ارزیابی فلزات سنگین در پر و تخم پرنده ماده کاکایی صورتی (*Larus genei*) در خورموسی

اسحاق هاشمی[1*]، علیرضا صفاهیه[2]، علیرضا نصوری[3]

۱- کارشناسی ارشد زیست شناسی دریا، گرایش آلودگی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: eshagh.hashemi@gmail.com

۲- استادیار، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: a.safahieh@kmsu.ac.ir

۳- کارشناسی ارشد آلودگی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: nasoorialireza@gmail.com.

** نویسنده مسوول*

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۱ *تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۳۰*

چکیده

در این مطالعه غلظت فلزات سنگین (جیوه، روی، مس، کادمیوم و سرب) در بافت پر، محتویات و پوسته تخم پرنده کاکایی صورتی در خور موسی سنجش گردید. بدین منظور ۱۵ عدد کاکایی صورتی و ۲۰ عدد تخم پرنده مذکور در بهار ۹۲ از خورموسی جمع آوری گردیدند. پس از خشک کردن و هضم نمونه ها غلظت جیوه آنها به وسیله دستگاه جذب اتمی با روش بخار سرد اندازه گیری شد. همچنین غلظت بقیه فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی سنجش گردید. به طور کلی به جز 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 به ترتیب روی> جیوه> مس> سرب> کادمیوم بود. همچنین در محتویات تخم به صورت روی> مس> جیوه> سرب> کادمیوم و در پوسته تخم سرب> روی> مس> کادمیوم> جیوه بود. مقایسه نتایج این مطالعه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی نشان داد که میزان جیوه در پر و تخم کاکایی صورتی بالاتر از استانداردهای مذکور است. سطح بالای جیوه در پر و تخم پرنده احتمالا می‌تواند ناشی از وجود منابع جیوه نظیر صنایع پتروشیمی در منطقه باشد.

کلمات کلیدی: *فلزات سنگین، جیوه، پر و تخم، کاکایی صورتی، خورموسی.*

۱. مقدمه

وسعت دریاها و اقیانوس‌های بی کران این عقیده را در ذهن انسان تداعی می کنند که این بوم‌سامانه‌ها می‌توانند محل مناسبی برای دفع انواع زباله‌ها و آلاینده‌ها در هر نوع و میزانی باشند. در حالی‌که این مناطق زنده و پویا بوده و ظرفیت محدودی برای پذیرش زباله های انسان ساخت دارند. با پیشرفت فن‌آوری و توسعه صنایع، حجم زایدات وارد شده به پهنه های آبی نیز افزایش می‌یابد. یکی از آلایندهایی که به دلیل سمی بودن، پایداری و تجمع در بافت‌های موجودات زنده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، فلزات سنگین هستند. در بین این فلزات سنگین، جیوه به علت کاربرد گسترده، سمیت و توزیع وسیع آن بیش‌ترین خطر را از نظر زیست‌محیطی دارد که دفع آن به محیط‌زیست دریایی ممنوع شده است (Mazej et al., 2010).

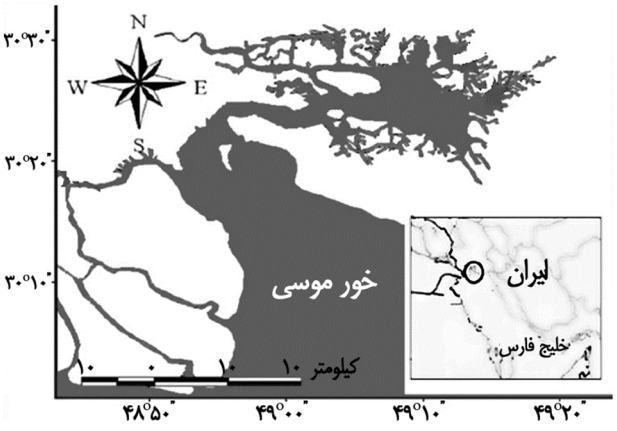
جیوه، فلزی است که در طبیعت به اشکال مختلف معدنی، عنصری و آلی دیده می‌شود. جیوه و ترکیباتش هیچ نوع فعالیت

زیستی شناخته‌شده‌ای ندارند و حضور آن‌ها در موجودات زنده نامطلوب و بالقوه خطرناک است. همین‌طور ترکیبات آلی جیوه می‌توانند طی فرایندهای زیستی و دیگر فرایندها به اشکال با سمیت بالا تبدیل شوند و همچنین می‌توانند در موجودات زنده انباشته شوند. از طرفی غلظت این فلز می تواند در طول زنجیره غذایی افزایش یافته و در نتیجه جیوه مستقیما به انسان و دیگر مصرف‌کنندگان سطوح بالاتر نظیر پرندگان به شکل متمرکز باز گردد (Hylander and Goodsite, 2006). در بوم‌سامانه‌های آبی موجوداتی که در بالای زنجیره غذایی قرار گرفته اند، قابلیت بیشتری برای تجمع دادن فلز جیوه در بدن خود دارند. بافت پر پرندگان محل بسیار مناسبی برای تجمع و ذخیره فلزات سنگین به ویژه جیوه جذب شده از محیط است. مطالعات نشان داده است علاوه بر پر، تخم پرنده نیز در زمان تولید مثل می تواند حاوی مقادیر متنابهی از انواع فلزات سنگین باشد (Mora, 2003). لذا، پرریزی و تخم گذاری به عنوان دو مکانیسم مهم قادر هستند که میزان آلاینده های وارد شده به بدن پرنده را تعدیل نمایند. گرچه پرریزی راهکار مناسبی به حساب آمده و ممکن است خطری برای پرنده در پی نداشته باشد، اما تخم گذاری موجب انتقال آلاینده به جنین شده و در درازمدت نسل پرنده را در معرض تهدید قرار می‌دهد (Burger and Gochfeldt, 2004). همچنین، مطالعات نشان داده‌اند که غلظت جیوه در تخم پرندگان تقریبا ۱۰ تا ۲۰ درصد غلظت آن در بافت کبد است (Ohlendorf et al., 1987). بنابراین، با بررسی غلظت جیوه در تخم پرندگان می توان اطلاعات مناسبی از میزان غلظت جیوه در بافت های زنده پرندگان از جمله کبد، کلیه و ماهیچه به دست آورد.

خور موسی یک شبکه آبی پیچیده ای از خوریات متعدد است که به دلیل مجاورت با رودخانه های مهمی همچون اروند، جراحی، بهمنشیر، زهره و شادگان دارای پهنه گلی وسیعی است. از آنجا که این پهنه شیب ملایمی دارد وسعت ناحیه جزر و مدی در این منطقه بسیار زیاد است که این امر پرندگان و آبزیان زیادی را به این منطقه جذب می نماید. خورموسی به دلیل مجاورت با بنادر تجاری پرتردد ایران یعنی بندر ماهشهر و بندر امام خمینی، همواره گذرگاه بسیاری از کشتی‌های تجاری و نفت‌کش‌ها بوده است. وجود مجتمع‌های پتروشیمی و نیز فاضلاب‌های متعدد شهری، موجب افزایش احتمال بار آلودگی این منطقه گردیده است. بنابراین پایش زیستی به منظور آگاهی از سلامت محیط زیست منطقه امر ضروری به نظر می‌رسد. مطالعه حاضر به منظور تعیین میزان فلزات سنگین در پر و تخم پرنده کاکایی صورتی و مقایسه آن ها به عنوان دو روش دفع آلاینده در این پرنده صورت گرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

با توجه به پراکنش کاکایی صورتی در خورموسی نمونه‌برداری از پرندگان این منطقه به طور تصادفی تقریبا از کل خور با استفاده از شکار با اسلحه انجام شد (شکل ۱). نمونه‌برداری از پرنده کاکایی صورتی و تخم آن در بهار ۱۳۹۲ صورت گرفت. مجموعا ۱۵ عدد کاکایی صورتی به صورت تصادفی توسط تفنگ شکاری صید گردیدند. همزمان با صید پرندگان تعداد ۲۰ عدد تخم از آشیانه آن‌ها در منطقه جمع آوری شدند. نمونه‌ها پس از شکار به آزمایشگاه دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل‌شدند و مراحل زیست سنجی و تشریح جهت تعیین جنسیت و جداسازی بافت پر، انجام گرفت. نمونه‌های شکار شده کاکایی صورتی شامل ۸ پرنده ماده با میانگین وزنی (انحراف معیار±میانگین) ۲۱/۶۷±۵۳۱/۲۵ گرم و ۷ پرنده نر با میانگین وزنی (انحراف معیار±میانگین) ۱۴/۲۶±۵۳۹/۲۹ گرم بود. حداقل وزن تخم‌ها ۴۰ گرم و حداکثر وزن آنها ۵۰ گرم اندازه گیری شد.



شکل ۱: موقعیت منطقه و محل نمونه‌برداری

در آزمایشگاه تخم‌های کاکایی صورتی شستشو داده شدند. همچنین پوسته از محتویات تخم جدا گردید و تا زمان انجام آنالیز در فریزر ۲۰- درجه سانتی گراد قرار داده شدند. قبل از هضم کردن ابتدا نمونه‌های پوسته و محتویات تخم از فریزر خارج شدند و در دمای آزمایشگاه یخ آن‌ها ذوب گردیدند. سپس

برای خشک کردن، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند (Mora, 2003; Burger et al., 2009) تا به وزن ثابت برسند. کلیه وسایل مورد استفاده و شیشه‌آلات به مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک ۵ درصد جهت اسید شویی قرار داده شدند و سپس با استفاده از آب دوبار تقطیر شستشو داده شدند (Shi et al., 2005).

حدود یک گرم از محتویات و پوسته تخم هر کدام به صورت جداگانه در ظرف اسیدشویی شده قرار داده شدند و سپس در آون و در دمای ۵۰ تا ۵۵ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک گردیدند. سپس یک گرم از هر نمونه با هشت میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ مرک و دو میلی لیتر اسیدپرکلریک مرک درون لوله آزمایش مخصوص صفحه گرم[1] قرار داده شدند، و روی صفحه گرم در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد به مدت سه ساعت هضم گردیدند. بعد از خنک شدن کامل نمونه، حجم آن را با آب مقطر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد و سپس به منظور جدا کردن ذرات معلق از کاغذ واتمن ۴۲ عبور داده شد و میزان فلزات سنگین درون نمونه‌های صاف شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله ساخت شرکت GBC مدل Savant AAΣ اندازه‌گیری گردید. پر پرندگان نیز با استون و آب دوبار تقطیر شستشو داده شدند تا از هر نوع آلودگی و چربی زدوده شوند.

حدود یک گرم از پر هر پرنده کاکایی صورتی آماده سازی شده، توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد و به لوله‌های شیشه‌ای انتقال یافت. سپس ۲ میلی‌لیتر اسید سولفوریک و ۸ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک ۶۵ درصد تهیه‌شده از مرک آلمان به آن‌ها افزوده شد. همزمان ۱۵ میلی‌لیتر پتاسیم پرمنگنات ۵ درصد جهت تسهیل اکسیداسیون نمونه‌ها اضافه گردید. نمونه‌ها برای مدت ۳ ساعت روی صفحه گرما با دمای ۹۰ درجه سانتی-گراد قرار داده شدند. پس از انجام عملیات هضم، نمونه‌ها از کاغذ صافی ۴۲ میکرون عبور داده شدند و در نهایت با آب دوبار تقطیر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شدند (Mora, 2003; Burger et al., 2009). نمونه‌های هضم شده به ظرف واکنش که حاوی ۵ میلی‌لیتر محلول کلرید قلع ۱۰ درصد بود، اضافه شدند و پس از واکنش کامل، بخارهای جیوه تولیدشده توسط گاز نیتروژن با سرعت جریان ۱۰۰ mL/min از محلول خارج‌شدند و به سمت سل اندازه‌گیری هدایت شدند. میزان جذب جیوه توسط دستگاه اسپکترومتر جذب اتمی مدل Unicam ساخت انگلستان در طول موج ۲۵۳/۷ نانومتر اندازه گیری شد (Goutner et al., 2000).

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه میانگین تجمع فلزات در نمونه‌ها در خورهای مختلف از آزمون واریانس یک طرفه استفاده شد. در صورت مشاهده اختلاف، برای تفکیک گروه‌های دارای اختلاف از پس آزمون توکی استفاده گردید که این اختلاف در سطح اطمینان بالای ۰/۹۵ پذیرفته شد (P<۰/۰۵). برای تعیین وجود ارتباط خطی و میزان مقادیر فلزات در نمونه‌ها از آزمون رگرسیون خطی و همبستگی پیرسون استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری فوق توسط نرم‌افزار SPSS، نسخه ۱۶ انجام گرفت و کلیه نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel، نسخه ۲۰۰۷ رسم گردیدند.

۳. نتایج و بحث

غلظت فلزات سنگین (جیوه، روی، مس، سرب و کادمیوم) در بافت پر، محتویات تخم و پوسته تخم کاکایی صورتی شکار شده از خور موسی بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک برای هر فلز به صورت تفکیک در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: غلظت فلزات سنگین بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک در بافت پر، محتویات تخم و پوسته تخم کاکایی صورتی در خور موسی (انحراف معیار ± میانگین)

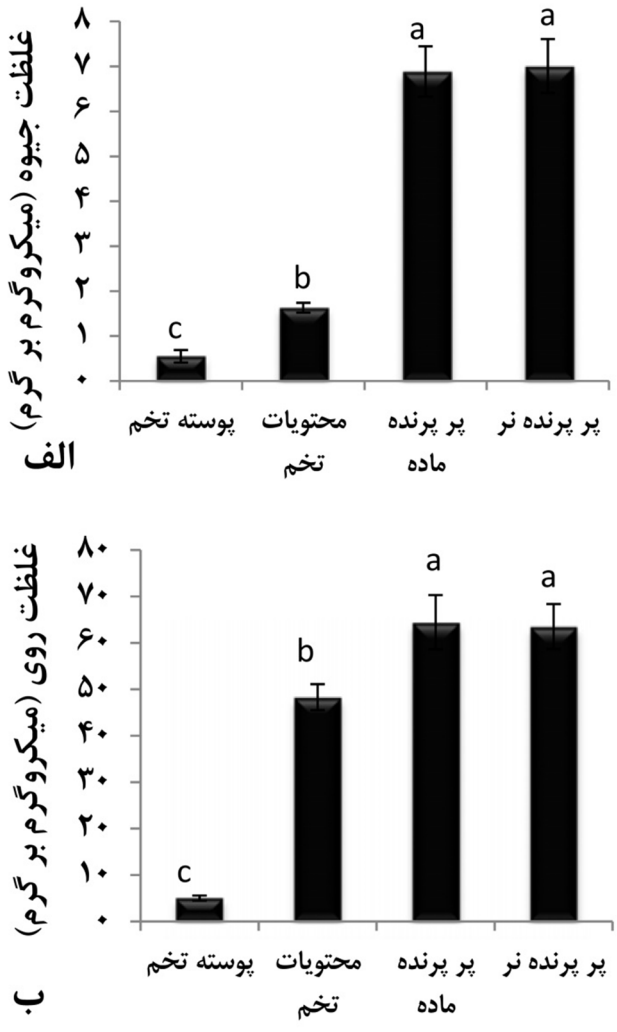
فلز	پر (جنس ماده)	پر (جنس نر)	محتویات تخم	پوسته تخم
جیوه	۶/۸۹±۰/۵۶	۷/۰۱±۰/۶	۱/۶۳±۰/۱۱	۰/۵۵±۰/۱۴
روی	۶۴/۴۷±۵/۸۲	۶۳/۵۳±۴/۸۴	۴۸/۳۰±۲/۸۱	۵/۰۵±۰/۵۴
مس	۵/۷۳±۰/۸۸	۵/۴۴±۰/۴۳	۳/۴۴±۰/۲۶	۲/۵۷±۰/۲۰
سرب	۴/۶۵±۰/۴۶	۴/۹۵±۰/۲۴	۰/۰۹±۰/۰۲	۵/۶۰±۰/۸۴
کادمیوم	۲/۲۱±۰/۳۹	۲/۴۷±۰/۳۴	۰/۰۸±۰/۰۴	۰/۸۹±۰/۰۴

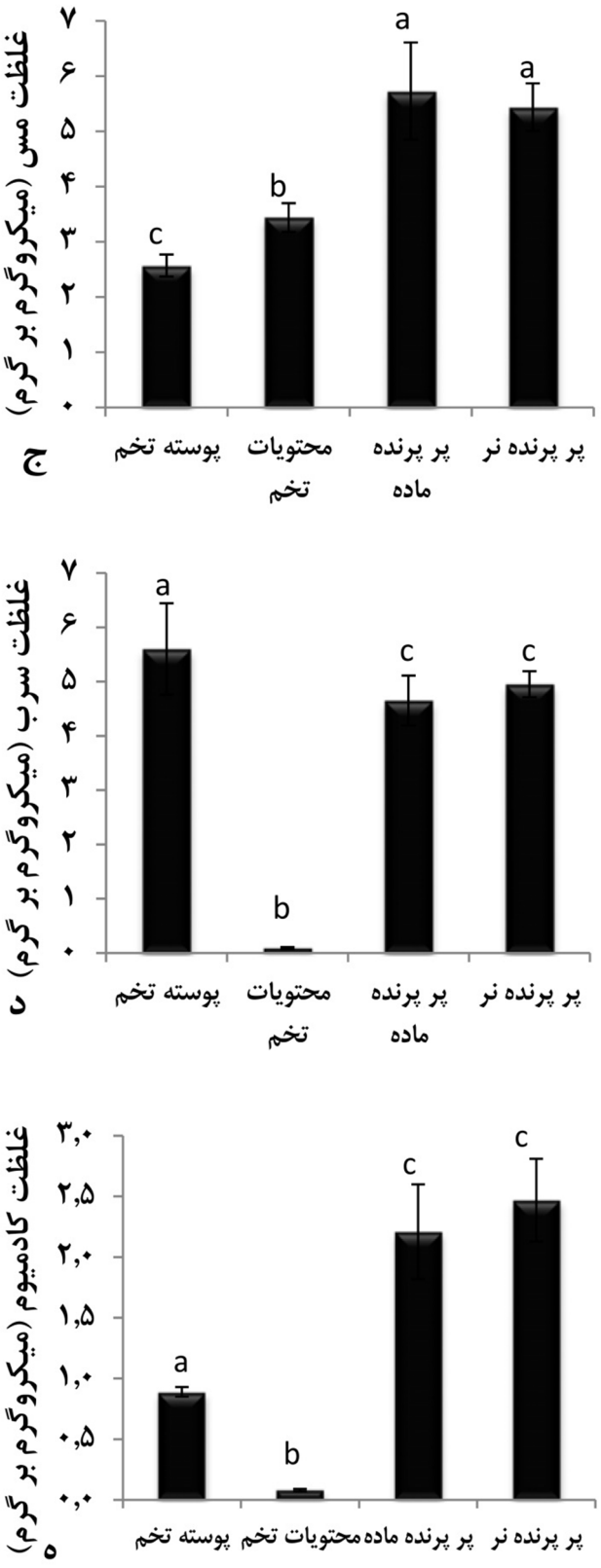
غلظت جیوه در بافت پر پرنده ماده و نر به ترتیب ۶/۸۹ و ۷/۰۱ میکروگرم برگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین آن ها وجود نداشت (P>۰/۰۵). فلز روی در بافت پر با غلظت ۶۴/۴۷ میکروگرم برگرم از بیش ترین مقدار برخوردار بود در حالی که فلز کادمیوم با غلظت ۲/۲۱ میکروگرم برگرم از پایین ترین مقدار برخوردار بود. مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت پر پرنده ماده و نر نشان داد که بین آن ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵). همانند بافت پر، فلز روی در محتویات تخم با غلظت ۴۸/۳۰ میکروگرم برگرم از بیش‌ترین مقدار برخوردار بوده و فلز کادمیوم و سرب از کمترین مقدار برخوردار بودند. مقایسه غلظت

[1] Hot plate

فلزات سنگین در محتویات تخم نشان داد که به جز کادمیوم و سرب، بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵).

برخلاف بافت پر و محتویات تخم، در پوسته تخم فلز سرب با غلظت ۵/۶۰ میکروگرم برگرم از بیش ترین مقدار برخوردار بود، در حالی که فلز جیوه و کادمیوم از کمترین مقدار برخوردار بودند. مقایسه غلظت فلزات سنگین در پوسته تخم نشان داد که برای همه فلزات اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵)، اما چنین نتیجه‌ای برای فلزات کادمیوم و جیوه مشاهده نگردید. مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت پر، محتویات تخم و پوسته تخم نشان داد که بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). همچنین نتایج نشان داد به جز فلز سرب که در پوسته تخم از غلظت بالاتری برخوردار است تمامی فلزات سنگین در بافت پر از غلظت بالاتری برخوردار بودند (شکل ۲).





شکل ۲: مقایسه میانگین غلظت فلزات در پر و تخم کاکایی صورتی (الف: جیوه ب: روی ج: مس د: سرب ه: کادمیوم (آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار هستند. حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار هستند (P<۰/۰۵).

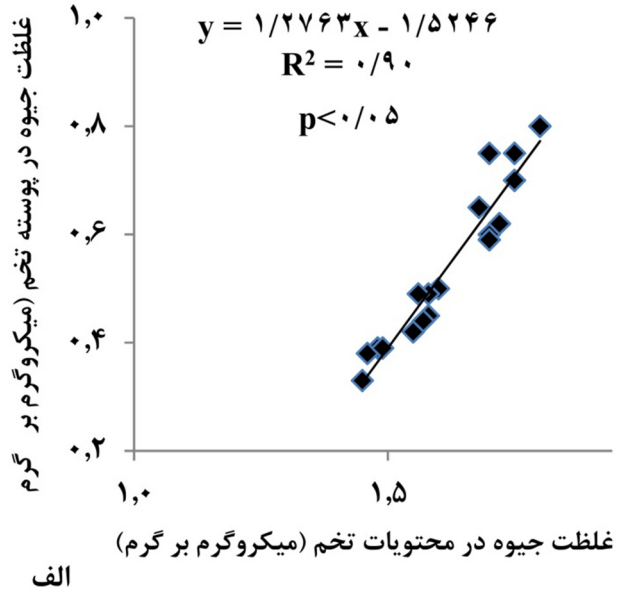
از سوی دیگر نتایج نشان داد بین غلظت فلزات جیوه، مس و روی در محتویات تخم و پوسته تخم همبستگی مستقیم و معنی داری وجود دارد، در حالی که برای فلزات سرب و کادمیوم چنین نتیجه ای یافت نگردید (شکل ۳).

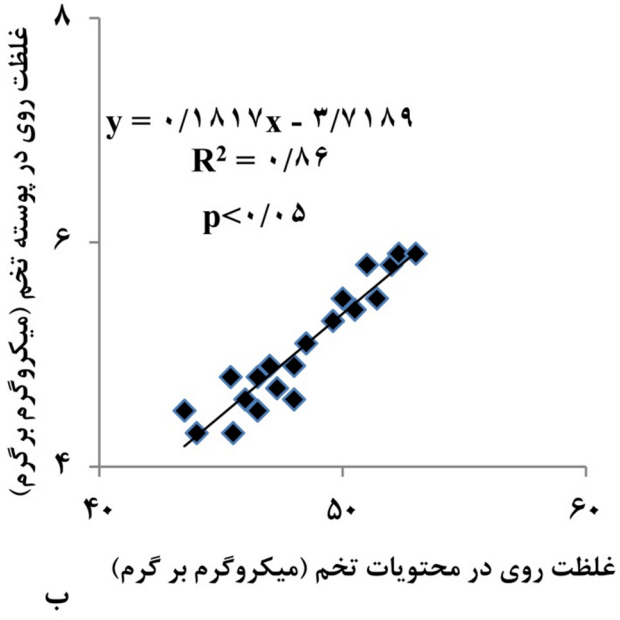
به طور کلی به استثنای فلز سرب غلظت کلیه فلزات در پر بالاتر از تخم بود. غلظت بالای فلزات به خصوص جیوه در پر نشان می دهد که فلز از سایر بافت های زنده بدن به پر منتقل گشته و در آن انباشته می‌شود (Burger et al., 2009). از آنجا که پر فاقد رگ خونی و سلول زنده است، تجمع فلز در این قسمت موجب خروج آن از سیستم و بافت های بدن شده و منجر به کاهش غلظت آن در خون و سایر بافت های زنده می‌گردد. بدین ترتیب می تواند نقش بسیار مهمی در به دام انداختن جیوه و سایر فلزات در بدن ایفا نماید. پرریزی امری بسیار حیاتی و متداول در پرندگان است که به طور متناوب در سال‌ها و فصول مختلف تکرار می گردد. در هنگام پرریزی پرنده کاکایی، بخش زیادی از پرهای بدن به خصوص پرهای سینه ای از بدن زدوده می‌شود. با توجه به غلظت بالای جیوه در پر، ریختن این بافت منجر به دفع مقادیر زیادی از جیوه و فلزات سنگین جذب شده از محیط می گردد (Burger and Gochfeldt, 2004). نتایج همچنین نشان داد که بین غلظت فلزات در پر پرندگان نر و ماده اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. این بدان معنی است که این بافت در هر دو جنس نر و ماده عملکرد مشابهی در دفع جیوه یا سایر فلزات ایفا می کند. مطالعات انجام شده روی گونه‌های *Himantopus himantous*، *Hoplopterus indicus* و *Vanellus leucurus* در تالاب شادگان نیز مبین این بوده است که بالاترین غلظت جیوه در بافت پر تجمع می‌یابد (Zamani-Ahmadmahmoodi et al., 2010). همچنین هاشمی و همکاران (۱۳۹۴) غلظت جیوه در بافت‌های مختلف پرنده کاکایی پازرد در بندر ماهشهر و شادگان را مورد بررسی قرار دادند. آنها بیش ترین سطح از فلز جیوه را در بافت پر مشاهده نمودند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

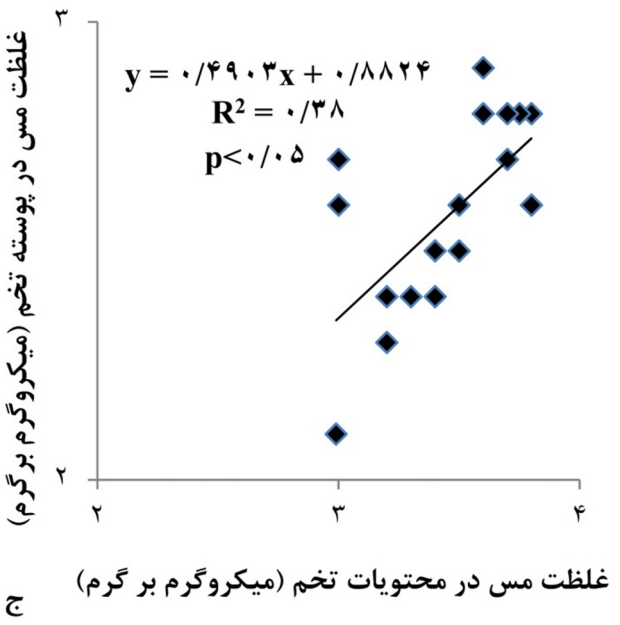
Burger و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه روی کاکایی دریایی *Larus glaucescens* در منطقه آلوتیانز بیش‌ترین غلظت جیوه را در بافت پر مشاهده نمودند. علاوه بر آن با مطالعات متعدد دیگری روی پرندگان مختلف از جمله عقاب دریایی (*Pandion haliaetus*) در خلیج فلوریدا (Lounsbury-Billie et al., 2008)، پرستوی دریایی معمولی (*Sterna hirundo*) و مرغابی معمولی (*Somateria mollissima*) در کانادا (Bond et al., 2009) نشان داده شد که پر پرندگان مهم‌ترین بافت ذخیره جیوه در آنان است. همچنین Barbieri و همکاران (۲۰۱۰) غلظت فلزات سنگین را در پر *Larus dominicanus* که از تیره کاکایی است در سه سطح بزرگسال، جوان و نوجوان در سواحل برزیل سنجیدند که نتایج حاکی از آن بود که فلز کادمیم در پر پرندگان بزرگسال بالاترین میزان را دارد و اختلاف معنی‌داری با میزان آن در سطح جوان و نوجوان مشاهده کردند. پرندگان ماده می‌توانند علاوه بر پر از طریق تخم گذاری، غلظت فلزات سنگین در بدن خود را کاهش دهند (Burger and Gochfeldt, 2004). به همین جهت در این مطالعه غلظت فلزات سنگین در محتویات تخم و پوسته تخم پرنده ماده کاکایی صورتی سنجش گردید. وزن محتویات تخم و پوسته تخم به ترتیب ۱۰/۵۷ و ۵/۱۶ گرم وزن خشک اندازه گیری گردید و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده شد. به طور کلی به جز فلز سرب غلظت فلزات سنگین در محتویات تخم بیش تر از پوسته آن بود. همچنین نتایج نشان داد که بین غلظت فلزات سنگین در محتویات تخم و پوسته تخم همبستگی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد. فلز جیوه یک فلز بسیار سمی است و خاصیت بزرگنمایی زیستی دارد. این فلز علاقه زیادی به باند شدن در بافت های چربی و گروه‌های سولفیدریل پروتیین دارد، به همین دلیل احتمال افزایش آن در محتویات نسبت به پوسته را همین دلیل عنوان نمود. برخلاف سایر فلزات غلظت سرب در پوسته تخم بیش از مقدار آن در محتویات تخم بوده است. فلز سرب از نظر اندازه یونی شباهت زیادی به یون کلسیم داشته و قادر است در بافت های حاوی این عنصر تجمع کرده و یا جایگزین کلسیم گردد. مطالعات متعدد در جانداران مختلف نشان داده است که سرب تمایل زیادی به تجمع در بافت های کلسیمی مانند استخوان، صدف بی مهرگان و پوسته های سخت پوستان نشان می دهد (Deb and Fukushima, 1999; Ramakrishnan, 2011). برخلاف فلزات سنگین موجود در پوسته، فلزات سمی که به محتویات تخم وارد می‌گردند قادرند جذب بدن جنین شده و به چرخه حیات یا زنجیره غذایی باز گردند (Burger et al., 2009). هرچند به این ترتیب فلزات سنگین در بدن یک پرنده کاهش یافته و به نسل بعد منتقل می گردد ولی عملا آن بخش از فلزات سنگین که در پوسته تخم ذخیره می شوند از زنجیره یا شبکه غذایی حذف می شوند.

Burger و همکاران (۱۹۹۳) با بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، جیوه، سلنیوم و کروم در محتویات و پوسته تخم گونه

کاکایی آرژانتینی (*Larus argentatus*) به این نتیجه دست یافتند که غلظت اکثر فلزات سنگین در محتویات تخم بالاتر از غلظت آن در پوسته تخم است. در حالی‌که غلظت کادمیوم و منگنز را در پوسته تخم بالاتر از محتویات تخم گزارش نمودند. (2003) Mora غلظت فلزات سنگین در محتویات و پوسته تخم گونه *Empidonax traillii extimus* را در آریزونا مورد بررسی قرار دادند. این محققین گزارش نمودند که غلظت سرب در پوسته تخم بالاتر از غلظت آن در محتویات تخم است و همبستگی مستقیم و معنی‌داری بین مقدار غلظت فلزات سنگین بین محتویات و پوسته تخم وجود دارد.







شکل ۳: همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در محتویات تخم و پوسته تخم (الف: جیوه ب: روی ج: مس)

به طور کلی نتایج نشان داد که غلظت فلزات سنگین در پر نسبت به تخم پرنده کاکایی صورتی از میزان بالاتری برخوردار است.

پرها از پروتئین‌های حاوی سولفور تشکیل شده اند که این موجب تجمع فلزات سنگین در آن ها می‌گردد. این در حالی است که پرنده بافت پر محل دفع فلزات نیز است (Burger et al., 2009). لذا بالاتر بودن غلظت فلزات در بافت مذکور نسبت به محتویات و پوسته تخم قابل توجیه است.

Burgger و همکاران (۱۹۹۳) غلظت جیوه و دیگر فلزات سنگین را در پر و تخم *Larus glaucescenc* سنجش نمودند و بالاترین غلظت فلزات سنگین را در بافت پر گزارش نمودند. همپنین Metcheva و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه روی غلظت فلزات سنگین در پر و تخم پرندگان در جزیره Livingston گزارش نمودند که بالاترین غلظت فلزات سنگین در بافت پر است. همچنین Burger (2008) با بررسی غلظت فلزات سنگین در پر و تخم مرغابی معمولی (*Somateria mollissima*) در Aleutians، نشان داد که غلظت فلزات کادمیوم و آرسنیک در تخم نسبت به بافت پر بالاتراست، در حالی که فلزات سرب، جیوه، منگنز و کروم در پر مقدار بالاتری را نشان دادند. حد مجاز جیوه اعلام شده بر حسب جیوه کل، توسط سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی برای موجودات زنده ۰/۵

میکروگرم بر گرم و برای استاندارد آژانس محافظت از محیط زیست ۰/۳ میکروگرم بر گرم وزن بدن است (Jewett and Duffy, 2007; WHO, 1972). این در حالی است که غلظت جیوه موجود در این پرنده نسبت به حد مجاز توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) بسیار بیشتر است.

Eisler و همکاران (۲۰۰۴) بیان نمودند چنانچه غلظت جیوه موجود در پر از ۵ µg/g بیشتر باشد می تواند در بسیاری از پرندگان آثار مخرب و شدیدی بر فرایندهای تولید مثلی، عصبی و رفتاری بر جای بگذارد. از آنجایی که فعالترین صنعت منطقه مورد مطالعه صنعت پتروشیمی است، لذا به نظر می‌رسد می‌تواند عاملی برای ورود جیوه به بوم¬سامانه دریا تلقی شود که این افزایش جیوه در بدن و به دنبال آن در تخم پرندگان منطقه، صدمات جبران‌ناپذیری به ذخایر این موجودات وارد می‌گردد. این موضوع توجه مسوولین و نظارت دقیق‌تر سازمان‌های ذی‌ربط را می‌طلبد.

۴. نتیجه‌گیری

به طور کلی به استثنای سرب غلظت کلیه فلزات سنگین در پر نسبت به محتویات و پوسته تخم بیشتر بود. این مسئله نشان می دهد که پر محل مناسبی برای دفع آلاینده‌ها در پرنده محسوب می‌شود. سرب نیز به علت تمایل زیاد به کلسیم در پوسته تخم از مقدار بیشتری برخوردار بود. اگرچه فلزات روی و مس از غلظت بیشتری برخوردار بودند، اما نگرانی بیشتر مربوط به فلز جیوه است. فلز جیوه برای موجودات، غیر ضروری محسوب شده و در غلظت های خیلی پایین نیز دارای اثرات سمی است. در این مطالعه غلظت جیوه در پر و تخم کاکایی صورتی بالاتر از حد استاندارد بود. پر و تخم پرندگان اندام مناسب تری برای پایش زیستی جیوه هستند. با توجه به فعالیت وسیع پتروشیمی در منطقه به نظر می‌رسد نظارت دقیق‌تری بر دفع پساب این صنعت لازم باشد.

منابع

هاشمی، ا.؛ صفاهیه، ع.؛ سالاری علی آبادی، م.ع.؛ غانمی، ک.، ۱۳۹۴. تجمع جیوه در کاکایی پا زرد *Larus cachinnans* در بندر ماهشهر و منطقه شادگان. مجله محیط شناسی، دوره ۴۱، شماره ۱، صفحات ۴۸-۳۹.

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

Bond, A.L.; Diamond, A.W., 2009. Mercury concentrations in seabird tissues from Machias Seal Island, New Brunswick, Canada. Science of the Total Environment, 407(14): 4340-4347.

Burger, J., 1993. Metals in avian feathers: bioindicators of environmental pollution. Environmental Contamination and Toxicology, 5: 203-311.

Burger, J.; Gochfeld, M., 2004. Marine birds as sentinels of environmental pollution. EcoHealth, 1(3): 263-274.

Burger, J.; Gochfeld, M.; Jeitner, C.; Burke, C.D.; Volz, R.; Snigaroff, D.; Snigaroff, T.; Shukla, S., 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.

Burger, J.; Gochfeld, M.; Jeitner, C.; Snigaroff, D.; Snigaroff, R.; Stamm,T.; Volz, C., 2008. Assessment of metals in down feathers of female common eiders and their eggs from the Aleutians: arsenic, cadmium, chromium, lead, manganese, mercury, and selenium. Environmental Monitoring and Assessment, 143: 247-256.

Deb, S.; Fukushima, T., 1999. Metals in aquatic ecosystems: mechanisms of uptake, accumulation and release ecotoxicological perspectives. International Journal of Environmental Studies, 56(3): 385-417.

Eisler, R., 2004. Mercury hazards from gold mining to humans, plants, and animals, in Reviews of environmental contamination and toxicology. Springer, 139-198PP.

excreta of Gentoo penguin (*Pygoscelis papua ellsworthii*) in the Antarctic. Environmental Monitoring and Assessment, 182(1-4): 571-585.

Mora, M.A., 2003. Heavy metals and metalloids in egg contents and eggshells of passerine birds from Arizona. Environmental Pollution, 125(3): 393-400.

Ramakrishnan, A., 2011. Toxic effects and bioaccumulation of cadmium, copper, lead and zinc in post larval stages of *Penaeus monodon*. International Journal of Development Research, 1(2): 001-005.

Shi, j.; Liang, L.; jiang, G.; jin, X., 2005. The speciation and bioavailability of mercury in sediment of Haihe River, China. Environment, 31: 357-365.

World Health Organization.1972. Evaluation of mercury, lead, cadmium and the food additives amaranth, diethylpyrocarbonate and octyl gallate.

Zamani-Ahmadmahmoodi, R.A.; Esmaili-Sari, M.; Savabieasfahani, S.; Ghasempouri, M.; Bahramifar, N., 2010. Mercury pollution in three species of waders from Shadegan wetlands at the head of the Persian Gulf. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 84: 326-330.

Goutner, V.; Furness, R.; Papakonstantinou, K., 2000. Mercury in feathers of audouin's gull (*Larus audouinii*) chicks from northeastern Mediterranean colonies. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 39(2): 200-204.

Jewett, SC.; Duffy, LK., 2007. Mercury in fishes of Alaska, with emphasis on subsistence species. Science of the Total Environment, 387: 3-27.

Hylander, L.D.; Goodsite, M.E., 2006. Environmental costs of mercury pollution. Science of the Total Environment, 368(1): 352-370.

Lounsbury-Billie, M.J.; Rand, G.M.; Cai,Y.; Bass Jr, O.L., 2008. Metal concentrations in osprey (*Pandion haliaetus*) populations in the Florida Bay estuary. Ecotoxicology, 17: 616-622.

Mazej, Z.; Al Sayegh-Petkovšek, S.; Pokorny, B., 2010. Heavy metal concentrations in food chain of lake Velenjsko jezero, Slovenia: an artificial lake from mining. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 58(4): 998-1007.

Metcheva, R.; Yurukova, L.; Teodorova, S.E., 2011. Biogenic and toxic elements in feathers, eggs, and