فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان
سال دهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

بررسی میزان انتقال فلزات سنگین سرب، روی و کادمیم از مولدین لاک‌پشت منقار عقابی (*Eretmochelys imbricata*) به نوزادان تفریخ شده در جزیره ام‌الگرم

فریده احمدی[۱]، عبدالرحیم پذیرا[۲]*، مجید عسکری حصنی[۳،۲]*، طیبه طباطبایی[۲]

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: مهر ۱۴۰۰

چکیده

در پژوهش حاضر میزان تجمع فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم در بافت‌های خون و عضله مولد ماده، تخم و نوزاد لاک‌پشت منقار عقابی در تیرماه ۱۳۹۷ در جزیره ام‌الگرم استان بوشهر سنجیده شد. در فصل تخمگذاری از نمونه‌های مولد ماده خون و بافت عضله و سپس از نمونه‌های تخم طبیعی و ناقص و همچنین عضله نوزاد نمونه‌برداری شد. سپس تخم‌های طبیعی به سه بخش پوسته، آلبومین و زرده و تخم‌های ناقص به دو بخش آلبومین و پوسته تفکیک شدند. پس از تفکیک نمونه‌ها و آماده‌سازی برای سنجش فلزات سنگین، میزان فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم به وسیله دستگاه ICP-Mass اندازه‌گیری شدند. بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین میزان تجمع زیستی فلزات سنگین مربوط به فلز روی و سپس سرب و کمترین میزان مربوط به فلز کادمیوم بود. بیشترین میزان تجمع به ترتیب در بافت‌های خون مولد، زرده تخم طبیعی و عضله نوزاد بود و کمترین میزان تجمع زیستی به ترتیب مربوط به فلز کادمیوم در این بافت‌ها بود. بیشترین میزان فلز کادمیوم در پوسته تخم طبیعی و ناقص مشاهده شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد بافت خون، زرده و پوسته تخم به ترتیب به عنوان شاخص زیستی فلزات روی، سرب و کادمیوم هستند و تجمع هر سه فلز در بافت‌های خون و عضله مولد و بخش‌های مختلف پوسته طبیعی و ناقص و همچنین عضله نوزاد کمتر از استاندارد جهانی WHO بود.

واژگان کلیدی: *فلزات سنگین، خلیج فارس، لاکپشت منقار عقابی، جزیره ام‌الگرم، شاخص آلودگی.*

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی محیط زیست، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران.
۲- دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران.
۳- دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
* نویسندگان مسئول: abpazira@gmail.com و mahesni@uk.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر به دلیل ورود آلاینده‌های مختلف ناشی از فعالیت‌های انسانی به زیست‌بوم‌های دریایی، مشکلات محیط زیستی فراوانی گزارش شده است. به همین منظور پژوهش‌های متعددی در زمینه مشکلات ناشی از آلاینده‌های مختلف در محیط زیست دریا انجام گرفته است (Gao al et., 2010; Hashemi et al., 2015). از مهم‌ترین آلاینده‌های دریا که همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است می‌توان به فلزات سنگین اشاره کرد که به دلیل تجزیه ناپذیر بودن، پایداری زیادی در زیست‌بوم دریا دارند (Huang et al., 2013). فلزات سنگین عمدتا از طریق آب و غذا وارد بدن آبزیان می‌شوند و در بافت‌های مختلف بدن تجمع می‌یابند.

خلیج فارس از جمله زیست‌بوم‌های شاخص در آلودگی‌های نفتی و صنعتی است که سالانه حجم زیادی از آلاینده‌های فلزی وارد آن می‌شود و اثرات زیان‌باری بر زیست‌بوم‌ها و موجودات زنده این زیست‌بوم دارد.

لاک‌پشت‌های دریایی یکی از گونه‌های شاخص آب‌های خلیج فارس هستند که در سال‌های اخیر به علت تهدیدات و موانع متعدد انسانی از جمله صید و صیادی، تخریب سواحل و ورود آلاینده‌های فراوان، جمعیت‌های لاک‌پشت‌های دریایی در تهدید شدید هستند به طوری که این جانوران در لیست قرمز اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) در معرض خطر انقراض و جز ضمیمه I کنوانسیون منع تجارت گونه‌های گیاهی و جانوری در خطر انقراض (CITES) قرار گرفته‌اند (Rastegar-Pouyani et al., 2015). سواحل خلیج فارس و دریای عمان از دیرباز پذیرای لاک‌پشت‌های دریایی بوده است به طوری که جمعیت‌هایی از گونه لاک‌پشت منقار عقابی (*Eretmochelys imbricata*)، همواره به منظور تخمگذاری به این سواحل مراجعه می‌کرده‌اند (Askari Hesni et al., 2016). هر ساله حدود هزار لاک‌پشت ماده در سواحل شمالی و جنوبی خلیج فارس تخمگذاری می‌کنند که بیشترین تعداد در قسمت‌های شمالی آن و در سواحل و جزایر ایران از تنگه هرمز تا سواحل شرقی استان بوشهر و جزایر هرمز، فارو، شیدور، لاوان، هنگام، کیش، قشم، ام‌الگرم و نخیلو تخمگذاری و لانه‌گذاری می‌کنند (Askari Hesni et al., 2016).

لاک‌پشت‌های دریایی با توجه به ویژگی نکتونی و از طرفی تغذیه از سطوح مختلف آب

به شدت در معرض آلاینده‌های مختلف هستند. از طرفی لاک‌پشت‌های دریایی بویژه جنس ماده برای کاهش دمای بدن خود در فصول جفت‌گیری و لانه‌گزینی مقدار قابل توجهی آب می‌نوشند (Kenyon et al., 2001; Sinaei and Bolouki, 2017) که این عامل باعث افزایش بیشتر غلظت فلزات سنگین در خون و بافت‌های دیگر می‌شود. مطالعات، تجمع فلزات غیرضروری در بافت‌های مختلف مانند کلیه، کبد و لوزالمعده لاک‌پشت‌های دریایی را نشان داده‌اند (Marco et al., 2004). Franzellitti و همکاران در سال ۲۰۰۴ میزان فلزات سنگین کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، نیکل (Ni) و روی (Zn) را در بافت‌های کبد، ریه، چربی و عضله ۳۵ لاک‌پشت سرخ (*Caretta caretta*) سواحل شمال غربی ادریاتیک ایتالیا بررسی کردند و دریافتند که Cd، Cu و Fe مهم‌ترین فلزات تجمع یافته در کبد بودند و Mn در ریه و Ni غلظت بالایی در بافت چربی داشت. Ehsanpour و همکاران (۲۰۱۴) در طول فصول لانه‌گزینی در خون و تخم لاک‌پشت منقار عقابی در ساحل جزیره شیب دراز قشم، میزان توزیع و انتقال فلزات سنگین Pb (سرب)، Zn، Cu، Cd و Hg (جیوه) از طریق انتقال مادر به فرنزد را با استفاده از روش اسپکتروفتومتر جذب اتمی بررسی کردند و نتایج آنها نشان داد که Hg و Pb در خون و تخم قابل تشخیص بود. Ross و همکاران (۲۰۱۶) تجمع فلزات سنگین از جمله Zn، Mn، Fe، Cd، Hg، Cu و As (آرسنیک) را در تخم لاک‌پشت‌های دریایی سبز (*Chelonia mydas*) و زیتونی (*Lepidochelys olivacea*) در اقیانوس آرام بررسی کردند و نتایج آنها تجمع فلزات را در تخم و تاثیرگذاری آنها را بر سلامت جنین و حتی سلامت افرادی که از تخم لاکپشت‌ها تغذیه کرده بودند، نشان داد. بنابراین طبق بررسی‌های صورت گرفته شاخص‌هایی مانند تخم‌ها، شاخص‌های بهتری جهت بررسی فلزات سنگین هستند (Marco et al., 2004; Ehsanpour et al., 2014; Sinaei and Bolouki, 2017).

این مطالعه با هدف بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم در خون و بافت عضله مولد، پوسته تخم طبیعی (سالم) و ناقص، زرده تخم طبیعی و عضله نوزاد لاک‌پشت در سواحل جزیره ام‌الگرم در پارک ملی دیر-نخیلو در استان بوشهر انجام شد.

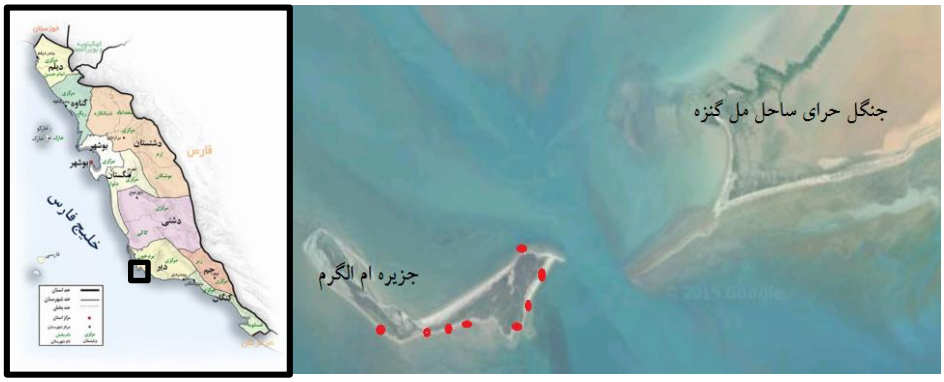
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پارک ملی دیر- نخیلو واقع در استان بوشهر (۱۸۰ کیلومتری جنوب بندر بوشهر)، از توابع شهرستان دیر و در بخش بردخون واقع شده است و از لحاظ مختصات جغرافیایی در موقعیت ۲۷ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی قرار دارد. جزیره ام‌الگرم در ناحیه شمال شرقی پارک ملی دیر- نخیلو قرار گرفته است. این جزیره بین مختصات جغرافیایی ۲۷ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی واقع شده است. این جزیره همجوار با سواحل شمال شرقی خلیج فارس و در فاصله ۳۵ کیلومتری غرب بندر دیر قرار دارد، همچنین در قسمت شرقی جزیره نخیلو و با فاصله ۱/۵ کیلومتری ساحل واقع شده است (شکل ۱). در فاصله ۶ کیلومتری جنوب جزیره، دماغه مطاف (رأس المطاف) واقع شده است که به هنگام جزر آب، بخشی از آن به صورت خشکی نمایان است. مساحت جزیره حدود ۰/۴ کیلومتر مربع است که از نظر تقسیمات سیاسی جزء بخش بردخون از شهرستان دیر است. از نظر توپوگرافی، هیچ عارضه طبیعی قابل توجهی در آن وجود ندارد، تنها در بخش‌های میانی و شمالی، پشته‌هایی از ماسه‌های ریزدانه، مخلوط با بقایای صدف‌ها وجود دارد. شکل جزیره، قوس نیم‌دایره است که ضلع محدب آن به جهت جنوب است. خاک جزیره پوشیده شده از ماسه‌های ریز دانه نرم با بقایای صدف‌ها است (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۱؛ عسکری حصنی، ۱۳۹۴).

پایش و زیست‌سنجی نمونه‌ها

این مطالعه در فصل تخمگذاری لاک‌پشت منقار عقابی (*Eretmochelys imbricata*) از اسفند ماه ۱۳۹۶ تا تیر ماه ۱۳۹۷ انجام گرفت. با شروع فصل تخمگذاری تمام سواحل مستعد تخمگذاری شناسایی و در طول فصل تولیدمثل پایش شدند. پایش از ۶ عصر تا ۸ صبح روز بعد صورت می‌گرفت و بیشترین زمان پایش در زمان مد انجام می‌شد.



شکل ۱: نقشه منطقه نمونه‌برداری. نقاط قرمز رنگ محل تخمگذاری لاک‌پشت‌های منقار عقابی در جزیره ام‌الگرم، استان بوشهر.

با مراجعه مولدین به ساحل، پس از اتمام تخمگذاری، مولدین زیست‌سنجی شدند و طول منحنی و عرض منحنی لاک‌پشت با متر پارچه‌ای اندازه‌گیری شد. همچنین تعداد تخم طبیعی (سالم) و تخم ناقص (تخم‌های فاقد زرده) شمارش شد و قطر تخم‌ها نیز توسط کولیس دیجیتال با خطای ۰/۰۱ سانتی‌متر و وزن تخم‌ها با ترازوی دیجیتال با احتمال خطای ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شدند. سپس در اطراف لانه‌ها فنس‌کشی شد و پس از اتمام دوره انکوباسیون و خروج نوزادان، طول و عرض نوزادان با استفاده از کولیس دیجیتال و همچنین وزن نوزادان با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شدند. سپس از هر لانه دو نوزاد برای مراحل بعدی آزمایش و سنجش فلزات سنگین انتخاب شد.

تهیه نمونه بافت، خون و سنجش فلزات

نمونه بافت از باله‌های مولد (مادر) توسط پانچ تهیه شد. نمونه‌های خون از سینوس خونی پشتی گردن، با استفاده از سرنگ استریل هپارینه صورت گرفت. در زمان برداشت خون از هر لاک‌پشت ماده، قبل از نمونه‌بردای ناحیه گردن با آب دیونیزه و اتانول تمیز شد و سپس حدود ۵ تا ۱۰ میلی‌لیتر خون از هر نمونه مولد جمع‌آوری و بلافاصله در یک لوله پلی‌اتیلنی که قبلا با اسید نیتریک شسته شده بود، ریخته شد (Moody and Lindstrom, 1977).

در زمان تخمگذاری، از هر لاک‌پشت چهار تخم طبیعی و چهار تخم ناقص به صورت تصادفی قبل از این که با ماسه‌ها تماس پیدا کنند برداشته شد. لانه‌هایی که نمونه‌برداری شده بودند، علامت‌گذاری و در زمان تفریخ تخم‌ها، دو نوزاد که در لانه مرده بودند اما هنوز تازه بودند از هر لانه انتخاب شد. سپس تمام نمونه‌ها درون کلمن یخ نگهداری و به آزمایشگاه معتمد محیط زیست (شاخه زیتون لیان بوشهر) منتقل شدند و تا زمان سنجش فلزات سنگین مورد نظر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد فریز شدند.

قبل از فریز تخم‌ها، نمونه‌های تخم با آب دیونیزه شسته شد تا از هر گونه ماده خارجی که به آن چسبیده بود، پاک شود. سپس بخشی از پوسته تخم جدا شد و محتوای سفیده‌ای تفکیک و در ویال جداگانه‌ای نگهداری شد. پس از آن، کل پوسته برداشته شد و به وسیله سوآپ سطح زرده از محتوای سفیده‌ای تمیز شد. سپس زرده، پوسته و محتوای سفیده‌ای به طور جداگانه بسته‌بندی شدند. زیرا برای سجنش فلزات سنگین تخم، باید قبل از فریز کردن، بخش‌های پوسته، زرده و آلبومین جدا شوند و این جداسازی باید به سرعت انجام شود تا از تغییر ماهیت تخم جلوگیری شود (Moody and Lindstrom, 1977).

بخش‌های مختلف تخم پس از جداسازی، با کمک دستگاه خشک کننده انجمادی (Christ، آلمان) به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴۹- درجه سانتی‌گراد خشک شد. سپس ۰/۲۵ گرم از نمونه‌های پودر و درون ظروف شیشه‌ای در ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و روی هیتر هضم شد. ماده هضم شده در نهایت با استفاده از ۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه رقیق و درون ظروف پلی‌اتیلنی برای سنجش فلزات ذخیره شد. سپس میزان فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم نمونه‌های آماده شده به وسیله دستگاه ICP-Mass (7500a، Agilent، آمریکا) سنجش شد.

برای نمونه‌برداری از بافت، ۰/۲ گرم از عضله ناحیه باله جلویی راست هشت مولد از طریق پانچ مخصوص عضله برداشته شد و سپس محل نمونه برداری بخیه شد. نمونه‌های عضله برداشته شده از مولد و نوزادان (نوزادان مرده که هنوز بافت سالم داشتند) بلافاصله روی یخ قرار گرفت و پس از انتقال به آزمایشگاه در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس سنجش فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم درون نمونه‌ها به وسیله دستگاه ICP-Mass انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

بررسی‌های آماری مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار SPSS 24 انجام گرفت. نرمال بودن توزیع داده‌ها به وسیله آزمون Kolmogorov-Smirnov (P>۰/۰۵) و برابری واریانس داده‌ها از طریق آزمون Levene (P>۰/۰۵) مورد بررسی قرار گرفت. به دلیل عدم برقراری شرایط لازم برای انجام آزمون‌های پارامتری (پیش‌شرط‌های لازم)، داده‌ها با استفاده از آزمون ناپارامتری Kruskal-Wallis و آزمون تعقیبی Dunn-Bonferroni در سطح اطمینان ۹۵ درصد (P<۰/۰۵) بررسی شدند.

نتایج

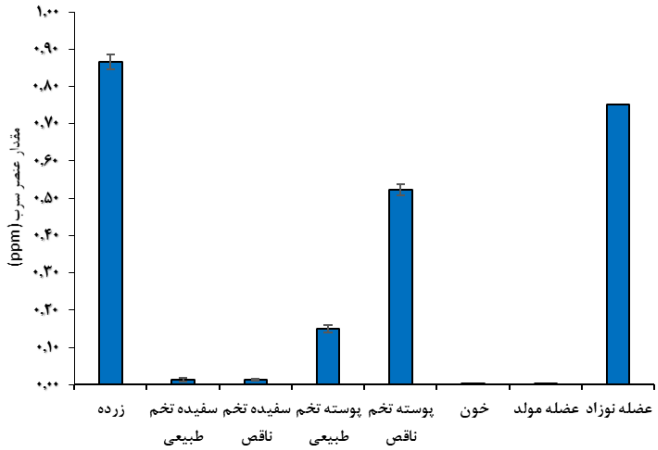
در طی پایش صورت گرفته در سواحل تخمگذاری لاک‌پشت‌های منقار عقابی در جزیره ام‌الگرم در مجموع ۹۶ لاک‌پشت زیست‌سنجی شد که میانگین طول و عرض منحنی آنها به ترتیب ۳/۴۸±۷۰/۴۰ و ۳/۶۰±۶۴/۸۰ سانتی‌متر بود. میانگین قطر و وزن تخم‌های طبیعی به ترتیب ۲/۴±۳۴/۲۰ میلی‌متر و ۳/۶۰±۲۸/۲۰ گرم و تخم‌های ناقص ۸/۴۰±۲۴/۲۰ میلی‌متر و ۷/۶۰±۱۸/۱۰ گرم به دست آمد. طول و وزن نوزادان به ترتیب ۰/۴۰±۱۳/۸ میلی‌متر و ۰/۴۴±۱۳/۰۷ گرم اندازه‌گیری شد.

در پژوهش حاضر فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم در بافت‌های خون و عضله مولد ماده، پوسته، زرده و آلبومین تخم طبیعی و پوسته و آلبومین تخم ناقص و همچنین عضله نوزادان اندازه‌گیری شد که نتایج مربوط به آنها در ادامه ارائه شده است.

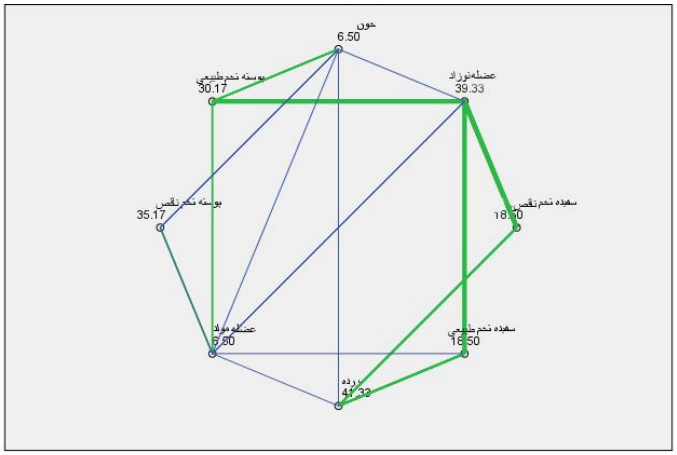
مقایسه میانگین رتبه‌ای عنصر سرب در بین نمونه‌های بررسی شده

غلظت عنصر سرب در جزیره ام‌الگرم بین خون مولد و پوسته تخم طبیعی، عضله نوزاد و پوسته تخم طبیعی، عضله نوزاد و سفیده تخم طبیعی، نوزاد و سفیده تخم ناقص، سفیده تخم ناقص و زرده، سفیده تخم طبیعی و زرده و بافت مولد و پوسته تخم طبیعی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (P>۰/۰۵). اما غلظت این عنصر در بین نمونه‌های مورد بررسی خون مولد و پوسته تخم ناقص، خون مولد و بافت مولد، خون مولد و زرده، خون مولد و نوزاد، عضله نوزاد و بافت مولد، سفیده تخم طبیعی و بافت مولد، زرده و بافت مولد و بافت مولد و پوسته تخم ناقص اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵). بیشترین غلظت عنصر سرب در

زرده و کمترین میزان آن در بافت مولد و خون مولد وجود داشت (شکل ۲). نتایج آزمون Kruskal-Wallis نشان داد که در برخی بافت‌ها اختلاف معنی‌داری بین میزان تجمع فلز سرب در آنها وجود داشت (P<۰/۰۵؛ شکل ۳).



شکل ۲: مقدار تجمع عنصر سرب (ppm) در بافت‌های مطالعه شده در مولدین و نوزادهای جمعیت لاک‌پشت‌های منقار عقابی جزیره ام‌الگرم، استان بوشهر (میانگین ± انحراف معیار)



شکل ۳: مقایسه میانگین رتبه‌ای عنصر سرب در بین نمونه‌های بررسی شده از مولد، تخم و نوزاد لاک‌پشت‌های منقار عقابی جمعیت جزیره ام الگرم (استان بوشهر). در این نمودار هر گره نشان دهنده بافت

مطالعه شده و همچنین مقدار میانگین رتبه‌ای عنصر سرب در آن بافت است. خطوط آبی نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین دو بافت مورد نظر (P<۰/۰۵) و خطوط سبز نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دو بافت است (P>۰/۰۵).

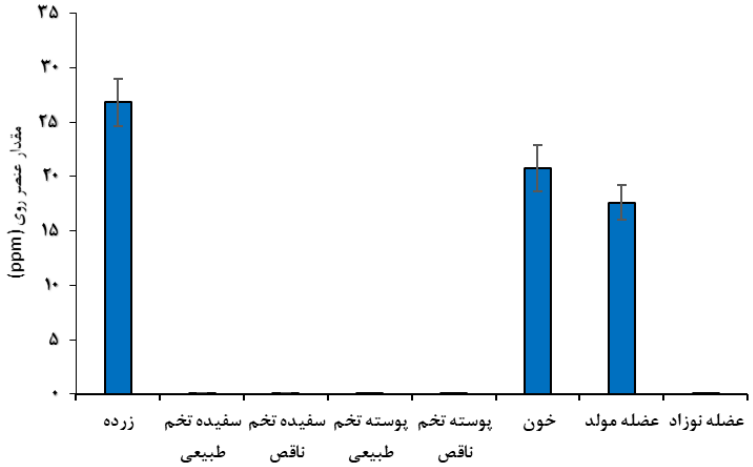
مقایسه میانگین رتبه‌ای عنصر روی در بین نمونه‌های بررسی شده

غلظت عنصر روی در بین نمونه‌های بررسی شده در جزیره ام‌الگرم، بین سفیده تخم طبیعی و زرده، زرده و سفیده تخم ناقص، سفیده تخم ناقص و بافت مولد، بافت مولد و پوسته تخم طبیعی، پوسته تخم طبیعی و خون مولد و پوسته تخم ناقص و سفیده تخم ناقص اختلاف معنی‌درای مشاهده نشد (P>۰/۰۵). اما غلظت این عنصر بین زرده و بافت مولد، بافت مولد و عضله نوزاد، عضله نوزاد و پوسته تخم طبیعی، خون مولد و پوسته تخم ناقص، پوسته تخم ناقص و زرده، بافت مولد و خون مولد، عضله نوزاد و پوسته تخم ناقص و عضله نوزاد و خون مولد دارای اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). بیشترین مقدار عنصر روی در زرده و کمترین مقدار در سفیده تخم ناقص و بافت مولد وجود داشت (شکل ۴). نتایج آزمون Kruskal-Wallis نشان داد که در بیشتر بافت‌ها اختلاف معنی‌داری بین میزان تجمع فلز روی در آنها وجود داشت (P<۰/۰۵؛ شکل ۵).

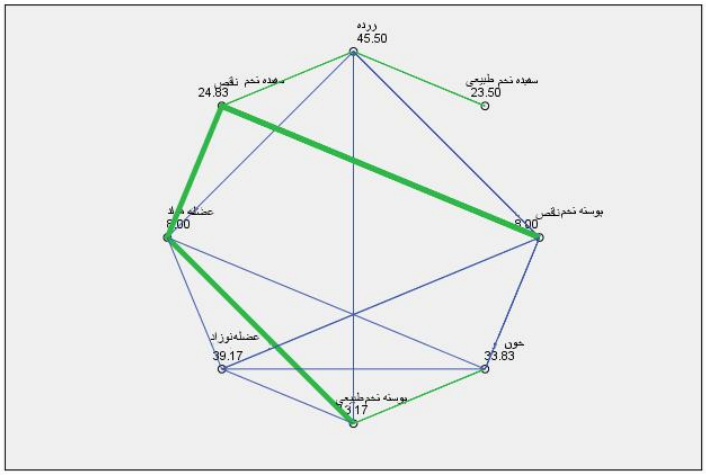
مقایسه میانگین رتبه‌ای عنصر کادمیوم در بین نمونه‌های بررسی شده

از لحاظ غلظت عنصر کادمیوم در بین نمونه‌های بررسی شده پوسته تخم طبیعی و پوسته تخم ناقص در جزیره ام‌الگرم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). اما غلظت این عنصر در بین نمونه‌های پوسته تخم طبیعی و زرده، پوسته تخم طبیعی و خون مولد، پوسته تخم طبیعی و عضله نوزاد، پوسته تخم طبیعی و سفیده تخم ناقص، پوسته تخم طبیعی و بافت مولد و پوسته تخم طبیعی و سفیده تخم طبیعی اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵). میزان تجمع عنصر کادمیوم نسبت به دیگر عناصر در بین بافت‌های مطالعه شده کمتر بود به طوری که بیشترین مقدار این عنصر در پوسته تخم طبیعی به مقدار ۰/۰۳ppm و در پوسته تخم ناقص به مقدار ۰/۰۱ppm سنجش شد و در دیگر بافت‌های مطالعه شده مقدار تجمع این عنصر کمتر از ۰/۰۱ ppm ثبت شد (شکل ۶). نتایج آزمون Kruskal-Wallis نشان داد که در بیشتر بافت‌ها اختلاف معنی‌داری بین میزان تجمع فلز کادمیوم در آنها وجود داشت

(P<۰/۰۵). بیشترین اختلاف معنی‌دار بین بافت‌های دیگر مشاهده شد (P<۰/۰۵؛ شکل ۷).

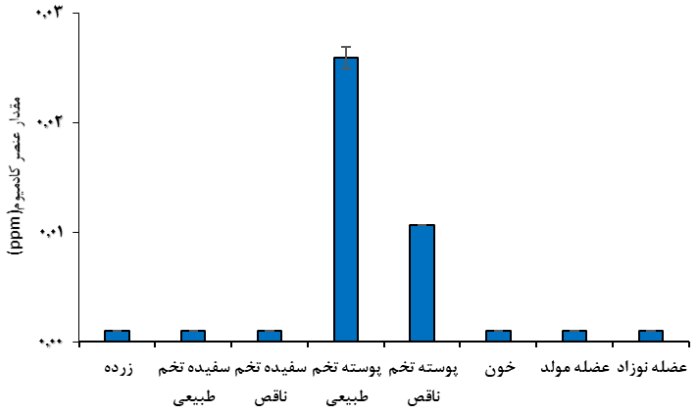


شکل ۴: مقدار تجمع عنصر روی (ppm) در بافت‌های مطالعه شده در مولدین و نوزادهای جمعیت لاک‌پشت‌های منقار عقابی جزیره ام‌الگرم، استان بوشهر (میانگین ± انحراف معیار)

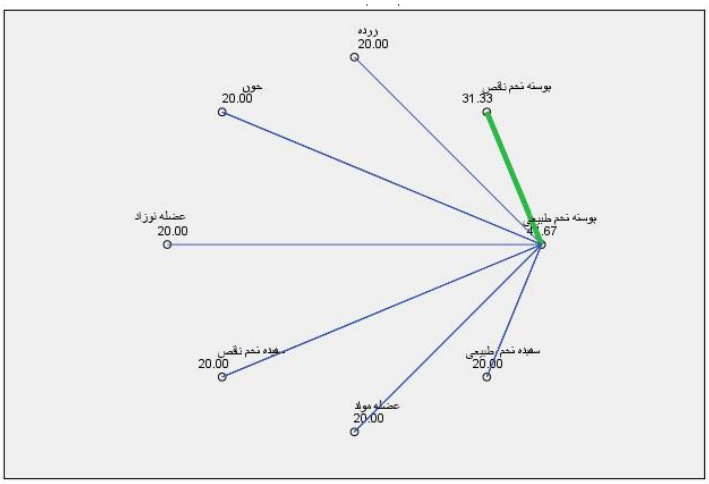


شکل ۵: مقایسه میانگین رتبه‌ای عنصر روی در بین نمونه‌های بررسی شده از مولد، تخم و نوزاد لاک‌پشت‌های منقار عقابی جمعیت جزیره ام الگرم (استان بوشهر). در این نمودار هر گره نشان دهنده بافت

مطالعه شده و همچنین مقدار میانگین رتبه‌ای عنصر روی در آن بافت است. خطوط آبی نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین دو بافت مورد نظر (P<۰/۰۵) و خطوط سبز نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دو بافت است (P>۰/۰۵).



شکل ۶: مقدار تجمع عنصر کادمیوم (ppm) در بافت‌های مطالعه شده در مولدین و نوزادهای جمعیت لاک‌پشت‌های منقار عقابی جزیره ام‌الگرم، استان بوشهر (میانگین ± انحراف معیار)



شکل ۷: مقایسه میانگین رتبه‌ای عنصر کادمیوم در بین نمونه‌های بررسی شده از مولد، تخم و نوزاد لاک‌پشت‌های منقار عقابی جمعیت جزیره ام الگرم (استان بوشهر). در این نمودار هر گره نشان دهنده بافت مطالعه شده و همچنین مقدار میانگین رتبه‌ای عنصر کادمیوم در آن بافت است. خطوط آبی نشان دهنده

وجود تفاوت معنی‌دار بین دو بافت مورد نظر (P<۰/۰۵) و خطوط سبز نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دو بافت است (P>۰/۰۵).

بحث

فلزات سنگین یکی از عوامل مهم آلاینده در خلیج فارس محسوب می‌شوند که از طریق فعالیت‌های صنعتی، پساب‌های صنعتی و خانگی و فعالیت‌های استخراج و حمل و نقل مواد نفتی وارد این زیست‌بوم می‌شوند و تاثیرات منفی زیادی بر تنوع زیستی و بقای آبزیان می‌گذارند (Mohammadizadeh et al., 2014). یکی از گونه‌های شاخص و به شدت در خطر انقراض در خلیج فارس لاک‌پشت منقار عقابی است که در سال‌های اخیر فعالیت مختلف صنعتی، آب شیرین‌کن‌ها، فعالیت‌های صید و صیادی، تخریب سواحل و ورود آلاینده‌های متعدد به زیستگاه تغذیه‌ای و تولیدمثلی آنها اثرات منفی زیادی بر بقای زیستی این گونه و تخم و نوزادان آن گذاشته است.

بر اساس پژوهش حاضر میزان تجمع فلزات سنگین سرب و روی در بافت‌های زرده، خون و نوزاد بالاتر از بافت‌های دیگر بود که این تفاوت در توزیع فلزات بین بافت‌های مختلف آبزیان به رژیم غذایی، نوع آبزی، سن، غلظت فلزات در آب و رسوب، نوع فلز، نوع بافت و میزان چربی بافت‌ها بستگی دارد. عوامل زیادی از جمله زیستگاه، رژیم غذایی، جنسیت، طول بدن، سن و نوع بافت در تجمع فلزات سنگین در موجودات زنده موثر هستند (Agah et al., 2009; Mendil et al., 2010). علاوه بر موارد یاد شده، میزان تجمع فلزات مختلف در بافت‌ها به نقش فیزیولوژیک آنها نیز بستگی دارد (Lakshmanan et al., 2009). بر اساس مطالعه Gardner و همکاران (۲۰۰۶) بافت هدف تجمع کادمیوم بافت کلیه است. بر اساس مطالعه Yipel و همکاران (۲۰۱۷) نیز میزان کادمیوم در خون گونه‌های *Caretta caretta* و *Chelonia mydas* کمتر از میزان قابل سنجش و در بافت کلیه آنها به ترتیب ۴/۷ و ۴/۲ میکروگرم بر گرم سنجش شد و میزان فلز مس نیز در خون هر دو گونه نسبت به کلیه بسیار پایین‌تر بود. در مطالعه حاضر با توجه به این که روی نمونه‌های زنده مطالعه شد، از این رو امکان بررسی بافت کلیه وجود نداشت و در بافت‌های مطالعه شده میزان عنصر کادمیوم پایین‌تر از عناصر دیگر بود.

در مطالعه حاضر بیشترین مقدار عنصر روی در زرده و کمترین مقدار آن در سفیده تخم ناقص و بافت مولد وجود داشت، اما به طور کلی

میزان فلز روی در خون مولدین، زرده تخم و نوزاد بالا بود که این عامل نشان دهنده انتقال این فلز از خون مادر به زرده و نوزاد است. میزان فلز سرب در خون و ماهیچه مولد پایین اما در پوسته، زرده و نوزاد بالا بود. به نظر می‌رسد که امکان انتقال فلز سرب از رسوبات اطراف تخم به پوسته و سپس زرده و انتقال به نوزاد وجود دارد، به طوری که Burger و همکاران در سال ۲۰۰۹ با مطالعه بر روی پرنده آبزی *Larus glaucescens* نشان دادند که میزان فلز سرب در پوسته تخم نسبت به مولد بسیار بالاتر بود و از دلایل پایین‌تر بودن سرب در بدن مولد نسبت به تخم را جذب از رسوبات و محیط اطراف ذکر کردند. بر اساس مطالعه چمنی و همکاران در سال ۱۳۹۶ میزان فلز سرب و کادمیوم به ترتیب در پوسته تخم‌های تفریخ شده، جنین و نوزاد لاکپشت منقار عقابی سیر نزولی داشت که از دلایل ذکر شده انتقال این فلزات از محیط به پوسته گزارش شده است.

مطالعات نشان داده است که در صورت افزایش میزان آلاینده‌ها در محیط زندگی آبزیان، انتقال آنها به مولدین افزایش می‌یابد که این عامل باعث افزایش انتقال فلزات سنگین به تخم و نوزاد می‌شود (Burger et al., 2009). همچنین مطالعات نشان داده است که تجمع بیش از اندازه فلزات در بدن لاک‌پشت می‌تواند باعث تخریب بافت‌های مختلفی مانند کلیه و کبد (Yipel et al., 2017) و اختلال در هورمون‌های جنسی و سیستم تولیدمثلی شود (Ikonomopoulou et al., 2009) که در آینده می‌تواند بر بقای زیستی و تراکم جمعیت این گونه به شدت در خطر انقراض تاثیر منفی بگذارد.

یکی از عوامل موثر در تجمع زیستی فلزات سنگین در مولدین نوع تغذیه است. گونه لاک‌پشت منقار عقابی در منطقه Indo-Pacific یک گونه همه‌چیزخوار با ترجیح غذایی اسفنج و مرجان نرم است و از طرفی از نرم‌تنان و سخت‌پوستان بستر نیز تغذیه می‌کند (NMFS and FWS, 2013). پس آلودگی‌ها بیشتر از گونه‌هایی که حداقل از یک نوع غذا استفاده می‌کنند به آن منتقل می‌شود. مطالعات نشان داده است تجمع زیستی بالای فلزات سنگین در تخم نشان دهنده این است که مادر در محیط زندگی خود در معرض فلز سنگین قرار گرفته است و همچنین نشان دهنده وجود فلزات سنگین در محیط و رسوبات منطقه تخمگذاری است (Mendil et al., 2010). به این ترتیب با توجه به این که مولدین ماده در آب‌های ساحلی تغذیه می‌کنند و از طرفی در عمق رسوبات

مناطق ساحلی تخمگذاری می‌کنند، ازا این رو احتمال انتقال فلزات سنگین از مولد و همچنین از رسوبات به پوسته و سپس نوزاد بالا است. بنابراین می‌توان آلودگی نوزادان به فلزات سنگین را هم به انتقال از مادر و هم انتقال از رسوبات منطقه نسبت داد.

بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، ارتباط معنی‌داری بین میزان غلظت عناصر در خون مولد، بافت زرده و عضله نوزاد مشاهده شد، به طوری که با افزایش میزان فلزات در خون مولد، میزان آن در بافت زرده و سپس در بچه لاک‌پشت‌ها قابل مشاهده بود که این امر نشان دهنده انتقال فلزات سنگین از مولد به نوزاد از طریق خون و زرده‌سازی است. از طرفی با توجه به این که میزان عناصر در آلبومین تخم ناقص و تخم طبیعی اختلاف معنی‌داری نداشت، می‌توان مشخص کرد که عامل اصلی انتقال فلزات از مولد به نوزاد بافت زرده است. بر اساس تجزیه و تحلیل انجام شده میزان تجمع عناصر در بافت عضله مولد در بسیاری از موارد پایین‌تر از بافت نوزاد بود که نشان دهنده انتقال فلزات از محیط آبی به سیستم گردش خون و کبد مادر و سپس انتقال به زرده و در نهایت تجمع در نوزاد است و تخم می‌تواند به عنوان یک شاخص زیستی برای آلاینده‌های محیط آبی مولدین باشد. بر اساس مطالعه صورت گرفته میزان فلزات سنگین روی و کادمیوم سنجش شده در لاک‌پشت منقار عقابی پایین‌تر از استانداردهای WHO بودند. میزان استاندارد WHO برای فلزات سرب، روی و کادمیوم به ترتیب ۳۰، ۰/۵ و ۰/۱ میکروگرم در گرم ذکر شده است (Pourang et al., 2005). میزان فلز سرب در بافت‌های زرده، پوسته تخم ناقص و نوزاد به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۵۲ و ۰/۷۵ میکروگرم در گرم بود که پایین‌تر از استاندارد WHO است.

در مجموع، در مطالعه حاضر میزان تجمع فلزات سنگین در خون و بافت عضله مولدین، زرده، آلبومین و پوسته تخم طبیعی و ناقص و همچنین عضله نوزاد لاک‌پشت منقار عقابی در جزیره ام‌الگرم در شمال خلیج فارس سنجش شد. پژوهش حاضر اولین پژوهش در مورد این گونه است که در آن انتقال فلزات ضروری و غیرضروری را در عضله و خون مولد و بخش‌های مختلف تخم، و همچنین نوزاد در خلیج فارس بررسی شده است. بر اساس نتایج به دست آمده میزان فلزات روی و سرب نسبتا بالا اما میزان کادمیوم پایین بود. بر اساس نتایج به دست میزان تجمع عناصر در بافت عضله مولد در بسیاری از موارد پایین‌تر از زرده، پوسته تخم و بافت نوزاد بود که به نظر می‌رسد انتقال از

رسوبات اطراف باعث تجمع فلزات در بافت‌های تخم و سپس نوزاد شده است. به عبارت دیگر بخشی از فلزات از طریق رسوبات به نوزاد منتقل شده است که می‌توان از نوزادان یا جنین‌های مرده به عنوان یک شاخص آلاینده محیطی استفاده کرد. عنصر کادمیم در خون و زرده و همچنین عضله نوزاد تشخیص داده نشد و کمتر از مقدار قابل سنجش بود و یا بسیار کمتر از حد استاندارد جهانی بود در صورتی که در پوسته تخم طبیعی و ناقص یافت شد که می‌توان این بافت را به عنوان بافت ذخیره‌ای این عناصر و به عنوان بافت شاخص این فلزات تعیین کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری‌ها و حمایت‌های اداره کل محیط زیست بوشهر به علت همکاری در نمونه‌برداری از منطقه حفاظت شده جزیره ام‌الگرم تقدیر و تشکر نمایند. از آقایان حسین جعفری، امین طلاب، مهران فقیه و مهدی ایرانمنش به دلیل کمک در نمونه‌برداری تشکر می‌گردد.

منابع

چمنی ع.، کاظمی م. و محمدی ح. ۱۳۹۶. بررسی میزان آلودگی لاکپشت منقار عقابی (*Eretmochelys imbricata*) به فلزات سنگین سرب و کادمیوم در جزیره کیش. فصلنامه محیط زیست جانوری، ۱۰(۳): ۱۴۰-۱۳۳.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۸۱. جغرافیای جزایر ایرانی خلیج فارس: استان بوشهر (جزایر خارک، خارکو، شیف، ام‌الکرم، جبرین، نخیلو، فارسی). سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۳۲۰ص.

عسکری حصنی م. ۱۳۹۴. احیاء و بازسازی زیستگاه‌های تخمگذاری لاک‌پشت‌های دریایی در استان بوشهر با تاکید بر جزایر نخیلو، ام‌الگرم و خارگو و پارک ملی نایبند. گزارش طرح، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران. ۲۸۷ص.

Agah H., Leermakers M., Marc Elskens S. and Fatemi M. 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment, 157: 499–514.

Askari Hesni M., Tabib M. and Hadi Ramaki A. 2016. Nesting ecology and reproductive biology of the hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, at Kish Island, Persian Gulf. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 96(7): 1373–1378.

Burger J., Gochfeld M., Jeitner C., Burke S., Volz C.D. and Singaroff R. 2009. Mercury and other metals in eggs and feathers of glaucous-winged gulls (*Larus glaucescens*) in the Aleutians. Environmental Monitoring and Assessment, 152: 179–194.

Ehsanpour M., Afkhami M., Khoshnood R. and Reich K. 2014. Determination and maternal transfer of heavy metals (Cd, Cu, Zn, Pb and Hg) in the hawksbill sea turtle (*Eretmochelys imbricata*) from a nesting colony of Qeshm Island, Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 92(6): 667–673.

Franzellitti S., Locatelli C., Gerosa G., Vallini C. and Fabbri E. 2004. Heavy metals in tissues of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the North Western Adriatic Sea. Comparative Biochemistry and Physiology, 138: 187–194.

Gao X.L., Chen C.A., Wang G. and Xue Q.Z. 2010. Environmental status of Daya bay surface sediments inferred from a sequential extraction technique. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 86: 369–378.

Gardner S.C., Fitzgerald S.L., Vargas B.A. and Rodriguez L. 2006. Heavy metal accumulation in four species of sea turtles from the Baja California Peninsula, Mexico. Biometals, 19: 91–99.

Hashemi E., Safahieh A., Salari Ali Abadi M.A. and Ghanemi K. 2015. Accumulation of mercury (*Larus cachinnans*) in Bandar Mahshar and Shadegan. Journal of Environmental Studies, 41(1): 11–13.

Huang L.L., Pu X.M., Pan J.F. and Wang B. 2013. Heavy metal pollution status in surface sediments of swan lake lagoon and Rongcheng bay in the Northern Yellow Sea. Chemosphere, 93: 1957–1964.

Ikonomopoulou M.P., Olszowy H., Hodge M. and Bradley A.J. 2009. The effect of organochlorines and heavy metals on sex steroid-binding proteins in vitro in the plasma of nesting green turtles, *Chelonia mydas*. Journal of Comparative Physiology (B), 179: 653–662.

Kenyon L.O., Landry A.M. and Gill G.A. 2001. Trace metal concentrations in blood of the Kemp's Ridley sea turtle (*Lepidochelys kempii*). Chelonian Conservation Biology, 4: 128–135.

Lakshmanan R., Kesavan K., Vijayanand P., Rajaram V. and Rajagopal S. 2009. Heavy Metals Accumulation in five commercially important fishes of Parangipettai, Southeast Coast of India. Advance Journal of Food Science and Technology, 1: 63–65.

Marco A., Lopez-Vicente M. and Perez-Mellado V. 2004. Arsenic uptake by reptile flexible-shelled eggs from contaminated nest substrates and toxic effect on embryos. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 72: 983–990.

Mendil D., Unal O.F., Tuzen M. and Soylak M. 2010. Determination of trace metals in different fish species and sediment from the River Yesilirmark in Tokat, Turkey. Food and Chemical Toxicology, 48: 1383–1392.

Mohammadizadeh M., Darvish Bastami K., Kazaali A., Ehsanpour M. and Afkhami M. 2014. Effects of PAHs on blood thyroidal hormones of *Liza klunzingeri* in the northern part of Hormuz strait (Persian Gulf). Comparative Clinical Pathology, 23(4): 961–966.

Moody J.R. and Lindstrom R.N. 1977. Selection and cleaning of plastic containers for storage of trace element samples. Analytical Chemistry, 49: 2264–2267.

NMFS and FWS. 2013. Hawksbill sea turtle (*Eretmochelys imbricata*) 5-year review: Summary and evaluation. National Marine

Fisheries Service (NMFS) and U.S. Fish and Wildlife Service (FWS), USA. 92P.

Pourang N., Nikouyan A. and Dennis J.H. 2005. Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from Northern part of the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment, 109: 293–316.

Rastegar-Pouyani N., Gholamifard A., Karamiani R., Bahmani Z., Mobaraki A., Abtin E., Faizi H., Heidari N., Takesh M., Sayyadi F., Ahsani N. and Browne R.K. 2015. Sustainable management of the herpetofauna of the Iranian Plateau and Coastal Iran. Amphibian and Reptile Conservation, 9(1): 1–15.

Ross D., Guzman H., Hinsberg V. and Potvin C. 2016. Metal contents of marine turtle eggs (*Chelonia mydas*; *Lepidochelys olivacea*) from the tropical eastern pacific and the implications for human health. Journal of Environmental Science and Health, 3: 1–13.

Sinaei M. and Bolouki M. 2017. Metals in blood and eggs of green sea turtles (*Chelonia mydas*) from nesting colonies of the Northern Coast of the Sea of Oman. Environmental Contamination and Toxicology, 73: 552–561.

Yipel M., Tekeli I.O., Isler C.T. and Altug M.E. 2017. Heavy metal distribution in blood, liver and kidneys of loggerhead (*Caretta caretta*) and green (*Chelonia mydas*) sea turtles from the Northeast Mediterranean Sea. Marine Pollution Bulletin, 125: 487–491.

Aquatic Physiology and Biotechnology

Vol. 10, No. 1, Spring 2022

Research Paper

Evaluation of maternal transfer of heavy metals lead, zinc and cadmium from hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) breeders to hatchlings in Ommolgorm Island

Farideh Ahmadi[1], Abdolrahim Pazira[2]*, Majid Askari Hesni[2,3]*, Tayebe Tabatabaei[2]

Received: May 2021 Accepted: October 2021

Abstract

In the present study, the accumulation of heavy metals (Pb, Zn and Cd) in blood and muscle, eggs and hatchlings of hawksbill were measured in July 2018 in Ommolgorm Island, Bushehr Province. In the breeding season, blood and muscle tissue from breeder samples were taken and then normal and abnormal eggs as well as hatchlings muscle were sampled. Normal eggs were divided into three parts including shell, albumin and yolk and abnormal eggs were divided into two parts including albumin and shell. After separating the samples and preparing for the measurement of heavy metals, the amount of heavy metals lead, zinc and cadmium were measured by ICP-Mass. According to the results, the highest bioaccumulation of heavy metals was related to zinc and then lead and the lowest was related to cadmium. The highest accumulation was in breeder blood, normal egg yolk and hatchlings muscle, respectively, and the lowest bioaccumulation was related to cadmium metal in these tissues. The highest amount of cadmium was observed in normal and abnormal eggshells. The present results showed that blood, yolk and eggshell are as a bioindicator for zinc, lead and cadmium, respectively, and the bioaccumulation of all three metals in breeder blood and muscle tissues and different parts of normal and abnormal shell as well as hatchling muscle was less than the WHO standard.

Key words: *Heavy Metals, Persian Gulf, Hawksbill Turtle, Ommolgorm Island, Pollution Index*.

1- Ph.D. Student, Department of Environmental Engineering, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran.

2- Associated Professor in Department of Environmental Engineering, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran.

3- Associated Professor in Department of Biology, Faculty of Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

*Corresponding Authors: abpazira@gmail.com and mahesni@uk.ac.ir