفاده قرار گرفته است (۶). هیپوکلریت سدیم (NaOCl) که یک محلول آبیونی حاوی $12/5$ ، 25 ٪ گاز کلر فعال می‌باشد، دارای طیف وسیعی از کاربردهای خانگی، صنعتی، کشاورزی، علمی و پزشکی می‌باشد که با ویژگی‌های زیستی آن مرتبط است (۷، ۸). به طور مثال امروزه هیپوکلریت سدیم (NaOCl) اغلب برای ضدعفونی نمودن فاضلاب بیمارستان استفاده می‌شود تا از گسترش میکروب‌ها و عوامل عفونی بیماری‌زا در بیمارستان‌ها ممانعت نماید (۷، ۹). هیپوکلریت سدیم می‌تواند به عنوان یک زیست‌کش موثر عمل نموده که قادر است مقاوم‌ترین موجودات کوچک را نیز نابود کند (۱۰).

از اثرات سوء شوینده‌ها بر محیط زیست ماهیان، می‌توان به کاهش میزان جذب اکسیژن‌گیری آب در حضور شوینده و کف ناشی از آن و در نهایت اختلال در عمل فتوسنتز نام برد.

همچنین شوینده‌ها با ایجاد اختلال در فرآیندهای سوخت و ساز موجودات آبی مانع رشد آن‌ها می‌شوند (۱۱).

کپور معمولی *Cyprinus carpio* یکی از گونه‌های کپور ماهیان است که نژاد بومی آن در حوزه آبریز دریای خزر پراکنش دارد (۱۲). این ماهی برای تخم‌ریزی به رودخانه‌های جنوبی دریای خزر مهاجرت می‌کند (۱۳). این گونه به دلیل نوع تغذیه (همه چیز خواری) می‌تواند در معرض طیف وسیعی از آلاینده‌های محیطی باشد (۱۲). ماهی سفید *Rutilus frisii kutum* نیز یکی از ماهیان استخوانی با ارزش و منحصر به فرد از خانواده کپورماهیان (Cyprinidae) در دنیاست که تنها در دریای خزر و بعضی رودخانه‌های منتهی به آن وجود دارد و زیستگاه اصلی آن بخش جنوبی این حوزه آبریز به ویژه سواحل ایران می‌باشد (۱۴). ماهی سفید در دریا تغذیه و رشد کرده و بعد از رسیدن به بلوغ جنسی برای تخم‌ریزی به رودخانه‌های منتهی به دریای خزر وارد می‌شود، ولی امروزه به دلیل آلودگی‌ها، مهاجرت این گونه کاهش یافته و در نتیجه، رودخانه‌های بسیار کمی را به عنوان مکان‌های اصلی تخم‌ریزی مورد استفاده قرار می‌دهد (۱۵). مهم‌ترین عامل برای کاهش ذخایر این گونه‌ها در سالهای اخیر، آلودگی محیط زیست به خصوص افزایش روز افزون فاضلاب‌ها ذکر شده است (۱۶)، ۱۷). این ماهیان از منابع غذایی مهم برای انسان می‌باشند و با توجه به این که اکثر رودخانه‌های محل مهاجرت این ماهیان در مجاورت فاضلاب‌های خانگی و بهداشتی بوده و تاکنون نیز اثرات این نوع آلاینده بر روی آنها مورد بررسی قرار نگرفته است، لذا در این تحقیق سمیت حاد هیپوکلریت سدیم با هدف تعیین غلظت کشنده 50 ٪ آن و حداکثر غلظت مجاز در 96 ساعت مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، تعداد 200 عدد بچه ماهی سفید با وزن متوسط $1 \pm 3/5$ گرم و همین تعداد ماهی کپور معمولی با وزن متوسط 1 ± 16 گرم از مرکز تکثیر بخش خصوصی استان گلستان تهیه شد. به منظور سازگاری با شرایط آزمایش، ماهیان

Program Version 16.0 مقادیر LC_{30} , LC_{10} , LC_1 در ۹۶ ساعت روی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. ماهیان از نظر رفتاری کنترل و علایم بالینی آن‌ها نیز ثبت گردید.

نتایج

در طول مدت آداپتاسیون و آزمایش اصلی هیچ گونه مرگ و میری در گروه شاهد مشاهده نشد. میزان تلفات هر دو گروه از ماهیان در ۴ روز در جداول شماره ۱ و ۳ آمده است.

مقادیر LC_1 , LC_{10} , LC_{30} , LC_{50} , LC_{70} , LC_{90} و LC_{99} در ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت برای ماهیان انگشت قد کپور معمولی در جدول ۲ و برای بچه ماهی سفید نیز در جدول ۴ ارائه شده است. در مطالعه حاضر صد در صد مرگ و میر بچه ماهیان سفید در غلظت 80 mg L^{-1} تنها ساعاتی پس از در معرض قرارگیری آلاینده اتفاق افتاد. با این حال صد در صد مرگ و میر ماهیان کپور معمولی در غلظت 120 mg L^{-1} پس از گذشت ۳۰ ساعت از شروع آزمایش رخ داد. بنابراین LC_{50} 96-h برای این آلاینده در ماهی کپور معمولی و سفید به ترتیب برابر $39/48$ ، $23/77$ میلی گرم در لیتر محاسبه گردید (جدول ۴). در پژوهش حاضر بعد از بررسی علایم بالینی ماهیان مورد آزمایش که در معرض غلظت‌های متفاوت هیپوکلریت سدیم قرار گرفته بودند، علایمی نظیر اختلالات تنفسی، باز و بسته کردن سریع‌تر سرپوش‌های آبششی و تجمع اطراف سنگ هوا مشاهده شد.

به مدت ۷ روز در آکواریوم‌هایی با ابعاد $40 \times 40 \times 100$ سانتی-متر، نگهداری شدند. خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب، شامل دمای آب، غلظت اکسیژن محلول، سختی و pH به ترتیب با مقادیر 1 ± 21 ، $8-7$ میلی گرم در لیتر، 220 میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم و $5/5-6/5$ تحت کنترل بودند، تمام شرایط در طول دوره آزمایش یکسان بود تا تنها عامل متغیر، دوزهای مختلف هیپوکلریت سدیم به عنوان منبع آلوده‌کننده باشد. تیمارها قبل از آزمایش، با غذای فرموله شده به مقدار 2% وزن بدن دو مرتبه در روز غذادهی می شدند.

در این پژوهش به منظور تعیین LC_{50} 96h، آزمایش‌ها بر اساس روش استاندارد O.E.C.D (۱۸) بر روی ماهیان انگشت قد کپور معمولی و بچه ماهی سفید انجام شد. آزمایش‌های ابتدایی به منظور یافتن محدوده کشندگی هیپوکلریت سدیم برای هر دو گروه از ماهیان، با رهاسازی ۱۵ عدد بچه ماهی به درون آکواریوم‌هایی به حجم ۲۰ لیتر انجام یافت، و در نهایت بر اساس محاسبات لگاریتمی تیمارهای نهایی برای کپور معمولی، ۵ تیمار (۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی گرم بر لیتر) و برای ماهی سفید با ۶ تیمار (۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر) صورت پذیرفت. جهت دقت در انجام آزمایش، ۳ گروه تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد. برای هر کدام از تکرارهای تیمارها، ۷ عدد ماهی در نظر گرفته شد. ماهیان بی حرکت و فاقد حرکت سرپوش آبششی، مرده محسوب شده و از آب خارج و تعداد ماهیان تلف شده پس از گذشت ۲۴ و ۴۸ و ۷۲ و ۹۶ ساعت ثبت گردید، سپس بر اساس روش آماري Probit

جدول ۱- تعداد تلفات بچه ماهیان سفید (*Rutilus frisii Kutum*) طی ۴ روز در اثر غلظت‌های مختلف هیپوکلریت سدیم

Table 1-The number of mortality of *Rutilus frisii Kutum* during 4 days because of different concentrations of Sodium Hypochlorite

غلظت (mg L^{-1})	مرگ و میر (تعداد)			
	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
۰/۰۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰
۱۰	۰	۰	۰	۰
۲۰	۰	۰	۱	۴
۴۰	۱۲	۱۸	۲۱	۲۱
۸۰	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱

جدول ۲- غلظت‌های کشنده هیپوکلریت سدیم (NaOCl) طی ۴ روز (۹۶ ساعت) بر روی بچه ماهیان سفید

Table 2. Lethal concentrations (LC₁₋₉₉) of Sodium Hypochlorite during 4 days (24-96 h) on *Rutilus frisii* Kutum

Point	غلظت هیپوکلریت سدیم (mg L ⁻¹) ± انحراف معیار			
	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
LC ₁	۲۵/۲۶ ± ۰/۱۳	۲۳/۰۰ ± ۰/۰۸	۱۷/۷۳ ± ۰/۰۶	۱۳/۸۳ ± ۰/۰۲
LC ₁₀	۳۱/۳۲ ± ۰/۱۳	۲۸/۱۰ ± ۰/۰۸	۲۲/۴۰ ± ۰/۰۶	۱۸/۲۹ ± ۰/۰۲
LC ₃₀	۳۵/۷۱ ± ۰/۱۳	۳۱/۸۰ ± ۰/۰۸	۲۵/۷۹ ± ۰/۰۶	۲۱/۵۳ ± ۰/۰۲
LC ₅₀	۳۸/۷۶ ± ۰/۱۳	۳۴/۳۷ ± ۰/۰۸	۲۸/۱۴ ± ۰/۰۶	۲۳/۷۷ ± ۰/۰۲
LC ₇₀	۴۱/۸۰ ± ۰/۱۳	۳۶/۹۳ ± ۰/۰۸	۳۰/۴۸ ± ۰/۰۶	۲۶/۰۱ ± ۰/۰۲
LC ₉₀	۴۶/۱۹ ± ۰/۱۳	۴۰/۶۳ ± ۰/۰۸	۳۳/۸۷ ± ۰/۰۶	۲۹/۲۴ ± ۰/۰۲
LC ₉₉	۵۲/۲۵ ± ۰/۱۳	۴۵/۷۳ ± ۰/۰۸	۳۸/۵۴ ± ۰/۰۶	۳۳/۷۱ ± ۰/۰۲

جدول ۳- تعداد تلفات بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) طی ۴ روز در اثر غلظت‌های مختلف هیپوکلریت

سدیم

Table 3. The number of mortality of *Cyprinus carpio* during 4 days because of different concentrations of Sodium Hypochlorite

غلظت (mg L ⁻¹)	مرگ و میر (تعداد)			
	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
۰/۰۰	۰	۰	۰	۰
۱۵	۰	۰	۰	۰
۳۰	۰	۰	۰	۲
۶۰	۵	۱۵	۱۸	۲۰
۱۲۰	۲۰	۲۱	۲۱	۲۱

جدول ۴- غلظت‌های کشنده هیپوکلریت سدیم (NaOCl) طی ۴ روز (۹۶ ساعت) روی ماهیان بچه ماهیان کپور معمولی

Table 4-Lethal concentrations (LC₁₋₉₉) of Sodium Hypochlorite during 4 days (24-96 h) on *Cyprinus carpio*

Point	غلظت هیپوکلریت سدیم (mg L ⁻¹) ± انحراف معیار			
	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
LC ₁	۳۶/۵۳ ± ۰/۰۸	۳۶/۲۴ ± ۰/۰۷	۳۴/۱۹ ± ۰/۰۵	۴/۵۸ ± ۰/۰۶
LC ₁₀	۵۰/۲۴ ± ۰/۰۸	۴۴/۶۸ ± ۰/۰۷	۴۱/۹۴ ± ۰/۰۵	۲۰/۴۲ ± ۰/۰۶
LC ₃₀	۶۷/۴۱ ± ۰/۰۸	۵۰/۸۰ ± ۰/۰۷	۴۷/۵۶ ± ۰/۰۵	۳۱/۸۹ ± ۰/۰۶
LC ₅₀	۷۹/۳۱ ± ۰/۰۸	۵۵/۰۴ ± ۰/۰۷	۵۱/۴۵ ± ۰/۰۵	۳۹/۴۸ ± ۰/۰۶
LC ₇₀	۹۱/۲۱ ± ۰/۰۸	۵۹/۲۸ ± ۰/۰۷	۵۵/۳۴ ± ۰/۰۵	۴۷/۷۹ ± ۰/۰۶
LC ₉₀	۱۰۸/۳۹ ± ۰/۰۸	۶۵/۳۹ ± ۰/۰۷	۶۰/۹۶ ± ۰/۰۵	۵۹/۲۷ ± ۰/۰۶
LC ₉₉	۱۳۲/۰۹ ± ۰/۰۸	۷۳/۸۳ ± ۰/۰۷	۶۸/۷۱ ± ۰/۰۵	۷۵/۱۰ ± ۰/۰۶

بحث و نتیجه گیری

هدف بسیاری از مطالعات سم شناسی در محیط‌های آزمایشی، تعیین حداکثر غلظت قابل قبول سمی آلاینده‌ها برای ماهیان در مراحل مختلف زندگی آن‌ها و مطالعه عکس العمل‌ها و پاسخ‌های فیزیولوژیک آن‌ها می‌باشد (۱۹). علی‌رغم کاربرد بسیار گسترده هیپوکلریت سدیم و سمیت آن، مطالعات بسیار اندکی در مورد تاثیر این آلاینده در محیط زیست و سیستم‌های زیستی وجود دارد.

به طور کلی LC₅₀ هیپوکلریت سدیم در هر دو گروه از ماهیان در طول ۹۶ ساعت، همواره روند کاهشی را نشان داد و در شرایط فیزیوشیمیایی ذکر شده میزان LC₅₀ 96-h هیپوکلریت سدیم برای ماهی کپور معمولی و سفید به ترتیب برابر ۳۹/۴۸ و ۲۳/۷۷ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. نتایج به دست آمده برای LC₅₀ در مدت ۹۶ ساعت برای هر دو گروه ماهیان نشان داد که میزان LC₅₀ با افزایش مدت زمان قرارگیری در برابر هیپوکلریت سدیم کاهش می‌یابد (جدول ۲ و ۴)، به عبارت دیگر میزان LC₅₀ در ۲۴ ساعت اولیه آزمایش همواره بیشتر از LC₅₀ در پایان ۹۶ ساعت می‌باشد. یکی از عوامل تأثیرگذار در مسمومیت آبزیان عامل زمان است، هنگامی که ماهی در معرض غلظت ثابتی از سم باشد، به مرور زمان هم مقاومت ماهی تحلیل می‌رود و هم سم فرصت بیشتری برای تأثیرگذاری روی ماهی دارد.

نتایج به دست آمده از آزمایش‌های تعیین سمیت حاد شوینده‌ها (۲۰، ۲۱) و نیز سموم مختلف (۲۲، ۲۳) و سایر تحقیقات مشابه نیز این امر را تصدیق می‌کند که مقدار LC₅₀ در طول ۹۶ ساعت آزمایش همواره روند کاهشی داشته است. تهرانی فرد و همکاران (۲۰۰۲) با تعیین غلظت کشنده مایع ظرف-شویی و پودر لباس‌شویی دستی بر روی بچه ماهیان انگشت قد ماهی سفید میزان LC₅₀ 96h این دو شوینده آنیونی خطی را به ترتیب ۴/۶۹ و ۱۲/۲۴ میلی گرم بر لیتر تعیین کردند (۲۰). همچنین میزان غلظت کشنده هیپوکلریت سدیم در ۲۴ ساعت برای روتیفر گونه *Brachionus plicatilis* ۱/۲۳ میلی گرم بر لیتر محاسبه شده است (۲۴). مطالعه Linden و همکاران

(۱۹۷۹) (۲۵) مشخص نمود که غلظت کشنده هیپوکلریت سدیم در ۹۶ ساعت برای مروارید ماهی (*Alburnus alburnus*) ۳۷-۳۲ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. این در حالی است که پژوهش دیگری میزان غلظت کشنده هیپوکلریت سدیم در ۴۸ ساعت را ۵/۹ میلی گرم در لیتر در ماهی کپور قنات (*Pimephales promelas*) تعیین کرد. همچنین میزان LC₅₀ 96h آن نیز همین مقدار تعیین شد. همین پژوهش میزان هیپوکلریت سدیم را در میگوی سفید (*Penaeus setiferus*) ۵۶ میلی گرم بر لیتر مشخص کرد (۲۱).

در مطالعه دیگری LC₅₀ 24h هیپوکلریت سدیم برای ماهی گورخری (*Danio rerio*) ۴۸ میلی گرم بر لیتر به دست آمد (۸). در این پژوهش وقتی ماهیان در معرض ۵۷ میلی گرم در لیتر هیپوکلریت سدیم قرار گرفتند در طی ۲۴ ساعت ۱۰۰ درصد تلفات اتفاق افتاد.

سمیت شوینده‌ها در ماهیان مختلف بسیار متغیر می‌باشد و به عوامل زیستی مانند سن و گونه ماهی و همچنین عوامل محیطی مانند درجه حرارت، سختی و اکسیژن محلول آب بستگی دارد (۲۶). در پژوهش حاضر با مقایسه غلظت کشنده هیپوکلریت سدیم در دو گونه کپور معمولی و سفید، و همچنین مقایسه با تحقیقات مشابه مشاهده شد که ماهی سفید در برابر هیپوکلریت سدیم بسیار حساس تر بوده و قرار گرفتن در معرض غلظت بسیار کمتری از این آلاینده باعث مرگ و میر و عوارض ناشی از آن می‌شود.

همان‌طور که پژوهش حاضر نشان می‌دهد شوینده‌ها خود به تنهایی مضر بوده و می‌توانند باعث آسیب به محیط زیست و ذخایر آبزیان گردند، با این حال مطالعات متعدد نشان داده است که این مواد هنگامی که با ماده شیمیایی دیگری مخلوط می‌شوند موجب افزایش درصد مرگ و میر در موجودات می‌شوند، به عبارت دیگر شوینده‌ها باعث شکستن پروتئین غشایی پلاسما شده و باعث ورود آلاینده‌های دیگر از جمله فلزات سنگین به داخل سلول می‌شوند (۲۰، ۲۷).

هر دو گروه از ماهیان، گروه شاهد در طول مدت آزمایش رفتار عادی را نشان می‌داد.

در یک مطالعه با بررسی رفتار ماهی گورخری (*Danio rerio*) تحت تاثیر غلظت‌های تحت کشنده هیپوکلریت سدیم دو پاسخ اصلی در این گونه مشاهده شد: پاسخ فرار (افزایش حرکات شنا) در گروه تحت آزمایشی که غلظت کمی از هیپوکلریت سدیم را دریافت کرده بودند و کاهش تدریجی در حرکات شنا (رفت و برگشت) و گوشه‌گیری ماهیان در گروهی که غلظت‌های بالاتر (۳۰٪ از LC_{50}) را دریافت کرده بودند، مشاهده شد (۸). تغییرات رفتاری مشاهده شده در پژوهش حاضر همانند سایر علایم بالینی گزارش شده توسط محققان دیگر در استفاده از شوینده‌ها می‌باشد (۳۳، ۳۴).

به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده، آلودگی توسط هیپوکلریت سدیم برای آبزیان و اکوسیستم‌های آبی خطرناک است و از آنجا که رودخانه‌های محل مهاجرت و پرورش ماهیان مورد بررسی در شمال کشور در معرض فاضلاب‌های خانگی و بهداشتی قرار دارند، بنابراین می‌توان با مدیریت این فاضلاب‌ها از ورود آنها به رودخانه‌ها و مصب‌ها جلوگیری نموده و امکان تخم ریزی بهینه مولدین و بقای لاروها را فراهم آورد، زیرا تخلیه مواد شیمیایی حاصل از فاضلاب‌ها به اکوسیستم‌های آبی (رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها) ممکن است منجر به تغییر در ساختار و عملکرد جوامع زنده شود.

منابع

- 1- Konar, S.K., Mullick, S. 1993. Pollutional hazards of coastal waters by petroleum products, detergents and heavy metals. Environment and ecology. Kalyani, 11(3): 688-690.

۲- بابایی، ه. خداپرست، ح. «بررسی و تعیین غلظت آلودگی شوینده آلکیل بنزن سولفونات خطی در آب رودخانه سفید رود (استان گیلان)» پاییز ۱۳۸۹. مجله علوم آبزیان سال اول، شماره سوم، ص ۳۵-۴۵.

حداکثر غلظت مجاز آلاینده‌ها (MAC) در محیط‌های طبیعی باتوجه به مقادیر LC_{50} 96h به دست آمده و به طور متوسط ۰/۱ میزان LC_{50} است. حداکثر غلظت مجاز سم در حقیقت غلظتی از سم است که در طول مدت آزمایش هیچ اثر سویی بر ماهی مورد آزمایش نگذارد. در این مطالعه، این مقدار برای هیپوکلریت سدیم در دو گونه ماهی کپور معمولی و سفید در دمای متوسط 21 ± 1 درجه سانتی‌گراد به ترتیب برابر ۳/۹۴ و ۲/۳۷ میلی گرم در لیتر بود (۲۸).

رفتار، معیار مناسبی از واکنش موجود زنده به عوامل استرس‌زا از جمله آلاینده‌های زیست محیطی می‌باشد (۲۹). موجودات زنده در غلظت‌های پایین مواد شیمیایی که می‌تواند منجر به مرگ و میر موجود شود، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در رفتارشان نشان می‌دهند (۳۰). به عبارت دیگر، رفتار موجودات رابطه بین فرایندهای اکولوژیکی و فیزیولوژیکی می‌باشد (۳۱). بنابراین با مطالعه رفتار ماهیان در چنین پژوهش‌هایی می‌توان به اثرات آلاینده‌ها بر سیستم بدن آنها پی برد.

تغییرات رفتاری و علایم بالینی ماهیان انگشت قد کپور معمولی در دوز ۱۵ میلی گرم بر لیتر تقریباً از ۷۲ ساعت بعد از در معرض قرار گرفتن ماهیان در برابر آلاینده نمایان شد ولی در دوزهای بالاتر حدود ۳ ساعت بعد از شروع آزمایش، علایم قابل مشاهده بود. به طور کلی کپور ماهیان در غلظت‌های ۶۰ و ۱۲۰ میلی گرم بر لیتر، رفتار تجمع در گوشه‌ای از آکواریوم، سقوط به کف و بی‌حسی را از خود نشان دادند، در حالی که در غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر دارای تحرک بیشتر و همچنین شنای غیرعادی نسبت به گروه شاهد بودند. افزایش در حرکات شنا عموماً برای فرار از قرار گرفتن در معرض ماده شیمیایی می‌باشد (۸). کاهش فعالیت شنا نیز ممکن است رفتاری طراحی شده برای کاهش احتمال مرگ و هزینه‌های سوخت و ساز بدن و نیز حفظ تعادل فیزیولوژیکی باشد (۳۲). در بچه ماهیان سفید این رفتارها در غلظت‌های بالاتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر بلافاصله بعد از شروع آزمایش قابل رویت بود. سفید ماهیان مسموم شده از نظر بالینی علایمی شبیه به کپور ماهیان را بروز دادند. در

- carpio*) exposed to three disinfectants, chlorine dioxide, sodium hypochlorite and peracetic acid, for superficial water potabilization. *Chemosphere*, 64(10): 1633-1641.
- 11- Francisco A.A, Eugenio L., Megdalena D.A. 1994. Acute toxicity of the herbicide glyphosate to fish. *Chemosphere*, 28: 735-745.
 - 12- Vazirzadeh, A., Mojazi Amiri, B., Yelghi, S., Hajimoradloo, A., Nematollahi, M.A., Mylonas, C.C. 2011. Comparison of the effects of different methods of mammalian and salmon GnRHa administration on spawning performance in wildcaught female carp (*Cyprinus carpio carpio*) from the Caspian Sea. *Aquaculture*. 320: 123-12.
 - 13- Ghelichi, A., Akrami¹, R., Bandani, G.h., Jorjani, S. 2010. Reproduction biology of female common carp (*Cyprinus carpio*) in southeast of the Caspian Sea (Miankale Fishing Station). *Iranian Journal of Natural Resources*, 63: 197-208.
 - 14- Tamarin, A. E., kuliev, Z.M. 1989. Black sea roach. In: *Caspian sea: Ichthyofauna and commercial stocks*, Nauka press. Moscow, pp. 144-145.
 - 15- Yousefian, M., Mosavi, H., 2008. Spawning of South Caspian Kutum (*Rutilus frisii kutum*) in Most Migratory River of South Caspian Sea. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 3: 437-442.
 - 16- Arjmandi, R., Tavakol, M., Shayeghi, M. 2010. Determination of organophosphorus insecticide residues in the rice paddies. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7: 175-182.
 - 3- Kimerle, R.A. 1989. Aquatic and terrestrial ecotoxicology of linear alkyl benzene sulfonate. *Tenside Surfactants Detergents*, 26: 169-176.
 - 4- Rand, G.M. 1995. *Fundamentals of aquatic toxicology*. Taylor & Francis. United States; pp 859-882.
 - 5- Karr, J.R. 1991. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications*, 1: 66-84.
 - 6- Nimkerdphol, K., Nakagawa, M. 2008. Effect of sodium hypochlorite on zebrafish swimming behavior estimated by fractal dimension analysis. *Journal of bioscience and bioengineering*, 105(5): 486-492.
 - 7- Emmanuel, E., Keck, G., Blanchard, J. M., Vermande, P., & Perrodin, Y. 2004. Toxicological effects of disinfections using sodium hypochlorite on aquatic organisms and its contribution to AOX formation in hospital wastewater. *Environment international*, 30(7): 891-900.
 - 8- de Paiva Magalhães, D., da Cunha, R. A., dos Santos, J. A. A., Buss, D. F., Baptista, D. F. 2007. Behavioral response of Zebrafish *Danio rerio* Hamilton 1822 to sublethal stress by sodium hypochlorite: ecotoxicological assay using an image analysis biomonitoring system. *Ecotoxicology*, 16(5): 417-422.
 - 9- Richardson M.L., Bowron J.M. 1985. The fate of pharmaceutical chemicals in the aquatic environment. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 37: 1-12.
 - 10- Elia, A.C., Anastasi, V., & Dörr, A. J. M. 2006. Hepatic antioxidant enzymes and total glutathione of (*Cyprinus*

- the total environment, 408(8): 1779-1785.
- 25- Linden, E., Bengtsson, B. E., Svanberg, O., Sundström, G., Board, N. S. E. P. 1979. The acute toxicity of 78 chemicals and pesticide formulations against two brackish water organisms, the bleak (*Alburnus alburnus*) and the harpacticoid *Nitocra spinipes*. *Chemosphere*, 8(11): 843-851.
 - 26- Abel, P.D. 1974. Toxicity of synthetic detergents to fish and aquatic invertebrates. *Journal of fish Biology*, 6(3): 279-298.
 - 27- Chattopadhyay, D. N., Konar, S. K. 1991. Removal of toxicity of linear alkyl benzene sulfonate through algae culture. *Environment and Ecology*, 9(2): 342-344.
 - 28- Baer, K. N. 1996. Fundamentals of aquatic toxicology: effects, environmental fate, and risk assessment. *International Journal of Toxicology*, 15(5): 453-454.
 - 29- Weis, J.S., Candelmo, A. 2012. Pollutants and fish predator/prey behavior: A review of laboratory and field approaches. *Current Zoology*, 58(1): 9-20.
 - 30- Gerhardt, A. 2007. Aquatic behavioral ecotoxicology: Prospects and limitations. *Human and Ecological Risk Assessment*, 13: 481-491.
 - 31- Gerhardt, A. 1998. Whole effluent toxicity testing with *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792) survival and behavioral response to a dilution series of a mining effluent in South Africa. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 35: 309-316.
 - 17- Paykan Heyrati, F., Mostafavi, H., Toloei, H., Dorafshan, S. 2007. Induced spawning of kutum, *Rutilus frisii kutum* (Kamenskii, 1901) using (D-Ala6, Pro9-NEt) GnRHa combined with domperidone. *Aquaculture*, 265: 288-293.
 - 18- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 1993. OECD Guidelines for Testing of Chemicals OECD, Organization for Economic. Paris.
 - 19- Heath, A.G. 1995. Water pollution and fish physiology. CRC press.
 - 20- Tehranifard, A., Sharif Fazeli, M., Piri, M. 2002 Determination of LC50 of Diazinon toxin and linear anionic detergents on *Rutilus frisii kutum*. *Journal of Marine Sciences and Technology*, 1(1): 55-59.
 - 21- Curtis, M.W., Copeland, T. L., Ward, C. H. 1979. Acute toxicity of 12 industrial chemicals to freshwater and saltwater organisms. *Water Research*, 13(2): 137-141.
 - 22- Svoboda, M., Lusova, V., Drastichova, J., Ilabek, V. 2001. The effect of diazinon on hematological indices of common carp (*Cyprinus carpio*). *Acta Veterinaria Brno*, 10: 457-465.
 - 23- Svobodova, Z., Lusova, V., Drastichova, J., Svoboda, M., Zlabek, V. 2003. Effect of deltamethrin on haematological indices of common carp (*Cyprinus carpio*). *Acta Veterinaria Brno*, 72: 79-85.
 - 24- López-Galindo, C., Garrido, M. C., Casanueva, J. F., Nebot, E. 2010. Degradation models and ecotoxicity in marine waters of two antifouling compounds: Sodium hypochlorite and an alkylamine surfactant. *Science of*

- 34- Ndome, C. B., Mowang, D. A., Ayibaemi, T.T. 2013. Comparative acute toxicity of local detergents (Omo and Ariel) on fingerlings of the *Clarias gariepinus*♀ x *Heterobranchus longifilis*♂ hybrid. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation-International Journal of the Bioflux Society (AACL Bioflux), 6: 415-420.
- 32- Olla, B.L., Pearson, W.H., Studholme, A.L. 1980. Applicability of behavioral measures in environmental stress assessment. Rapports et procès-verbaux des réunions / Conseil permanent international pour l'exploration de la mer, 179: 162–173.
- 33- Eknath, C.N. 2013. Studies on Toxicity of Detergents to *Mystus montanus* and Change in behaviour of Fish. Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences, 1(9): 14-19.