



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی"

دوره دوم، شماره سوم، پاییز ۹۳

<http://jair.gonbad.ac.ir>

تعیین غلظت کشندگی LC₅₀96h نیتريت سدیم و تأثیر آن بر بافت کبد

بچه ماهی سفید (*Rutilus kutum* Kamensky, 1901)

زهرا عظیمی^{۱*}، علی صادق پور^۲، حسین خارا^۳، اکبر پورغلامی مقدم^۴، رودابه روفچایی^۵
^۱ کارشناس ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، بندر انزلی، ^۲ مربی گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان،
 لاهیجان، ^۳ دانشیار گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ^۴ مربی مرکز تحقیقات شیلات،
 پژوهشکده آبهای داخلی، بندر انزلی، ^۵ کارشناس تغذیه و غذای زنده، پژوهشکده آبهای داخلی، بندر انزلی، ایران.
 تاریخ ارسال: ۹۳/۹/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۰

چکیده

نیتريت محصول حد واسط در چرخه طبیعی نیتروژن است که افزایش غلظت محیطی آن موجبات مرگ و میر ماهیان آب شیرین را فراهم می‌کند. پس از آزمایش‌های اولیه محدود کشندگی این ماده تعیین و سپس جهت تعیین دقیق LC₅₀، ۱۸۰ قطعه بچه ماهی سفید با میانگین وزنی ۴/۰۵±۰/۸ گرم، در ۶ گروه (۵ گروه آزمایشی و گروه شاهد) در معرض غلظت‌های ۱۳۰، ۱۴۴/۵، ۱۶۱/۵، ۱۸۰، ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیتريت سدیم قرار گرفتند. آزمایشات به صورت ساکن (استاتیک) و بر اساس روش استاندارد به مدت ۴ شبانه روز (۹۶ ساعت) انجام شد. در مدت اجرای آزمایش اکسیژن محلول، اسیدیته و دمای آب روزانه اندازه‌گیری و ثبت گردید. میزان متوسط کشندگی (LC₅₀) نیتريت روی بچه ماهیان سفید طی ۹۶ ساعت ۱۴۶/۶۲ میلی‌گرم در لیتر، با استفاده از روش آماری Probit analysis تعیین گردید. طی این بررسی در ماهیان مسموم رفتار غیر طبیعی چون بی‌قراری، شنا در سطح آب و از دست دادن تعادل دیده شد. به منظور مشاهده تغییرات میکروسکوپی بافت کبد، این بافت در ماهیان در حال مرگ در پایان هر ۲۴ ساعت مورد بررسی قرار گرفت. پس از تثبیت بافت‌ها در فرمالین ۱۰ درصد، مقاطع بافتی با ضخامت ۵ میکرون تهیه و به روش همانوکسیلین-آئوزین رنگ آمیزی شدند. مهم‌ترین ضایعات کبد مشاهده شده، خون ریزی ورید مرکزی، آتروفی، نکروزه شدن هپاتوسیت، نکروز کانونی مزمن، Cloudy swelling (تورم ابری) و حضور ملانین و صفرا بود. نتایج نشان داد که این ماهی جز ماهیان مقاوم در برابر سم نیتريت بوده و بافت کبد می‌تواند به‌عنوان یک بیومارکر شاخص آلودگی نیتريت در این گونه مورد بررسی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ماهی سفید، *Rutilus Kutum*، نیتريت، هیستوپاتولوژیک، غلظت کشندگی، آلودگی

*نویسنده مسئول: zahra.azimi81@yahoo.com

مقدمه

سمیت یک آلاینده از طریق سنجش زیستی (Bioassay) ارزیابی می‌گردد که به‌وسیله آن غلظت لازم جهت ایجاد تلفات نیمی از موجودات مورد آزمایش در یک دوره زمانی مشخص (کوتاه مدت یا بلند مدت) معلوم می‌شود. هدف از این آزمایش‌ها قضاوت درباره توان بالقوه مواد آلاینده و بررسی تأثیرات زیان‌بخش آن بر اکوسیستم و موجودات زنده می‌باشد (Kordovani, 1994).

در شرایط پرورشی و در سیستم‌های بسته و متراکم که آب چرخشی استفاده می‌شود غلظت بالای نیتريت قابل مشاهده است (Svobodova *et al.*, 2005). آمونیاک دفعی ماهی‌ها در این سیستم‌های پرورشی تحت فعالیت باکتری‌های نیتروزوموناس قرار گرفته که این امر میزان نیتريت را به‌عنوان یک ماده حواسط تا حد سمی افزایش می‌دهند (Palackek *et al.*, 1984). در آب‌های جاری نیز فعالیت‌های زیستی گیاهان آبی به دلیل عدم تعادل در حضور باکتری‌های نیتريفایر (باکتری‌های شوره‌گذار) شاهد افزایش غلظت نیتريت تا حد سمی هستیم (Scarano *et al.*, 1984).

مطالعات انجام شده حضور نیتريت را در میزان بالا (حاد) (Ozcanet *et al.*, 2010) و میزان کم در دراز مدت (مزمن) برای ماهی‌ها به‌عنوان سم معرفی کرده است (Kroupova *et al.*, 2008 and 2010). سمیت نیتريت برای ماهی‌های مختلف به بسیاری از عوامل داخلی و خارجی همچون کیفیت آب، گونه ماهی، سایز و حساسیت‌های فردی ماهی بستگی دارد (Jensen, 2003; Voslarova *et al.*, 2006).

نیتريت علاوه بر اینکه به تنهایی مکانیسم سمی ایجاد می‌کند، بلکه چندین مکانیسم دیگر را نیز فعال می‌نماید. از جمله کاهش غلظت هموگلوبین و کم خونی منتج از آن، دژنره شدن سلول‌های کبدی متعاقب کم خونی حادث شده و آسیب غشای لیزوزومی و میکروزومال در کبد، تخریب DNA و تغییر هموستاز خارج سلولی همچون بروز هیپوکلسیمی می‌باشد (Huertaz *et al.*, 2002).

ماهی سفید یکی از گونه‌های مهم اقتصادی است. زیستگاه اصلی آن مربوط به بخش جنوبی دریای خزر به‌خصوص سواحل ایران می‌باشد (Tamarin and Kuliev, ۱۹۸۹). علی‌رغم تحقیقاتی که تاکنون روی این گونه ارزشمند انجام شده است، هنوز پرورش این گونه میسر نشده است. لذا، جهت بهره‌برداری شیلاتی آن در شرایط پرورشی، از یک طرف و بررسی توان بیولوژی این گونه در برابر میزان نیتريت این بررسی صورت گرفت. در این تحقیق سمیت حاد (Acute toxicity) نیتريت روی بچه ماهی سفید با هدف تأثیر بر پاسخ‌های رفتاری و ساختار بافت کبد که متابولیسم بسیاری از مواد و سم‌زدایی را در آبزیان به‌عهده دارد، مورد بررسی قرار گرفت. تعیین غلظت ۵۰ درصد کشندگی سم نیتريت سدیم در ۹۶ ساعت (LC₅₀ 96h) و مشخص نمودن حداکثر غلظت مجاز آن برای بچه ماهی سفید از جمله مواردی است که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۱ در ایستگاه تغذیه و غذای زنده آبزیان واقع در بندر انزلی انجام شد. جهت اجرای این تحقیق بچه ماهیان با میانگین وزنی $4/05 \pm 0/8$ گرم در وان‌های مخصوص نگهداری بچه ماهیان به مدت یک‌ماه جهت سازگاری نگهداری و با غذای کنستانت‌تره تغذیه شدند. آزمایش بر اساس روش سازمان اقتصاد و همکاری و توسعه^۱ (OECD, ۱۹۸۴)، به منظور تعیین LC₅₀ 96h انجام گرفت. برای آزمایش سمیت تعداد ۱۸ وان ۲۰ لیتری و در هر وان ۱۰ عدد ماهی در نظر گرفته شد. ۲۴ ساعت قبل از آزمایش غذادهی قطع شد.

بر اساس محاسبات لگاریتمی و تکرارهای مجدد آزمایش‌های تیمار نهایی با ۵ تیمار (۲۰۰، ۱۸۰، ۱۶۱/۵، ۱۴۴/۵، ۱۳۰ میلی‌گرم در لیتر نیتريت سدیم (NaNO₃) و ۳ تکرار در کنار تیمار شاهد انجام شد. نیتريت سدیم مورد مصرف مرک آلمان با خلوص ۹۹ درصد بود. شرایط آزمایش استاتیک بوده (TCR, 1984) و میزان نیتريت آب و اکسیژن محلول در طول آزمایش ثابت بود. زمان نمونه‌برداری ۹۶ ساعت پس از افزودن سم بود آب مصرفی از لوله‌کشی شهری بود که قبل از مصرف با هوادهی کلرزدایی شد (Naji, 2008). در طول آزمایش اکسیژن، pH، دما و سختی آب به ترتیب (mg/l) $7/5 \pm 0/3$ ، $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ، $7/3 \pm 0/6$ و 300 ± 25 بود.

میزان نیتريت سدیم بر اساس آنالیز پروبیت محاسبه شد. ماهیان مورد آزمایش از نظر رفتاری کنترل و علائم بالینی آنها ثبت گردید. بعد از کسب نتایج نهایی اطلاعات حاصله بر طبق روش آماری Program version ۱/۵, USEPA probit, 1985) با سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقادیر LC₁₀، LC₅₀، LC₉₀ طی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت و میزان حداکثر غلظت مجاز (MAC)^۲ که همان غلظت غیر مؤثر (NOEC)^۳ بوده و معادل $hLC_{50} 96 \times 10^{-1}$ و حداقل غلظت مؤثره نیز (LOEC)^۴ نیتريت سدیم که معادل hLC₁₀96 نیز تعیین شد (TRC, 1984). به منظور بررسی ضایعات هیستوپاتولوژیک نیتريت سدیم، در پایان هر ۲۴ ساعت ماهیان در حال مرگ از هر تکرار برداشت شده و پس از جدا سازی کبد، نمونه‌ها در ظروف حاوی فرمالین ۱۰ درصد قرار داده شد. نمونه‌های بافتی پس از طی مراحل پاساژ بافت، آماده برش‌گیری و رنگ آمیزی هماتوکسیلین اتوزین شدند (Hung et al., 1990; Posti and Sedigh, 2009). پس از رنگ آمیزی لام‌های حاوی نمونه بافت‌ها با کمک میکروسکوپ Nikon مدل Eclipse 50 مجهز به مانیتور و دوربین عکاسی Nikon مدل CCTV مورد مطالعه قرار گرفتند. آسیب‌های بافتی به وجود آمده با علامت‌های: (-) بدون ضایعه بافتی، (+) کمتر از ۲۰ درصد ضایعه بافتی،

1. Organization of Economic Cooperation and Development
2. Maximum Allowable Toxicant Concentration
3. No Observed Effect Concentration
4. Lowest Observed Effect Concentration

(++) کمتر از ۶۰ درصد ضایعه بافتی، (+++) کمتر از ۸۰ تا ۱۰۰ درصد ضایعه بافتی، (+++++) تخریب بافتی صد درصد مشخص گردیدند (Veiga et al., 2002; Silva et al., 2005; Xing et al., 2012).

نتایج

در این بررسی حداکثر غلظت مجاز، حداقل غلظت مؤثر، غلظت غیر مؤثر نیتريت سدیم در بچه ماهی سفید به ترتیب ۱۴/۶۶۲، ۱۱۶/۵۱، ۱۴/۶۶۲ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شد. ماهیان مسموم رفتارهای غیرطبیعی شامل بی‌قراری، شنای روی آب، از دست دادن تعادل و در بعضی مواقع توقف در حرکت را نشان دادند. نتایج بافت‌شناسی کبد ماهیان شاهد و مقایسه آن با بافت آبشش ماهیانی که تحت تاثیر ۵ غلظت نیتريت سدیم (۱۳۰، ۱۴۴/۵، ۱۶۱/۵، ۱۸۰، ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) قرار داشتند نشان داد هنگامی که بچه ماهیان در معرض ۱۳۰ میلی‌گرم بر لیتر نیتريت سدیم قرار گرفتند، تقریباً تلفاتی مشاهده نشد در حالیکه ماهیانی که در معرض ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیتريت سدیم قرار داشتند دچار مرگ و میر شدند. تاثیر ضایعات بافتی ایجاد شده در تمام پنج تیمار مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۱- اعداد استخراجی از جدول پروبیت در بچه ماهیان سفید ۳-۴ گرمی در معرض غلظت‌های مختلف نیتريت سدیم بر مرگ و میر بچه ماهیان سفید، طی ۹۶ ساعت

یمار	غلظت (میلی‌گرم در لیتر)	لگاریتم غلظت	Probit value			
			۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
شاهد	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱	۱۳۰	۲/۱۱	۳/۸۸۷۷	۴/۰۲۹۹	۴/۱۵۸۴	۴/۲۷۱۰
۲	۱۴۴/۵	۲/۱۶	۴/۵۶۸۴	۴/۷۴۶۷	۴/۷۴۶۷	۴/۸۳۱۳
۳	۱۶۱/۵	۲/۲۰	۵/۰۸۲۸	۵/۱۶۶۲	۵/۱۶۶۲	۵/۳۳۹۸
۴	۱۸۰	۲/۲۵	۵/۶۲۱۹	۵/۶۲۱۹	۵/۶۲۱۹	۵/۹۶۶۱
۵	۲۰۰	۲/۳۰	۵/۹۶۶۱	۶/۲۸۱۶	۶/۲۸۱۶	۸/۹۱۹۰

جدول ۲- غلظت‌های کشنده نیتريت سدیم در طی ۴ روز روی بچه ماهی سفید (۳ تا ۴ گرمی).

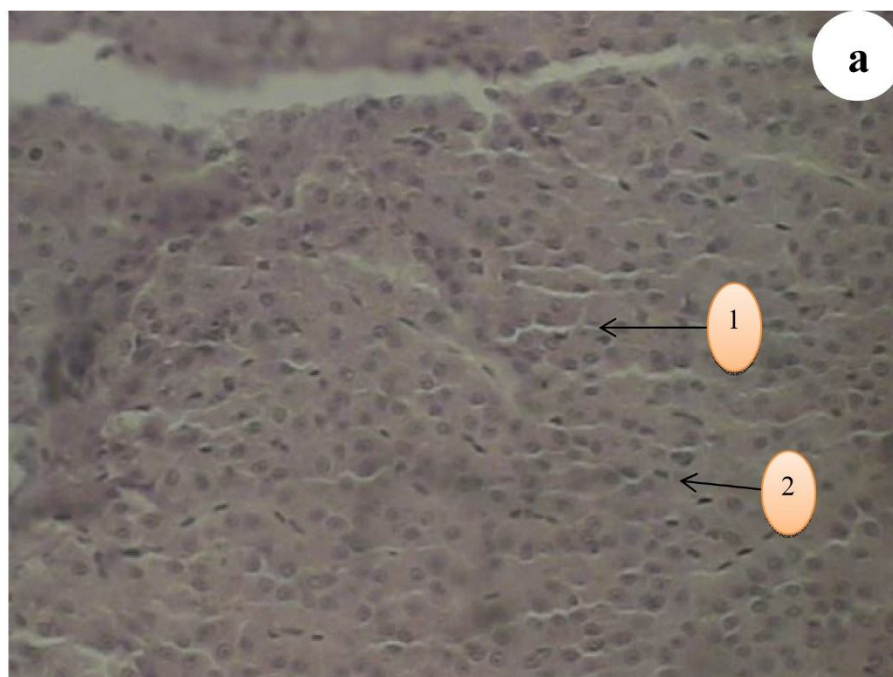
LC	زمان	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
۵۰	۱۵۹/۴۷	۱۵۴/۷	۱۵۳/۸۵	۱۴۶/۶۲	
۹۰	۲۰۸/۲۵	۲۰۰/۱۷	۱۹۸/۶۹	۱۶۷/۲۶	

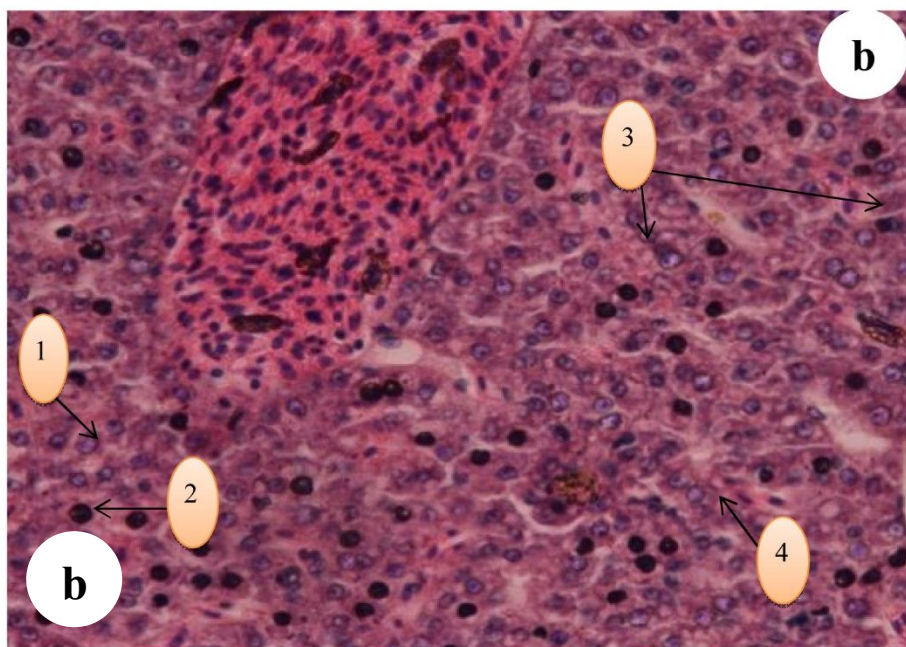
تعیین غلظت کشندگی LC₅₀96h نیتريت سدیم و تأثیر آن بر بافت کبد....

جدول ۳- عوارض مشاهده شده در کبد بچه ماهی سفید قرار گرفته در معرض دوزهای متفاوت نیتريت سدیم

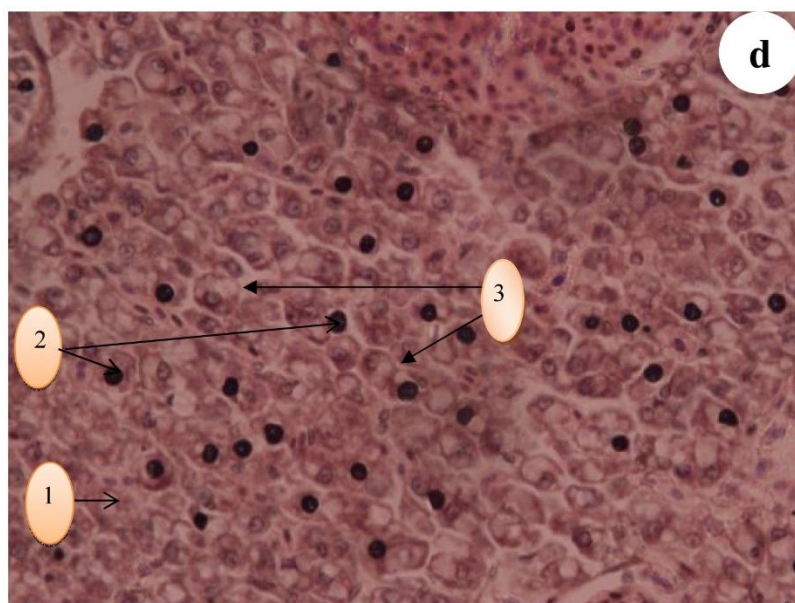
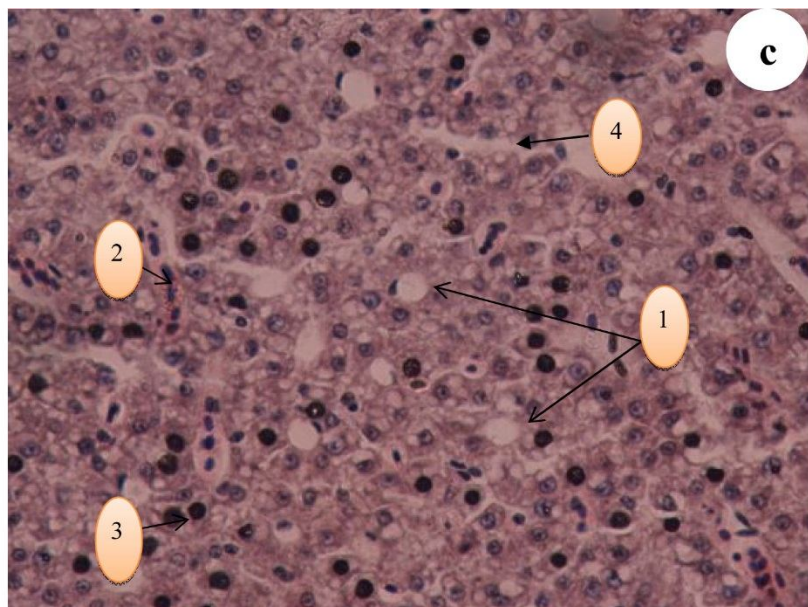
غلظت تحت کشنده نیتريت سدیم (ppm)						آسیب
۲۰۰	۱۸۰	۱۶۱/۵	۱۴۴/۵	۱۳۰	۰	
+++	++	++	++	+	-	پر خونی و خونریزی
++	++	++	+	-	-	استیتوزی
+++	+++	++	+	+	-	خونریزی ورید مرکزی
+++	++	+	-	-	-	آتروفی
+++	+++	++	+	-	-	نکروزه شدن هیاتوسیت
+++	++	+	-	-	-	نکروز کانونی مزمن
+++	++	++	-	-	-	تورم ابری (Cloudy swellin)

آسیب‌های بافتی بوجود آمده (-) بدون ضایعه بافتی، (+) کمتر از ۲۰ درصد ضایعه بافتی، (++) کمتر از ۶۰ درصد ضایعه بافتی، (+++) کمتر از ۸۰ تا ۱۰۰ درصد ضایعه بافتی، (+++++) تخریب بافتی صد درصد.

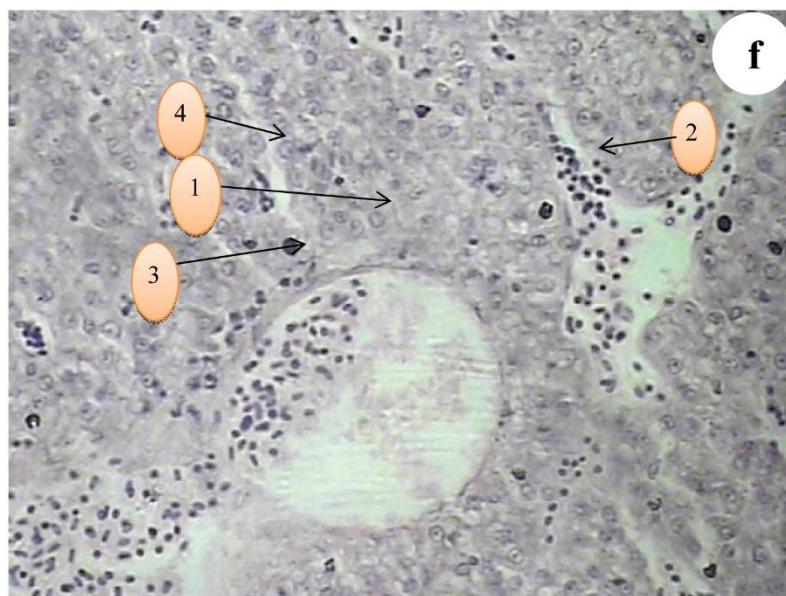
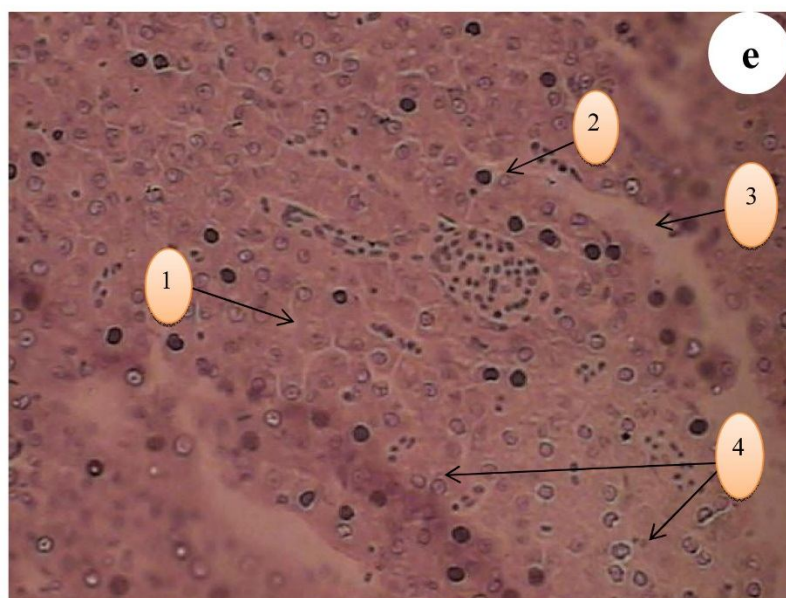




شکل ۱- تغییرات هیستوپاتولوژیک در کبد بچه ماهی سفید *Rutilus kutum* تحت تأثیر غلظت‌های مختلف نیتریت سدیم پس از ۹۶ ساعت. (a). شاهد. ۱. سینوزوئید. ۲. هیپاتوسیت (H&E, ۴۰۰ X) (b). ۱. هیپاتوسیت‌های در حال نکروزه شدن. ۲. هیپاتوسیت‌های پیکنوزه. ۳. خونریزی در بافت کبدی (انتشار گلبول‌های قرمز بین هیپاتوسیت‌ها و فضای سینوزوئیدها). ۴. دژنراسانس واکوئلی هسته سلول‌های کبد در غلظت ۱۳۰ mg/l. (H&E, ۴۰۰ X).



شکل ۲. (c). ۱. نکروزه شدن هیپاتوسیت‌ها ۲. خونریزی ۳. پیکنوزه شدن هیپاتوسیت ۴. گشاد شدن سینوزوئیدها در غلظت ۱۴۴/۵ mg/l (H&E, ۴۰۰ X). (d). ۱. نکروز هیپاتوسیت‌ها ۲. پیکنوزه شدن هیپاتوسیت‌ها ۳. تورم ابری در غلظت ۱۶۱/۵ mg/l (H&E, ۴۰۰ X).



شکل ۳. (e) ۱. نکروز ۲. پیکنوز سلول‌های هیپاتوسیت ۳. اتساع سینوزوئید ۴. دژنراسانس هسته در غلظت ۲۰۰ mg/l (X) ۱۸۰. (f) ۱. نکروز ۲. خونریزی ۳. پیکنوز ۴. افزایش حجم سینوزوئید در غلظت ۲۰۰ mg/l (X) ۱۸۰. (H&E, ۴۰۰). (H&E, ۴۰۰).

همانطور که در تصاویر (شکل ۱) و (جدول ۳) نشان داده شده بیشترین ضایعات بافت کبد ثبت شده در این آزمایش مربوط به ضایعات تخریبی بافتی بر این اندام شامل: پرخونی، آتروفی، استیتوزی، خونریزی ورید مرکزی، سلول‌های در حال نکروزه شدن می‌باشد. با افزایش زمان و میزان سم، همانطور که مشاهده می‌شود، نکروز کانونی مزمن، ترومبوز عروق، رسوب هموسیدرین و حضور ملانین و صفرا در ضایعات بافتی دیده شد (شکل ۲).

بحث و نتیجه‌گیری

همانطور که نتایج بررسی نشان می‌دهد (جدول ۱ و ۲) غلظت نیمه کشنده LC₁₀، LC₅₀، LC₉₀ پس از ۹۶ ساعت به ترتیب برابر ۱۱۶/۵۱، ۱۴۲/۶۲، ۱۶۷/۲۶ میلی‌گرم بر لیتر بدست آمده و حداکثر غلظت مجاز (MAC)، غلظت غیر مؤثر (NOEC)، حداقل غلظت مؤثر (LOEC) به ترتیب ۱۴/۶۶۲، ۱۴/۶۶۲ و ۱۱۶/۵۱ میلی‌گرم بر لیتر محاسبه گردید. در یک بررسی کلی بر روی تأثیر سمیت نیتريت بر روی آبزیان پرورشی، غلظت نیمه کشنده برای ماهیانی چون قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) ۲/۷ میلی‌گرم بر لیتر و گویی (*Poecilia reticulata*) ۳۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که جزو ماهیان حساس به نیتريت می‌باشند. ماهیانی چون کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با LC₅₀ ۲۷۰ میلی‌گرم بر لیتر، خورشید ماهی (*Lepomis macrochirus*) با LC₅₀ ۳۵۵ میلی‌گرم بر لیتر و گورخر ماهی *Danio rerio* با غلظت نیمه کشندگی ۲۴۲/۵۵ میلی‌گرم بر لیتر جزو ماهیان مقاوم نسبت به نیتريت هستند (Dolezelova et al., 2011; Lewis and Moriss, 1986). ماهیانی چون تاس‌ماهی سبیری انگشت قد (*Acipenser baeri*) و *Micropterus salmoides* ۱۳۰ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شده است (Huertaz et al., 2002). همانطور که اشاره شد در این بررسی، غلظت نیمه کشنده در بچه ماهی سفید ۳ تا ۴ گرمی NO₂⁻ LC₅₀ ۹۶h ۱۴۶/۶۲ میلی‌گرم بر لیتر است که می‌توان جزو ماهیان مقاوم نسبت به این ماده در نظر گرفت. گرچه بررسی‌ها حاکی از آن است که در بین ماهیان یک خانواده نیز مقاومت نسبت به نیتريت یکسان نیست و از طرفی تأثیر شرایط محیطی را نیز باید مد نظر قرار داد.

از مهمترین عواملی که بر سمیت نیتريت تأثیر می‌گذارد، غلظت یون کلراید در آب است. برخی از محققین اثر محافظتی یون‌های کلراید را در برابر سمیت نیتريت نشان داده و بیان کردند که رابطه معکوسی بین غلظت کلرید محیط زیست ماهی و سمیت نیتريت وجود دارد (Weirich and Riche, 2011; Perrone and Meade, 2006). در یک بررسی استاتیک ۲۴ ساعته که روی ماهی کپور ۵ تا ۶ گرمی در مجاورت سموم نیتريت، نیترات و آمونیاک انجام شد عامل کاهش مصرف اکسیژن و بروز تخریب بافتی را در مقایسه بامیزان سم آمونیاک و نیترات در اثر بروز ممتوگلوبین و در نهایت قابلیت کاهش اکسیژن مصرفی بیان نمود (Tilak et al., 2007). در این بررسی نیمه کشندگی طی ۲۴ ساعت،

نیتريت برای کپور ۱۷۱/۳۶ میلی‌گرم برلیتر برآورد گردید که نزدیک به میزان LC_{50} 24h (۱۵۹/۴۷ میلی‌گرم برلیتر) در بررسی حاضر است. تاس‌ماهی سبیری یکساله برای یک مدت طولانی و به شکل مزمن در معرض سم نیتريت قرار گرفتند. میزان ممتوگلوبین در خون تاس‌ماهیانی که در حال مرگ بودند کمتر از ممتوگلوبین تولید شده در خون ماهیان زنده بود. از این‌رو گروهی از محققین بر این باورند که تولید ممتوگلوبین نمی‌تواند عامل اولیه مرگ ماهیان در معرض سم نیتريت باشد (Huertaz *et al.*, 2002).

به‌دلیل کثرت گونه‌های ماهی و تفاوت زیادبافت‌ها و اندام‌های آنان، بررسی بافت‌شناسی یک گونه را نمی‌توان به سایر گونه‌ها تعمیم داد (Schlenk and Benson, 2001). از آنجایی که مطالعه مشابهی در ارتباط با تأثیر این ماده بر روی این گونه انجام نشده است نمی‌توان مقایسه مستیقمی با سایر گونه‌ها داشت.

در بررسی میزان جذب نیتريت در بافت‌های آبشش، ماهیچه و کبد ماهیان در حال مرگ و ماهیان زنده تاس‌ماهی سبیری یکساله که در معرض نیتريت قرار داشتند، در پلاسمای خون بافت آبشش و ماهیچه‌ای اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما این اختلاف در بافت کبد معنی‌دار بود. به‌طوری‌که محققین در تحلیل بررسی خویش قابلیت سم‌زدایی سلول‌های هپاتوسیت را یکی از دلایل این اختلاف بیان کردند (Huertaz *et al.*, 2002). نتایج مشابهی نیز درباره قابلیت هپاتوسیت ماهی بدست آمد (Doblender and Lackner, 1997) که تحلیل محققین مبنی بر قابلیت تبدیل شدن نیتريت به نیترات در سلول‌های کبدی به کمک آنزیم‌های کاتالاز و سیتوکروم اکسیداز بود (Doblender and Lackner, 1997).

یکی از عوامل مؤثر بر تخریب بافت می‌تواند مربوط به فشار شیمیایی سموم با توجه به شدت و طول مدت اثر آن بر اختلال در عملکرد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باشد. با توجه به اینکه سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی از جمله کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز می‌توانند مانع افزایش آسیب اکسایشی سموم بر بافت‌ها باشند (Ahmad *et al.*, 2000) لذا اعلام نتیجه‌گیری دقیق‌تر نیازمند تحقیقات بیشتر روی تغییرات میزان این آنزیم پس از قرارگیری در معرض سم می‌باشد. از آنجایی که کبد اندامی است که در ذخیره‌سازی برخی از مواد غذایی نقش دارد، لذا تغییرات این بافت در مجاورت نیتريت سدیم می‌تواند در تحلیل ایجاد ضایعات این ماده مد نظر قرار گیرد. همانطور که نتایج این بررسی در جدول ۳ و تصاویر ۱ دیده می‌شود، تأثیرات نیتريت بر بافت کبد در ابتدا باعث افزایش کانون‌های خونسازی و ایجاد پرخونی شده و در ادامه کاهش ظرفیت اکسیژن‌رسانی ایجاد شده، هسته سلول‌های بافت کبدی کوچک شده و کروماتین اطراف آن متراکم می‌گردد (a-e). در ادامه این تغییرات به مرور هسته، پیکنوز و سپس کاربولیز شده و عارضه بافتی نکروز بروز می‌کند. گاهی در مرکز بافت نکروز کیست ایجاد می‌شود. همانطور که

تصویر نشان می‌دهد ادم داخل سلولی و حضور لنفوسیت‌ها نیز می‌تواند ناشی از اثرات کم خونی ایجاد شده باشد (Zcan *et al.*, 2010) از جمله تغییرات بافتی که با افزایش غلظت نیتريت در این بررسی مشاهده شد، کاهش اندازه سلولی نسبت به اندازه طبیعی و ناپدید شدن مواد ذخیره شده سلولی بود (آتروفی). تورم سلولی و ابری شدن سیتوپلاسم و دانه‌دار شدنش (تورم ابری)، پرخونی در سیاهرگ‌های کوچک و سینوزوئیدهای کبدی از جمله ضایعاتی بود که در غلظت‌های بالا دیده شد. ایجاد متموگلوبین و کم خونی متعاقب در اثر جذب این ماده و اختلالات آنزیمی ایجاد شده در فرآیند سم زدایی هپاتوسیت را می‌توان از عوامل ایجاد این ضایعات برشمرد (Palachek *et al.*, 1986; Berent *et al.*, 1999).

نتیجه کلی این پژوهش همانطور که در جدول ۳ مشخص است؛ نشان می‌دهد که غلظت کشندگی ۹۰ درصد این ماهیان طی ۹۶ ساعت برابر ۱۶۷/۲۶ میلی‌گرم برلیتر بود. بافت کبد در معرض نیتريت طی ۹۶ ساعت با افزایش میزان نیتريت و مدت در معرض قرارگیری، دچار ضایعه شده بیشترین ضایعات در میزان بالای این ماده و در پایان ۹۶ ساعت مشاهده شد که شامل: نکروز، آتروفی و تورم ابری سلولی بود. از این رو لازم است جهت بررسی مکانیسم اثر نیتريت سدیم، اثر این ماده بصورت مزمن مورد مطالعه مجدد قرارگیرد. نتایج نشان داد که این گونه نسبت به آلودگی نیتريت نسبتاً مقاوم است و تغییرات بافتی اندام کبد به عنوان بیومارکر می‌توان در رابطه با آلودگی نیتريت مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

- Ahmad I., Hamid T., Fatima M., Chand H.S., Jain S.K., Athar M., Raisuddin S. 2000. Induction of hepatic antioxidants in freshwater catfish (*Channa punctatus*) is abiomarker of paper mill effluent exposure, *Biochimica et Biophysica Acta*, (BBA), 1523(1): 37-48.
- Doblender C., Lackner R. 1997. Oxidation of nitrite to nitrate in isolated erythrocytes: a possible mechanism for adaptation to environmental nitrite, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(1): 157-161.
- Dolezelova P., Macova S., Pistekova V., Svobodova Z., Bedanova I. Voslarova, A. 2011. Nitrite toxicity assessment in *Danio rerio* and *Poecilia reticulata*. *Acta Veterinaria Brno*, 80(2): 309-312.
- Hurtas M., Gisbert E., Rodriguez A., Cardona L., Williot P., Castello-Orvay, F. 2002. Acute exposure of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) yearlings to nitrite: median-lethal concentration (LC₅₀) determination, haematological changes and nitrite accumulation in selected tissues, *Aquatic Toxicology*. 57(4): 257-266.
- Hung S.S.O., Groff J.M., Lutes P.B., Kofifynn-Aikins F. 1990. Hepatic and intestinal histology of juvenile white sturgeon feed different carbohydrates. *Aquaculture*, 87(3): 349-360.

- Jensen F.B. 2003. Review: Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals, *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A* 135(1): 9-24.
- Kroupova H., Machova J., Piackova V., Blahova J., Dobsikova R., Novotny L., Svobodova Z. 2008. Effects of subchronic nitrite exposure on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71(3):813-820.
- Kroupova H., Prokes M., Macova S., Penaz M., Barus V., Novotny L., Machova J. 2010. Effect of nitrite on early-life stages of common carp (*Cyprinus carpio*), *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(3): 535-540.
- Kordovanu P. 1994. Natural ecosystems (Volume II) aquatic ecosystems. Press Paliz, 155-157p.
- Lewis W.M., Morris D.P. 1986. Toxicity of nitrite to fish: A review, *Transactions of the American Fisheries Society*, 115(2): 183-195.
- Naji T., Khara H., Rostamy M., NasiriPejman A. 2008. Effect of ammonia toxicity in the liver of fish (*Cyprinus carpio*) Carp. *Environmental Science and Technology*, 11(1): 1-18.
- Ozcan K., Gul S., Ozen H., Karaman M. 2010. Acute exposure of transcaucasian barb (*Capoeta capoeta*) to nitrite: Determination of median lethal concentration (LC₅₀), genotoxic and histopathology effects, *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(2):1344-1351.
- Palachek R.M., Tomasso J.R. 1984. Toxicity of nitrite to channel catfish (*Ictalurus punctatus*), tilapia (*Tilapia aurea*), and largemouth bass (*Micropterus salmoides*): evidence for a nitrite exclusion mechanism. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, 41(12): 1739-1744.
- Perrone S.J., Meade T.L. 2011. Effect of Chloride on Nitrite Toxicity to Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Journal of the Fisheries Research Board Canadian*, 34(4): 486-492.
- Posti E., Sedigh Marvdasty A. 2009. *Histology Atlas Fish*, Publishing and Printing Institute of Tehran University, 297 p.
- Scarano G., Saroglia M.G., Gray R.H., Tivaldi E. 1984. Hematological responses of sea bass *Dicentrarchus labrax* to sublethal nitrite exposures. *Transactions of the American Fisheries Society* 113(3): 360-364.
- Schlenk D., Benson W.H. 2001. *Targetorgan toxicity in marine and freshwater*, Taylo and Francis, 395 p.
- Silva A.F., Rocha E., Dias J., Silva P., Rems P., Gamesi E., Valente L.M.P. 2005. Partial replacement of fish oil by soybean oil on lipid distribution and liver histology in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles, *Aquaculture Nutrition*. 11(2): 147-155.

- Svobodova Z., Machova J., Poleszczuk G., Huda J., Hamackova J., Kroupova H. 2005. Nitrite poisoning of fish in aquaculture facilities with water recirculating systems. *Acta Veterinario Brno*, 74(1): 129-137.
- T.C.R. 1984. O.E.C.D. Guideline for testing if chemical section 2, on biotic systemms, 39 p.
- Tamarin A.E., Kuliev Z.M. 1989. Black Searoach In: Caspian sea; Ichthyofauna and commercial stocks. Naukapress. Moscow. pp: 144-145.
- Tilak K.S., Veeraiah K., Milton P., Raju J. 2007. Effects of ammonia, nitrite and nitrate on hemoglobin content and oxygen consumption of freshwater fish, *Cyprinus carpio*. *Journal of Environmental Biology*, 28(1): 45-47.
- USEPA. 1985. Methods for measuring the acute toxicity of effluents to freshwater and marine organisms. 3rd Ed. Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring and support Laboratory, Cincinnati, OH. EPA-600/4-85/013.
- Veiga M.L., Rodrigues E.L., Pacheco F.J. 2002. Histopathologic changes in the kidney tissue of *Prochilodus lineatus* (*Characiformes, Prochilodontidae*) induced by sublethal concentration of trichlorfon exposure. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(2): 171-175.
- Voslarova E., Pistekova V., Svobodova Z. 2006. Nitrite toxicity to *Danio rerio*: Effects of fish age and chloride concentrations. *Acta Veterinaria Brno*. 75(1): 107-113.
- Weirich C.R., Riche M. 2006. Tolerance of juvenile black sea bass *Centropristis striata* to acute ammonia and nitrite exposure at various salinities. *Fishe. Science*. 72(5): 915-921.
- Xing H., Li S., Wangb Z., Gao X., Xu S. H., Wangc X. 2012. Histopathological changes and antioxidant response in brain and kidney of common carp exposed to atrazine and chlorpyrifos. *Chemosphere*, 88(4): 377-383.

