تجمع زیستی فلز جیوه بافت‌های کلیه، کبد، عضله و پر پرندگان در خور موسی (مطالعه موردی: اگرت کوچک (*Egretta garzetta*) و پرستوی دریایی معمولی (*Sterna hirundo*))

- **مهدی طیبی***: گروه محیط زیست، شرکت بهره‌برداری نفت و گاز آغاجاری، آغاجاری، ایران
- **صدیقه جهانگیری**: باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۸

چکیده

در این مطالعه مقادیر جیوه در بافت‌های (پر، کلیه، کبد و عضله) دو گونه از پرندگان خورموسی به نام‌های اگرت کوچک (*Egretta garzetta*) و پرستوی دریایی معمولی (*Egretta garzetta*) بررسی شد. در تیرماه سال ۱۳۹۰، ٤٠ پرنده متعلق به دو گونه اگرت کوچک و پرستوی دریایی معمولی (از هرگونه ۲۰ عدد ۱۰ تا نر ۱۰ تا ماده)، به‌صورت تصادفی در کل منطقه خورموسی واقع در استان خوزستان جمع‌آوری گردید. ابتدا پرنده‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتالی وزن شدند و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. اندازه‌گیری جیوه به‌وسیله دستگاه LECO AMA۲٥٤ استاندارد شماره ASTM D-٥٧٢٢ انجام شد. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد غلظت‌های جیوه در بافت‌های مورد مطالعه بیش‌تر تحت تاثیر محل تغذیه و جنسیت پرندگان بود. هم‌چنین تفاوت‌معنی‌داری در مقادیر جیوه بین جنس نر و ماده اگرت کوچک و پرستوی دریایی معمولی وجود داشت (P<۰/۰٥). میزان تجمع غلظت جیوه در بافت‌های پر، کبد، کلیه و عضله سینه پرستوی دریایی نر به‌ترتیب ۱۳/٥، ٥/۳۷، ٤/٦۷ و ۲/۳٦ میکروگرم بر گرم ودر پرستوی‌دریایی معمولی ماده به‌ترتیب ۱۲/٤٥، ۳/۲٦، ۳۸/۰٦، ۱/۲ میکروگرم بر گرم بود. در اگرت کوچک نر نیز تجمع غلظت جیوه در بافت‌های پر، کبد، کلیه و عضله سینه به‌ترتیب برابر با ۷/۱٦، ٤/٥٦، ۳/۸۲ و ۱/٥۳ میکروگرم بر گرم و در اگرت کوچک ماده به‌ترتیب ٦/۳٦، ۲/٦۸، ۲/۱٦ و ۱/۳۳ میکروگرم بر گرم به‌دست آمد .

کلمات کلیدی: جیوه، تجمع زیستی، خور موسی، اگرت کوچک، پرستوی دریایی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mehdi.tayebi1985@gmail.com

مقدمه

پایش زیستی روش علمی برای ارزیابی محیط‌زیست است که در آن از موجود زنده به‌منزله شاخص بیوانديکاتور (یا پایشگر) بیومانیتور استفاده می‌شود. در این مطالعات از بافت‌های مختلف موجودات زنده نمونه‌برداری می‌شود و ضمن آنالیز آلاینده‌ها در بافت‌های موجود، نتایج با مقادیر یافت شده در اجزای غیرزنده اکوسیستم مقایسه می‌شود (Abdenndher و همکاران، ۲۰۱۱)، بیوانديکاتورها برای تعیین کیفیت عوامل زیست‌محیطی انسان‌ساز به‌کار می‌روند، درحالی‌که بیومانیتورها بیش‌تر برای تعیین کمیت آلاینده‌ها استفاده می‌شوند. این روش کارایی بی‌نظیری در سنجش آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌ویژه آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های آبی دارد (Zhou و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به این‌که پرندگان از سطوح بالای زنجیره غذایی تغذیه می‌کنند، اکولوژی اغلب آن‌ها شناخته شده است، از فراوانی و گستردگی نسبتاً بالایی برخوردارند و عمر طولانی بالا می‌تواند شاخص مناسبی برای انجام بیومانیتورینگ باشند (Barbieri و همکاران، ۲۰۱۰). فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیستی شمرده می‌شوند که از طریق مناطق ساحلی و رودخانه‌ها وارد دریا و از طریق زنجیره غذایی در بدن آبزیان تجمع می‌یابند (پورخباز و نوروزی، ۱۳۹۱). بسیاری از این عناصر نه تنها برای موجودات ضروری نیستند، بلکه سمی هم هستند. یکی از اساسی‌ترین مسائل در ارتباط با فلزات سنگین، عدم تجزیه نشدن آن‌ها در بدن است. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن، دیگر از بدن دفع نمی‌شوند بلکه در بافت‌هایی مثل چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب می‌کنند و انباشته می‌شوند، همین امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود (Harikumar و همکاران، ۲۰۰۹). فلزات سنگین همیشه در ترکیب طبیعی محیط‌زیست وجود داشته‌اند و در شرایط طبیعی در غلظت‌های پایین یافت می‌شوند. تاکنون مقادیر قابل توجهی از فلزات سنگین در اثر فعالیت‌های انسانی وارد محیط‌زیست شده است جیوه ازجمله عنصرهایی است که نگرانی‌های محیط‌زیستی گسترده‌ای را در گستره جهانی به‌خود اختصاص داده است. انتشار آسان از طریق اتمسفر، ویژگی تجمع زیستی و سمیت بالا در حیات‌وحش و انسان، نگرانی‌های ناشی از حضور این عنصر در محیط زیست را دو چندان کرده است (Wang و Xu، ۲۰۱۷). تمایل زیاد متیل جیوه به گروه‌های سولفیدریل پروتئین باعث شده این فلز به سرعت در زنجیره غذایی انتقال و در بافت‌های موجودات تجمع پیدا کند (Ochoa-acuna و همکاران، ۲۰۰۲) و طی فرایند بزرگ‌نمایی زیستی در زنجیره غذایی تغلیظ شود (Kim و همکاران، ۱۹۹۶). براساس نظر Holdgate (۱۹۷۹) مطالعات سم‌شناسی، اکولوژیکی از سه طریق امکان‌پذیر است: بررسی (survey) مجموعه‌ای از مشاهدات، یا اندازه‌گیری‌ها که موقعیت را در زمانی خاص ارزیابی خواهد کرد. تحت نظر قرار دادن: تکرار بررسی (surveillance) که تغییرات را متناسب با زمان نشان می‌دهد. پایش مستمر (monitoring) بر مشاهدات، یا اندازه‌گیری‌های مکرر مشخص می‌کند که آیا مطالعه انجام شده با سطح استاندارد ارائه شده مطابقت دارد یا خیر؟ انتخاب اجزای اکولوژیکی نظیر پرندگان می‌تواند انتخاب مناسبی برای پایش آلودگی‌های محیط‌زیست ازجمله جیوه باشند زیرا پرندگان از طریق مصرف آب و غذای آلوده، در معرض مواد شیمیایی گوناگون نظیر جیوه قرار می‌گیرند و هم‌چنین اکولوژی، فیزیولوژی و رفتار آن‌ها به‌خوبی مطالعه شده، به‌راحتی قابل مشاهده بوده و به تغییرات محیط‌زیست حساس می‌باشند (Veerle و همکاران، ۲۰۰۴). پرندگان موضوعات مرسوم برای پایش آلودگی محیط زیست می‌باشند. پرندگان به‌دلیل عمومی و در دسترس بودن، دارای پراکنش وسیع و نرخ متابولیک بالا و تغذیه از سطوح تروفی بالا در اکوسیستم‌ها مناسب استفاده به‌عنوان شاخص زیستی آلودگی فلزات سنگین هستند (Kaur و Dhanju، ۲۰۱۳). در مقایسه انواع پرندگان، غلظت جیوه در بافت پرندگان گوشت‌خوار بیش‌تر از پرندگان همه‌چیزخوار، بی‌مهره‌خوار و گیاه‌خوار مشاهده شده است (Kim، ۲۰۰۲؛ Burger و همکاران، ۱۹۹۶). از دلایل تفاوت غلظت جیوه در پرندگان، می‌توان به تغذیه از سطوح مختلف غذایی (گیاه‌خوار، گوشت‌خواری، همه‌چیزخواری و بی‌مهره خواری) یا تفاوت در استراتژی تغذیه(در یایی ، ساحلی ، رودخانه‌ای وغیر رودخانه‌ای) یا تفاوت در روش جستجوی غذا اشاره نمود (Burger و Gochfeld، ۲۰۰۰). برای تعیین غلظت جیوه در بدن پرندگان به‌طور کلی از بافت‌های پر، کبد، کلیه و عضله استفاده می‌کنند (Spalding و همکاران،۱۹۹۹؛ Monteiro و همکاران، ۲۰۰۰). در بین بافت‌های ذکر شده، پر پرندگان شناساگر مفیدی برای فلزات سنگین آلاینده و به‌ویژه جیوه می‌باشد (Burger و Gochfeld، ۲۰۰۰). پر و بال (plumage) پرندگان حاوی ۷۰٪ کل جیوه موجود در بدن آن‌ها می‌باشد (Bearhop و همکاران، ۲۰۰۰). در مطالعه انجام گرفته توسط (Furness و Lewis، ۱۹۹۱) نقش پر و بال در حذف جیوه از بدن پرندگان بررسی شد و رابطه آن با جیوه ذخیره شده در دیگر بافت‌ها مقایسه گردید. هرچند پرندگان می‌توانند مقداری از جیوه را از طریق مدفوع، غدد نمکی و فرآیند پرریزی از بدن دفع کنند، اما باز هم مقداری از این عنصر در بدن آن‌ها باقی می‌ماند (EK و همکاران، ۲۰۰۴)هم‌چنین افزایش غلظت جیوه تا ۵۰۰۰ میکرو گرم بر کیلوگرم سبب بروز علایم حد کشنده (حدی که سبب آسیب به جانور می‌شود، اما سبب مرگ آن نمی‌شود) و حتی مرگ‌آور برای پرندگان می‌شود (Burger و Gochfeld، ۲۰۰۰). پرندگان ماده در مقایسه با پرندگان نر این توانایی را دارند که مقداری از جیوه را طی دوره تخم‌گذاری از بدن دفع کنند، بنابراین انتظار می‌رود میزان جیوه کم‌تری در مقایسه با پرنده نر داشته

باشند(EKو همکاران، ۲۰۰۴). به‌دلیل سمیت بالای جیوه در محیط‌های آبی، پرندگانی که این محیط‌ها را برای زیستگاه و مکان تغذیه انتخاب می‌کنند در مقایسه با پرندگان خشکی‌زی بیش‌تر در معرض خطر آلودگی با این عنصر هستند بنابراین با توجه به خطرات جیوه برای موجودات زنده ازجمله پرندگان، پایش آلودگی اکوسیستم‌های آبی که مکان زیست و تغذیه بسیاری از پرندگان هستند، به‌طور گسترده مورد توجه قرار گرفته است (Zhang و همکاران ، ۲۰۰۶). خادمی و همکاران (۱۳۹۶) ارزیابی و مقایسه تجمع عناصر نیکل، سرب و وانادیوم در پوسته و محتویات تخم گونه‌های پرستوی دریایی کاکلی کوچک (*Sterna bengalensis*) و سلیم خرچنگ‌خوار (*Dromas ardeola*) در جزایر خور موسی خلیج‌فارس را بررسی نمودند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، پرستوی دریایی کاکلی کوچک که از سطوح بالاتر زنجیر غذایی تغذیه می‌کرد، در مقایسه با سلیم خرچنگ‌خوار، قابلیت بیش‌تری در تجمع زیستی فلزات دارا بود. هاشمی و همکاران (۱۳۹۵)، ارزیابی فلزات سنگین در پر و تخم پرنده ماده کاکایی صورتی (*Larus genei*) در خورموسی را بررسی نمودند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش به‌جز فلز سرب تمامی فلزات سنگین در بافت پر نسبت به محتویات و پوسته تخم از غلظت بالاتری برخوردار بودند. مقادیر غلظت فلزات یافت شده در بافت پر به‌ترتیب روی>جیوه>مس>سرب>کادمیوم بود. هم‌چنین در محتویات تخم به‌صورت روی >مس >جیوه >سرب >کادمیوم و در پوسته تخم سرب >روی >مس >کادمیوم >جیوه بود. هدف اصلی از انجام این مطالعه گزارش غلظت‌های پایه جیوه در دو گونه از پرندگان خورموسی (اگرت کوچک و پرستوی دریایی معمولی) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: خورموسی یکی از اکوسیستم‌های آبی ایران است که در معرض خطرات متعدد و اقدامات ناپایدار به‌ویژه اقدامات مربوط به مدیریت آب، آبیاری و آلودگی از منابع مختلف قرار دارد (منصوری، ۱۳۸۱). چندین واحد پتروشیمی در ماهشهر فعالیت دارند این واحدها برای فرآوری و تولید فرآورده‌های خود از مواد شیمیایی خام از قبیل جیوه و سرب به‌عنوان کاتالیزور استفاده می‌کنند. محصولات فرعی ناشی از پساب کارخانه‌های فوق باعث آلوده شدن موجودات زنده به فلزات سنگین ازجمله جیوه می‌شود، بنابراین پیشگیری از تاثیرات بوم‌شناختی این واحدها نیاز به مراقبت و پایش مداوم دارد. این خور یکی از پیش‌رفتگی‌های زبانه مانند آب دریا به طرف خشکی است که در ناحیه شمال‌غربی بین طول‌های جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض‌های ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی واقع شده است و طولی برابر ۵۶ کیلومتر و عرضی حدود ۳۵ کیلومتر و در هنگام جزر وسعتی حدود ۱۳۴۷ کیلومترمربع داشته و توسط آبراهی موسوم به کانال خورموسی به طول ۲۴کیلومتر به منطقه ماهشهر که خود دارای خورهای متعددی است تشکیل شده است، متصل است. خورهای ماهشهر از نظر عمق زیاد، وسعت و پهناوری با دیگر خورها سواحل جنوبی کاملاً متفاوت بوده و بسیاری از آن‌ها آب‌های دائم دارند. خورهای ماهشهر در مجموع ۱۴ فقره خور اصلی (ازجمله خور دورق، احمدی، غزاله، .....) و حدود ۶۴ فقره نهرهای منشعب از آن‌هاست (شفاهی‌پور، ۱۳۷۹). عمق متوسط آب در خورموسی بین ۱۸-۱۲ متر متغیر است که به‌دلیل عمق زیاد آن کشتی‌های نسبتاً بزرگی وارد آن شده و تابندرامام خمینی پیش می‌آیند. بستر این ناحیه گل ولای می‌باشد و در مواقع جزر، جزایر گل ولایی از زیر آب بیرون می‌آیند. آب این منطقه به‌دلیل تبخیر زیاد شورتر از خلیج‌فارس است و کدورت آب در آن بسیار بالا است. جریان‌های جزر و مدی در خورموسی نسبت به سایر مناطق خلیج‌فارس شدیدتر است. وسعت جریان در جهت شمال و شمال‌غربی، جنوب و جنوب‌غربی است و در هنگام جزر جریانی با سرعت ۴ گره (۷/۴ کیلومتر در ساعت) و در موقع مد به ۳ گره (۵/۵۵ کیلومتر در ساعت) می‌رسد. میانگین سرعت جریان‌های جزر و مدی در مقابل اسکله‌های بندرامام و ماهشهر ممکن است به ۲/۸ گره هم برسد. سطوح تخریبی در زمان حداکثر مد ۳/۲۰ متر و با میانگین ۲/۵ متر و حداکثر جزر ۲/۹ متر با میانگین ۲ متر برآورد شده است و دامنه جزر و مد یعنی مجموع ارتفاع جزر و مد در حدود ۶ متر محاسبه شده است (شفاهی‌پور، ۱۳۷۹).

شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

جمع‌آوری نمونه‌ها: در تیرماه سال ۱۳۹۰، ۴۰ پرنده متعلق به دو گونه اگرت کوچک و پرستوی دریایی معمولی (از هرگونه ۲۰ عدد ۱۰ تا نر ۱۰ تا ماده)، به‌صورت تصادفی در کل منطقه خورموسی واقع در استان خوزستان جمع‌آوری شدند. ابتدا پرنده‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتالی وزن شدند و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و

نمونه‌های پرنده کالبدشکافی و تعیین جنسیت پرندگان با توجه به اندام‌های تولیدمثلی صورت گرفت. اندام‌های تولیدمثلی در نر یک جفت بیضه و مجاری دفران و در پرنده ماده تخمدان و لوله تخم‌بر می‌باشد (علی‌آبادیان و همکاران، ۱۳۸۴).

شکل ۲: کالبدشکافی و تعیین جنسیت اگرت کوچک وپرستوی دریایی معمولی

سپس بافت‌های کبد، کلیه و عضله سینه پرنده جداسازی شده و پس از گذراندن دوره انجماد (۲۰- درجه سانتی‌گراد) توسط دستگاه فریزدرایر (Freez Drayer) (در دمای ۵۴- درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت) خشک شدند (Houserova و همکاران، ۲۰۰۷). نمونه‌های خشک شده (کبد، کلیه و عضله) به‌وسیله هاون چینی و میکسر به‌شکل پودر درآورده شدند. نمونه‌های پر پرندگان (پرهای سینه) نیز به‌منظور زدودن آلودگی‌های خارجی با آب مقطر و استون به‌طور متناوب شسته شدند (Burger و Gochfeld، ۲۰۰۰). سپس با قیچی خرد شدند. در ادامه به‌میزان ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم از هر نمونه به‌وسیله ترازوی دیجیتالی وزن شده و در ظرف نیکلی (Nickel Boat) دستگاه قرار داده شد، سپس میزان غلظت جیوه توسط دستگاه Mercury Analyzer AMA254 تعیین گردید (Houserova و همکاران، ۲۰۰۷).

سنجش جیوه با دستگاه آنالیزکننده جیوه: دستگاه آنالیز پیشرفته جیوه (Advanced Mercury Analyzer) مدل ۲۵۴ ساخت شرکت LECO آمریکا با استاندارد ASTM D-۶۷۲۲ برای اندازه‌گیری سریع جیوه در نمونه‌های مورد مطالعه استفاده شد.

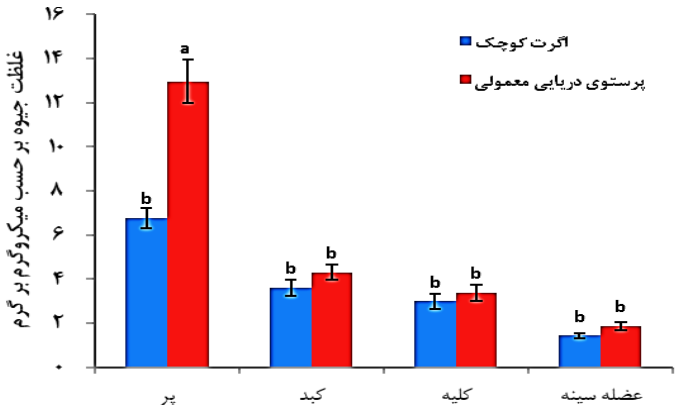
آنالیز جیوه با این روش شامل سه مرحله اصلی است: مرحله تجزیه، مرحله جمع‌آوری و مرحله آشکارسازی

در مرحله تجزیه هنگامی که نمونه داخل دستگاه قرار داده شد، توسط یک سیم‌پیچ خارجی، لوله احتراق تا ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد گرم شد و نمونه به‌طور کامل تجزیه گردید. تجزیه توسط گاز اکسیژن انجام شد و برای انجام مرحله جمع‌آوری به یک آمالگاتور منتقل شد. آمالگاتور یک لوله شیشه‌ای کوچک سرامیکی با روکش طلا بوده که میل ترکیبی زیادی با جیوه دارد. پس از جمع‌آوری جیوه، آمالگاتور تا حدود ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد گرم شد. این گرمای زیاد باعث شد تا جیوه جمع‌آوری شده آزاد شود. در مرحله آشکارسازی بخار جیوه در معرض نوری با طول موج ۲۵۳/۱ نانومتر قرار داده شد سپس میزان جیوه توسط نرم‌افزار QuickSilver نمایش داده شد.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل نتایج توسط نرم‌افزار SPSS انجام گردید ابتدا به‌وسیله آزمون‌های شاپیروویلک (Shapiro-willk) تابعیت داده‌ها از توزیع نرمال بررسی گردید، به‌خاطر نرمال بودن داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس (Anova) برای مقایسه کلی غلظت جیوه استفاده شد و از آزمون پارامتریک One Way Anova برای مقایسه کلی غلظت جیوه در بافت‌های استفاده شد. به‌منظور بررسی ارتباط بین غلظت‌های جیوه در بافت‌های مختلف در هرگونه به‌دلیل نرمال بودن داده‌ها از همبستگی پیرسون استفاده شد. هم‌چنین به‌منظور بررسی ارتباط بین وزن گونه‌ها و میزان غلظت جیوه در بافت‌ها از آزمون هم‌بستگی پیرسون (person) استفاده شد. تفاوت‌ها در سطح آماری ۹۵٪ بررسی شد ($p<۰/۰۵$).

نتایج

میزان تجمع جیوه در پر، کبد، کلیه و عضله پرندگان: شکل ۳ تجمع جیوه را در دو گونه از پرندگان خورموسی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود الگوی مشابه‌ای در تجمع جیوه در بافت‌های پرندگان مشاهده شد. در پرستوی دریایی معمولی، واگرت کوچک غلظت جیوه در پر در مقایسه با سایر بافت‌ها بیش‌تر بود .

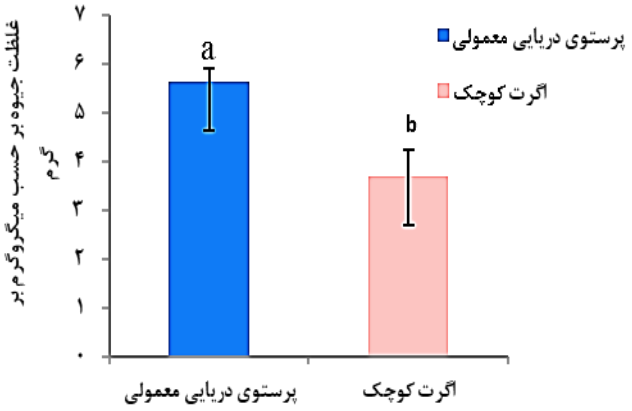


شکل ۳: نمودار میزان تجمع جیوه (میکروگرم بر گرم) در اگرت کوچک و پرستوی معمولی دریایی

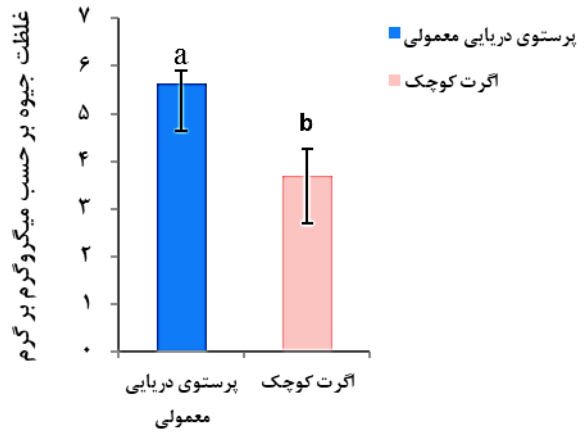
در مطالعه حاضر براساس نتایج به‌دست آمده از آزمون پارامتریک one way Anova تفاوت معنی‌دار آماری در میزان جیوه در بافت‌های

مختلف مشاهده شد (P<۰/۰۵). در ادامه از independent sampel T Test برای مقایسه‌دو به دو میزان جیوه در بافت‌ها استفاده شد. این آزمون تفاوت معنی‌دار آماری را بین تمام بافت‌ها نشان داد (P<۰/۰۵). با توجه به شکل ۳، بیش‌ترین مقادیر جیوه در پر و کم‌ترین مقادیر جیوه در بافت عضله مشاهده شد.

اثر رژیم غذایی بر تجمع جیوه در بافت‌های پر، کبد، کلیه و عضله پرندگان: از آزمون‌های independent sampel T Test برای مقایسه غلظت جیوه تجمع یافته در کل بافت‌های پرندگان استفاده شد و پرستوی دریایی و اگرت کوچک از لحاظ رژیم غذایی با هم مقایسه گردید. براساس نتایج حاصل از شکل ۴، پرستوی دریایی غلظت جیوه بیش‌تری را دارا بود .



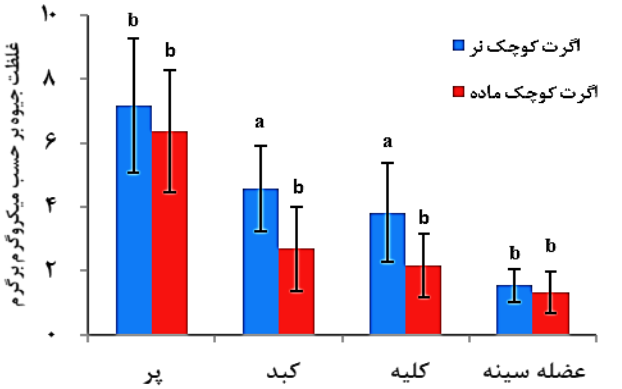
شکل ۴: نمودار مقایسه غلظت جیوه (میکروگرم بر گرم) در پرستوی دریایی معمولی و اگرت کوچک از لحاظ رژیم غذایی



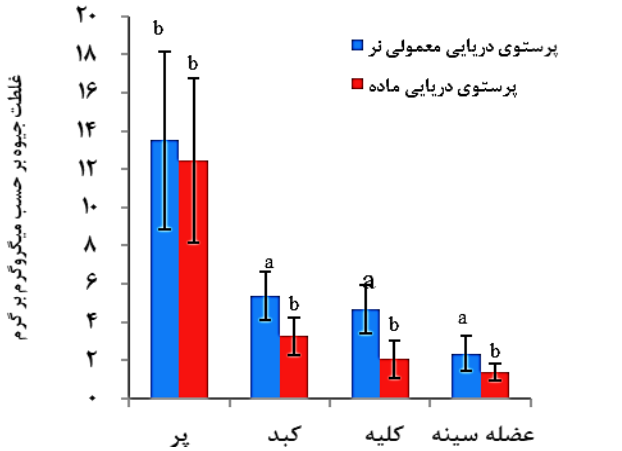
شکل ۵: نمودار مقایسه غلظت جیوه (میکروگرم بر گرم) در پرستوی دریایی معمولی و اگرت کوچک از لحاظ مکان غذایی

شکل ۵، اثر مکان غذایی‌را برتجمع جیوه درگونه‌های ذکر شده را نشان می‌دهد. همان‌طورکه شکل ۵ نشان می‌دهد غلظت‌جیوه‌در بافت‌های پرندگانی که مکان غذایی آن‌ها دریا و آب‌های لب‌شور بوده (پرستوی دریایی معمولی در مقایسه با پرندگانی که مکان غذایابی آن‌ها آب‌های شیرین می‌باشد)، بیش‌تر بود (P<۰/۰۵).

تاثیر جنسیت بر تجمع جیوه‌در پرندگان: شکل ۶، غلظت‌جیوه را درگونه‌های نر و ماده اگرت کوچک و پرستوی دریایی معمولی نشان می‌دهند. براساس نتایج به‌دست‌آمده‌تفاوت‌معنی‌داری در غلظت جیوه در پرندگان نر و ماده دوگونه‌ذکرشده‌وجودداشت(P<۰/۰۵)و پرندگان نرغلظت جیوه بیش‌تری نسبت به پرندگان ماده داشتند .



شکل ۶: نمودار مقایسه غلظت جیوه (میکروگرم بر گرم) در جنس نر و ماده اگرت کوچک



شکل ۷: نمودار مقایسه غلظت جیوه (میکروگرم بر گرم) درجنس نر و ماده پرستوی دریایی معمولی

بحث

میزان جیوه در پر پرندگان مورد بررسی بیش‌تر از سایر بافت‌ها بود. در واقع میزان غلظت جیوه در بافت‌های داخلی پرندگان ثابت نبود و پرریزی یکی از فرآیندهایی بود که از طریق آن غلظت جیوه در بدن پرندگان کاهش یافت، غلظت جیوه قبل و بعد از پرریزی در بافت‌های پرندگان تغییر کرد (Dauwe و همکاران، ۲۰۰۳). پر و بال پرندگان‌حاوی ۷۰٪کل‌جیوه‌موجوددر بدن آن‌ها می‌باشد (Bearhopو

همکاران، ۲۰۰۰). فلزات سنگین از قبیل جیوه با مولکول‌های پروتئین در طول مدت زمان کوتاهی که پرها در حال رشد می‌باشند ترکیب می‌شوند، پرها در این زمان از طریق مویرگ‌ها با رگ‌های خونی در تماس می‌باشند. پس از این که رشد پرها کامل شد، مویرگ‌ها شروع به تحلیل رفتن می‌کنند و ارتباط فیزیولوژیکی پرها با رگ‌های خونی قطع می‌شود و پس از این زمان غلظت جیوه در بافت‌های کبد، کلیه، عضله و سایر بافت‌های داخلی افزایش پیدا می‌کند. پرندگان می‌توانند میزان زیادی از جیوه را از طریق پر طی فرایند پرریزی از بدن دفع کنند طی پرریزی میزان زیادی از جیوه از بافت‌های داخلی ازجمله کبد، کلیه و عضله به پرهای در حال رشد انتقال پیدا کرده و از این طریق از بدن دفع می‌شوند. هنگامی‌که پرریزی کامل شد، میزان جیوه دوباره در بافت‌های داخلی تا پرریزی بعدی تجمع پیدا می‌کند و این فرایند تکرار می‌شود. بنابراین غلظت جیوه در بافت‌های داخلی پرندگان قبل از پرریزی به حداکثر مقدار و بعد از پرریزی به حداقل مقدار خود می‌رسد (Dauwe و همکاران، ۲۰۰۳). Burger (۱۹۹۳) گزارش کرد که بیش‌ترین مقادیر جیوه به‌ترتیب در بافت‌های پر، کبد، کلیه، قلب و ماهیچه وجود دارد. در پرندگان، پر نقش کلیدی در دفع جیوه دارد (Saeki و همکاران، ۲۰۰۰). جیوه به‌دلیل تمایل بالا در ترکیب با گروه‌های سولفیدریل پروتئین به میزان بالایی در پر تجمع می‌کند (Tsipoura و همکاران، ۲۰۰۸). عضله پرندگان نیز یکی از قسمت‌های مهم در تجمع جیوه در بدن پرندگان می‌باشد، اما در دو گونه مورد مطالعه کم‌ترین مقادیر جیوه در عضله مشاهده شد. اگرچه میزان جیوه در عضله در مقایسه با سایر بافت‌ها پایین‌تر بود، حجم بالای عضله در مقایسه با سایر بافت‌ها باعث می‌شود که تجمع کل جیوه در عضله در مقایسه با سایر بافت‌ها بیش‌تر باشد. یکی از دلایل پایین‌تر بودن میزان جیوه در عضله در مقایسه با سایر بافت‌ها به‌دلیل ترقیق غلظت جیوه در عضله‌های در حال رشد می‌باشد (Lewis و Furness، ۱۹۹۱). پرستوی دریایی به‌علت استفاده بیش‌تر از ماهی نسبت به اگرت که رژیم غذایی زیادی از قبیل ماهی، میگو، هم‌نوع‌خواری، نرم‌تنان و دوزیستان را دارد غلظت جیوه بیش‌تری را دارا بود. از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در میزان فلزات و توزیع آن‌ها در پرندگان می‌توان به رژیم غذایی، سن، پرریزی و مهاجرت اشاره نمود (Kim و همکاران، ۲۰۰۷). هم‌چنین تفاوت در جثه پرنده، مکان غذایی و تفاوت‌های گونه‌ای نیز در تجمع فلزات در بافت‌های پرندگان تاثیرگذار می‌باشند (Ghochfeld و همکاران، ۱۹۹۹). تفاوت‌های گونه‌ای پرندگان ناشی از تفاوت‌های پرندگان در فیزیولوژی جذب فلزات و دفع آن‌ها از بدن پرندگان می‌باشد. در مورد فلزاتی هم‌چون جیوه، توانایی پرندگان در دمتیله کردن جیوه و تبدیل آن به شکل غیرآلی نیز از عوامل تاثیرگذار در تجمع این فلز در بافت‌های بدن پرندگان می‌باشند (Burger و Ghochfeld، ۲۰۰۰). در بعضی مواقع جیوه تجمع یافته در بافت‌های پرندگان طبق الگو (عضله سینه<کلیه< کبد< پر) پیش نمی‌رود. ازجمله دلایل این نوع تناقض‌ها عدم وجود الگوی مشابه در تجمع جیوه در پرندگان می‌باشد (Saeki و همکاران، ۲۰۰۰). گونه‌هایی که به‌طور کامل پرریزی می‌کنند میزان جیوه کم‌تری خواهند داشت. زیرا میزان جیوه بیش‌تری از طریق پر دفع می‌شود. بعضی از گونه‌ها دارای چرخه پرریزی کوتاهی‌اند. این پرندگان فرصت کم‌تری برای دفع جیوه دارند و بنابراین متیل جیوه موجود در بدن آن‌ها طی فرایند متیلاسیون تبدیل به جیوه غیرآلی شده و در بدن ذخیره می‌شود. بنابراین هر چند که تفاوت در رژیم غذایی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگزار بر میزان جیوه در بدن پرندگان می‌باشد، اما عوامل مختلف دیگری نیز در میزان جیوه در بدن پرندگان تاثیرگذار باشند. به‌دلیل عدم وجود الگوی مشابه در تجمع جیوه در بافت‌های پرندگان، مقایسه پرندگان از نظر میزان غلظت جیوه‌کاری دشوار می‌باشد. اما در کل نتایج چنین نشان داد که غلظت جیوه در پرندگان ماهی‌خوار در مقایسه با سایر گروه‌های تغذیه‌ای بررسی شده بیش‌تر بود. Zilloux و همکاران (۱۹۹۳) با بررسی ارتباط میزان جیوه و سطح تغذیه بیان کردند که با افزایش سطح تغذیه میزان جیوه افزایش می‌یابد. Burger و Ghochfeld (۲۰۰۰) گزارش کردند به‌دلیل فرایند بزرگ‌نمایی زیستی (فرایندی که طی آن آلاینده‌ها در مقادیر بیش‌تر از یک سطح غذایی به سطح بالاتر انتقال پیدا می‌کند) پرندگانی که در سطوح بالاتر زنجیره غذایی قرار گرفته‌اند در مقایسه با پرندگانی که در سطوح پایین‌تر زنجیره غذایی قرار گرفته‌اند دارای مقادیر بالاتری از فلزات در بافت‌هایشان می‌باشند. Duffuy و Rothschild (۲۰۰۵) نیز مشاهده کردند گونه‌های قرار گرفته در سطوح بالاتر زنجیره غذایی دارای مقادیر جیوه بالاتری در بافت‌های مغز، استخوان و ماهیچه می‌باشند. گونه‌هایی از قبیل غازها که عمدتاً از دانه و مواد گیاهی تغذیه می‌کنند دارای پایین‌ترین مقادیر جیوه بودند. در حالی‌که گونه‌هایی مانند اردک سرسبز که در رژیم غذایی خود علاوه بر دانه از بی‌مهره‌گان تغذیه می‌کنند دارای مقادیر جیوه بیش‌تری در بافت‌های خود بودند. Howarth و همکاران (۱۹۸۲) نیز گزارش کردند که سطوح فلزات در گونه‌های گیاه‌خوار بیش‌تر است. در بین گونه‌های مورد بررسی پرستوی دریایی معمولی به‌طور عمده در دریا و آب‌های لب‌شور به‌دنبال صید ماهی می‌باشند، درحالی‌که اگرت کوچک دارای استراتژی تغذیه‌ای رودخانه‌ای و بیش‌تر کنار سواحل و در تالاب‌ها به جست‌وجوی طعمه می‌پردازند. غلظت جیوه در آب دریا در مقایسه با اکوسیستم‌های آب شیرین و سواحل بیش‌تر می‌باشد (Fowler، ۱۹۹۰). هم‌چنین در منطقه مزوپلاژیک دریا که پایین‌تر از ترموکلاین قرار دارد، تحت شرایط بی‌هوازی فرایند متیلاسیون با سرعت بیش‌تری انجام می‌گیرد که باعث تجمع آلاینده‌ها در مقادیر خیلی بالا می‌گردد. به تبع آن ماهیان این منطقه

جیوه بیش‌تری در بافت‌های خود دارند و هنگامی که این ماهیان در شب به سطح آب مهاجرت می‌کنند مورد تغذیه پرندگان دریایی قرار می‌گیرند (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۴). هم‌چنین در دریا شبکه‌ها و زنجیره‌های غذایی در مقایسه با اکوسیستم‌های آب شیرین و سواحل طولانی‌تر بوده در نتیجه پدیده بزرگ‌نمایی زیستی در این مناطق از میزان بیش‌تری برخوردار است (AMAP، ۱۹۹۸). عضله پرندگان نیز یکی از قسمت‌های مهم در تجمع جیوه در بدن پرندگان می‌باشد. اما در دو گونه مورد مطالعه کم‌ترین مقادیر جیوه در عضله مشاهده شد. اگرچه میزان جیوه در عضله در مقایسه با سایر بافت‌ها پایین‌تر بود، حجم بالای عضله در مقایسه با سایر بافت‌ها باعث می‌شود که تجمع کل جیوه در عضله در مقایسه با سایر بافت‌ها بیش‌تر باشد. یکی از دلایل پایین‌تر بودن میزان جیوه در عضله در مقایسه با سایر بافت‌ها به‌دلیل ترقیق غلظت جیوه در عضله‌های در حال رشد می‌باشد (Furness و Lewis، ۱۹۹۱). در واقع میزان غلظت جیوه در بافت‌های داخلی پرندگان ثابت نیست و پرریزی یکی از فرآیندهایی است که از طریق آن غلظت جیوه در بدن پرندگان کاهش می‌یابد، غلظت جیوه قبل و بعد از پرریزی در بافت‌های پرندگان تغییر می‌کند (Dauwe و همکاران، ۲۰۰۳). براساس نتایج حاصل از این پژوهش، اختلاف معنی‌داری بین میزان غلظت جیوه در جنس نر و ماده وجود داشت. در واقع پرندگان ماده توانستند میزانی از جیوه را طی دوره تخم‌گذاری از بدن دفع کنند (۱۴٪) اما میزانی از جیوه که از این طریق از بدن دفع شد در مقایسه با میزانی از جیوه که طی فرایند پرریزی از بدن دفع می‌شود ناچیز بود (Greenwood و Furness، ۱۹۹۳). Scharenberg (۱۹۸۹) مقادیر بالاتر سرب را در جنس نر حواصیل خاکستری (*Ardea cinerea*) در مقایسه با جنس ماده گزارش داد. با این وجود تفاوت در سطوح فلزات بین جنس‌های نر و ماده پرندگان کم می‌باشد. نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر نشان داد الگوی مشابه‌ای در تجمع جیوه در بافت‌های پرندگان وجود دارد اما همیشه بدین شکل نیست در گونه‌های مختلف فرق می‌کند. در مجموع بیش‌ترین مقادیر جیوه به‌ترتیب در بافت‌های پر، کبد، کلیه و عضله مشاهده شد. نتایج نشان داد پرندگان ماهی‌خواری هم‌چون پرستوی دریایی معمولی دارای بیش‌ترین مقادیر جیوه و گونه‌ای مانند اگرت کوچک عمدتاً از میگو، ماهی‌های ریز و بی‌مهره‌گان تغذیه می‌کنند دارای کم‌ترین مقادیر جیوه در بافت‌های خود می‌باشند. در گونه‌های دارای رژیم غذایی تقریباً مشابه، غلظت جیوه در بافت‌های پرندگانی که مکان غذایابی آن‌ها دریا و آب‌های لب‌شور می‌باشد (پرستوی دریایی معمولی) بیش‌تر از گونه‌هایی است که در آب‌های شیرین و تالاب‌ها و کنار ساحل (اگرت کوچک) به جستجوی طعمه می‌پردازند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد تفاوت معنی‌داری در میزان جیوه بین جنس‌های نر و ماده اگرت کوچک و پرستوی دریایی معمولی وجود دارد. از دو گونه مطالعه شده، غلظت جیوه در پرستوی دریایی معمولی، و اگرت کوچک بالاتر از آستانه اثرگذار (۵ میکروگرم بر گرم) بر رفتار و تولیدمثل در پرندگان مشاهده شد. بالا بودن میزان جیوه در کلیه در مقایسه با کبد می‌تواند نشان‌دهنده سطوح بالای جیوه در پرنده و هم‌چنین بروز اثرات منفی در پرنده باشد.

منابع

۱. **پورخباز، ع. و نوروزی، م.، ۱۳۹۱**. تعیین فلزات سنگین و منابع انتشار آن‌ها در ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا. طرح پژوهشی سازمان حفاظت محیط زیست استان هرمزگان.

۲. **خادمی، ن.؛ ریاحی‌بختیاری، ع. و سبحان‌اردکانی، س.، ۱۳۹۶**. ارزیابی و مقایسه تجمع عناصر نیکل، سرب و وانادیوم در پوسته و محتویات تخم گونه‌های پرستوی دریایی کاکلی کوچک (*Sterna bengalensis*) و سلیم خرچنگ‌خوار (*Dromas ardeola*) در جزایر خورموسی خلیج‌فارس. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۴، شماره ۱۹، صفحات ۵۹۳ تا ۶۰۶.

۳. **شفاهی‌پور، آ.، ۱۳۷۹**. بررسی پرندگان آبزی آبزیان در خوریات ماهشهر. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴. **ذوالفقاری، ق.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ قاسمپوری، س.م. و حسن زاده‌کیابی، ب.، ۱۳۸۴**. بررسی غلظت جیوه در پر ۳۷ گونه از پرندگان ایران: تاثیر سطح تغذیه، استراتژی تغذیه و جایگاه رده‌بندی، مجله علوم دریایی ایران. دوره ۴، شماره‌های ۴و ۳، صفحات ۱ تا ۱۱.

۵. **علی‌آبادیان، م.؛ باقریان، ع.ا. و برزگری، ا.ع.، ۱۳۸۴**. پرندگان. انتشارات سخن گستر، جلد اول: چاپ اول، مشهد. ۲۷۸ صفحه.

۶. **منصوری، ج.، ۱۳۷۹**. پرنده شناسی. انتشارات دفتر نشر فرهنگ اسلامی، چاپ اول، تهران. ۲۷۲ صفحه.

۷. **هاشمی، ا.؛ صفاهیه، ع. و نصوری، ع.، ۱۳۹۵**. ارزیابی فلزات سنگین در پر و تخم پرنده ماده کاکایی صورتی (*Larus genei*) در خورموسی. نشریه اقیانوس شناسی. جلد ۷، شماره ۲۸، صفحات ۹۱ تا ۹۸.

۸. **Abdennadher, A.; Ramírez, F.; Romdhane, M.S.; Ruiz, X.; Jover, L. and Sanpera, C., 2011**. Little Egret (*Egretta garzetta*) as a bioindicator of trace element pollution in Tunisian aquatic ecosystems. Environmental monitoring and assessment. Vol. 175, pp: 677-684.

۹. **Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). 1998**. Impact of mercury on the environment. Global Mercury Assessment, Available: http://www.amap.no.

۱۰. **Barbieri, E.; Passos, E.A.; Filippini, A.; dos Santos, I.S. and Garcia, C.A.B., 2010**. Assessment of trace metal concentration in feathers of seabird (*Larus dominicanus*) sampled in the Florianópolis. Brazilian coast. Environmental monitoring and assessment. Vol. 169, pp: 631-638.

۱۱. **Bearchop, S.; Waldron, S.; Thompson, D. and Furness, R., 2000.** Bioamplification of Mercury in Great Skua Catharacta skua Chicks: The Influence of Trophic Status as

Determined by Stable Isotope Signatures of Blood and Featheres. Marine Pollution Bulletin. Vol. 40, pp: 181-185.

۱۲. **Burger, J., 2002**. Food Chain Differences Affect Heavy Metals in Bird Eggs in Barnegat Bay. Environmental Research Section. Vol. 90, pp: 33-39.

۱۳. **Burger, J. and Gochfeld, M., 1993**. Heavy Metal and Selenium Levels in Feathers of Young Contamination and Toxicology. Vol. 25, pp: 322-327.

۱۴. **Burger, J. and Gochfeld, M., 2000.** Metal Level in Feather of 12 Species of Seabird from Midway Atoll in the Northern Pacific Ocean. The Science of Total Environment. Vol. 257, pp: 37-52.

۱۵. **Dauwe, T.; Bervowts, L.; Pinxten, R.; Blust, R. and Eens, A., 2003**. Variation of heavy metals within & among feathers of birds of prey: effects of molt and external contamination. Environmental Pollution. Vol. 124, pp: 429-436.

۱۶. **Ek, K.H.; Morrison, M.; Lindberg, P. and Rauch, S., 2004**. Comparative Tissue Distribution of Metals in Birds in Sweden Using ICP-MS and Laser Ablation ICP-MS. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 47, pp: 259-269.

۱۷. **Fowler, S.W., 1990**. Critical review of selected heavy metal and chlorinated hydrocarbon concentrations in the marine environment. Marine Environmental Research. Vol. 29, pp: 1-64.

۱۸. **Furness, R.W. and Greenwood, J.J.D., 1993**. Birds as monitors of environmental change. Chapman and Hall, London. 356 p.

۱۹. **Gochfeld, M.; Gochfeld, D.G.; Minton, D.; Murray, J.R.B.G.; Pyle, P.; Seto, N.; Smith, D. and Burger, J., 1999.** Metal in Feathers of Bonin Perel, Christmas Shearwater, Wedge-Tailed Shearwater and Red- Tailed Tropicbird in the Hawalan Islands., Northern Pacific. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 59, pp: 343-358.

۲۰. **Harikumar, P.S.; Nasir, V.P. and Mujeebu rahman, M.P., 2009**. Distribution of heavy metal in the core sediments of a tropical wetland system. Environmental Science technology. Vol. 6, No. 2, pp: 225-232.

۲۱. **Holdgate M.W., 1979**. A perspective of Environmental Pollution. Cambridge University Press, Cambridge.

۲۲. **Houserova, P.; Kuban, V.; Kracmar, S. and Sitko, J., 2007**. Total Mercury and Mercury Species in Birds and Fish in an Aquatic Ecosystem in the Czech Republic. Environmental Pollution. Vol. 145, pp: 185-194.

۲۳. **Howarth, D.M.; Grant, T.R. and Hulbert, A.J., 1982.** A comparative study of heavy metal accumulation in tissues of the crested tern, sterna bergii, breeding near an industrial port before and after harbour dredging and ocean dumping. Australia Wildlife Reserch. Vol. 9, pp: 571-577.

۲۴. **Kaur, N. and Dhanju, C.K., 2013.** Heavy metals concentration in excreta of free living wild birds as indicator of environmental contamination. The Bioscan. Vol. 8, No. 3, pp: 1089-1093.

۲۵. **Kim, E.Y.; Murakami, T.; Saeki, K. and Tatsukawa, R., 1996**. Mercury Level and its Chemical Form in Tissues and Organs of Seabirds. Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 30, pp: 259-266.

۲۶. **Kim, J.; Park, S.K. and Koo, T.H., 2007**. Trace elements and pollutants concentrations in shorebirds from Yeongjong Island, Korea in the East Asian-Australian migration flyways. Ecotoxicology. Vol. 16, pp: 403-410.

۲۷. **Lewis, S.A. and Furness, R.W., 1991.** Mercury Accumulation and Excretion in Laboratory Reared Black Headed Gull Larus ridibundus Chicks. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 21, pp: 316-320.

۲۸. **Monteiro, L.R.; Granadeiro, J.P.; Furness, R.W. and Oliveira, P., 1999**. Contemporary Patterns of Mercury Contamination in the Portuguese Atlantic Inferred from Mercury Concentration in Seabird Tissues. Marine Environmental Research. Vol. 47, pp: 137-156.

۲۹. **Ochoa-acuna, H.; Sepulvede M.S. and Gross, T.S., 2002**. Mercury in Feathers from Chilean birds: Influence of Location, Feeding Strategy, and Taxonomic Affiliation. Marine Pollution Bulletin. Vol. 44, pp: 340-349.

۳۰. **Rothschild, R.F.N. and Duffy, I.K., 2005**. Mercury Concentrations in Muscle, Brain and Bone of weatern Alaskan Waterfowl. Science of the Total Environment. Vol. 349, pp: 277-283.

۳۱. **Saeki, K.; okabe, Y.; Kim, E.Y.; Tanabe, S.; Fukuda, M. and Tatsukawa, R., 2000**. Mercury and cadminum in common cormorants (*Phalacrorax carbo*). Environmental Pollution. Vol. 108, pp: 249-255.

۳۲. **Scharenberg, W., 1989**. Heavy metal in tissue and feathers of grey horns, *Ardea cinerea* and cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*. Journal of Ornitthology. Vol. 130, pp: 25-3۳.

۳۳. **Spalding, M.G.; Fredrick, P.C.; McGill, H.C.; Bouton, S.N. and McDowell, L.R., 2000**. Methylmercury Accumulation in Tissues and Its Effects on Growth and Appetite in Captive Great Egrets. Journal of Wildlife Diseases. Vol. 36, No. 3, pp: 411-422.

۳۴. **Tsipoura, N.; Burgerv J.; Feltes, R.; Yacabucci, J.; Mizrahi, D.; Jeitner, C. and Gochfeld, M., 2008**. Metal concentrations in three species of passerine birds breeding in the Hacensack Meadowlands of New Jersey. Environmental Research (in press).

۳۵. **Veerle, J.; Dauwe, T.; Rianne, P.; Lieven, B.; Ronny, B. and Marcel, E., 2004**. The Importance of Exogenous Contamination on Heavy Metal Levels in Bird Feathers. A Field Experiment with Free-living great tits, Parus majer. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 6, pp: 356-360.

۳۶. **Xu, X. and Wang, W.X., 2017**. Mercury exposure and source tracking in distinct marine-caged fish farm in southern China. Environmental Pollution. Vol. 220, pp: 1138-1146.

۳۷. **Zhang, Y.; Ruan, L.; Fasola, M.; Boncompagin, E.; Dong, Y.; Dai, N.; Gandini, C.; Orvini, E. and Ruiz, X., 2006**. Little Egrets (*Egretta garzeeta*) and Trace Metal Contamination in Wetlands of China. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 118, pp: 355-536.

۳۸. **Zilloux, E.J.; Procella, D.B. and Benoit, J.M., 1983**. Mercury cycling and effects in freshwater wetland ecosystems. Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. 12, pp: 245-264.

۳۹. **Zhou, Q.; Zhang, J.; Shi, J.; Fu, J. and Jiang, G., 2008**. Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. Analytica chimica acta. Vol. 606, pp: 135-150.