

## **The ratio of organic mercury to total mercury in some organs of great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) caught from Gomishan and Anzali International Wetlands**

Aazami J(B.Sc)<sup>1\*</sup>, Esmaili Sari A(Ph.D)<sup>1</sup>, Nader Bahramifar(Ph.D)<sup>2</sup>, Ghasempouri SM(M.Sc)<sup>1</sup>, Jafarinezhad M(M.Sc)<sup>3</sup>

1- Department of Environment, Tarbiat Modares University, Mazandaran, Iran

2- Department of Chemistry, Payame Noor University, Sari, Iran

3- Vice-presidency of Environment Organization of Gloestan, Gorgan, Iran

Received: 11 Jan 2011, Accepted: 15 March 2011

---

### **Abstract**

**Background:** Aquatic ecosystems pollution with heavy metals, especially mercury, has always been a major concern for aquatic organisms health. Hence this study not only described an innovative method for analyzing organic mercury compound, but also evaluated total and organic mercury concentrations in great cormorant and compared them with world health standards.

**Materials and Methods:** In this cross-sectional study, 18 great cormorants were randomly captured in March, 2009. Total and organic mercury of muscle, kidney, and liver tissues were analyzed by an advanced mercury analyzer made in the United States (Model; Leco, AMA 254), and statistical analysis was done by Mann-Whitney U, and Kolmogrove-Smirnov tests.

**Results:** Mean accumulated total mercury in liver, kidney, and muscle tissues were 5.67, 3.59, and 2.26 mg kg<sup>-1</sup> w.w., respectively and organic mercury formed 82, 79, and 58 % of the total mercury.

**Conclusion:** The levels of accumulated mercury in all tissues of great cormorant were more than the established limits by WHO, FAO, and EPA. These results can be a serious warning for consumers of these birds, especially vulnerable people.

**Keywords:** Caspian Sea, Great cormorant, Health status, Organic mercury, Total mercury

\*Corresponding author:

Address: Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran, Iran

Email: j.aazami@modares.ac.ir

## نسبت جیوه آلی به جیوه کل در برخی از اندام‌های باکلان بزرگ (*Phalacrocorax carbo*) صید شده از تالاب‌های بین‌المللی کمیشان و انزلی

جابر اعظمی<sup>۱\*</sup>، عباس اسماعیلی ساری<sup>۲</sup>، نادر بهرامی فر<sup>۳</sup>، سید محمود قاسمپوری<sup>۴</sup>، محسن جعفرنژاد<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی، گروه محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، ایران

۲- استادیار، دکترای محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، ایران

۳- استادیار، دکترای شیمی تجزیه، گروه شیمی، دانشگاه پیام نور ساری، مازندران، ایران

۴- مربی، دانشجوی دکترای تخصصی مهندسی منابع طبیعی، گروه محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، ایران

۵- کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی، معاون محیط طبیعی اداره کل محیط زیست استان گلستان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۲۵

### چکیده

**زمینه و هدف:** آلودگی اکوسیستم‌های آبی به فلزات سنگین، خصوصاً جیوه همواره نگرانی‌هایی را در مورد سلامت و بهداشت موجودات آبی پدید آورده است. لذا در این پژوهش ضمن توصیف یک روش جدید برای سنجش جیوه آلی، غلظت جیوه کل و جیوه آلی در باکلان بزرگ سنجیده و با استانداردهای بهداشت جهانی مقایسه شده است.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه مقطعی تعداد ۱۸ نمونه از باکلان بزرگ را در فصل زمستان (اسفند ماه) ۱۳۸۸ به صورت تصادفی صید، سپس از سه بافت کبد، کلیه و عضله، نمونه‌هایی تهیه و غلظت جیوه کل و آلی با دستگاه آنالیز جیوه ساخت امریکا (Leco AMA 254) اندازه‌گیری شد. جهت آنالیز آماری از آزمون‌های من ویتنی و کلموگروف اسمیرنوف استفاده گردید.

**یافته‌ها:** میانگین میزان جیوه کل در کبد، کلیه و عضله این پرند به ترتیب ۵/۶۷، ۳/۵۹ و ۲/۲۶ میلی‌گرم در هر کیلوگرم وزن تر ( $\text{mg kg}^{-1} \text{w.w}$ ) بود که به ترتیب ۸۲، ۷۹ و ۵۸ درصد را جیوه آلی تشکیل می‌داد.

**نتیجه‌گیری:** غلظت جیوه کل در باکلان بزرگ از استاندارد تعریف شده WHO، FAO و EPA بالاتر بود و این نتایج می‌تواند یک هشدار جدی برای مصرف کنندگان این پرند خصوصاً افراد آسیب‌پذیر باشند.

**واژگان کلیدی:** دریای خزر، باکلان بزرگ، وضعیت بهداشتی، جیوه آلی، جیوه کل

\*نویسنده مسئول: مازندران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، گروه محیط زیست

Email: j.aazami@modares.ac.ir

## مقدمه

در بین فلزات سنگین، جیوه فلزی منحصر به فرد است که در طبیعت به اشکال مختلف آلی و معدنی دیده می‌شود (۱، ۲). تجمع زیستی، فراوانی، پراکنش وسیع جهانی و خطرات بسیار سمی ناشی آن باعث شده است تا از بین فلزات سنگین، بیشترین توجه معطوف به جیوه باشد (۳). جیوه در محیط زیست در اشکال مختلف آلی و غیر آلی دیده می‌شود. ترکیبات آلی جیوه بسیار سمی‌تر از ترکیبات معدنی هستند و در میان ترکیبات آلی نیز، دی‌متیل جیوه  $(\text{Hg}(\text{CH}_3)_2)$  سمی‌ترین ترکیب محسوب می‌شود. از خصوصیات ترکیبات جیوه قابلیت متیلاسیون در محیط زیست است و این روند در اکوسیستم‌های آبی شدیدتر است. در واقع مهم‌ترین عامل متیلاسیون، باکتری‌ها و قارچ‌های موجود در آب و رسوبات است. متیل جیوه در ادامه متیلاسیون توسط باکتری‌ها به دی‌متیل جیوه که سمی‌ترین ترکیب جیوه است، تبدیل می‌شود. فرآیند متیلاسیون در آب‌های اسیدی و هم‌چنین آب‌های با اکسیژن کم به دلیل تراکم میکروارگانیسم‌ها، سریع‌تر انجام می‌شود (۴). تمایل بسیار زیاد متیل جیوه به گروه‌های سولفیدریل پروتئین باعث شده است، تا این فلز به سرعت در زنجیره غذایی انتقال یافته و در بافت‌های موجودات تجمع یابد (۵). عمده‌ترین عوارض ناشی از مسمومیت جیوه، بروز اختلالات عصبی و کلیوی است. هم‌چنین شواهدی مبنی بر سرطان‌زایی و جهش‌های ژنتیکی جیوه بر روی موجودات آزمایشگاهی اثبات شده است. جیوه عنصری فرار بوده و به راحتی از طریق ریه‌ها جذب می‌شود. در حالی که بیشترین جذب ترکیبات آلی جیوه از راه دستگاه گوارش صورت می‌گیرد. بیشترین دفع جیوه از طریق ادرار است. دفع جیوه غیر آلی سریع‌تر صورت می‌گیرد، در حالی که ترکیبات آلی جیوه می‌تواند مدت بسیار بیشتری در بدن باقی بماند (۴). مقدار بسیار زیادی از متیل جیوه از طریق معده جذب خون می‌گردد که سبب اختلال در دستگاه گردش خون از جمله اختلالات فشار خون می‌شود (۶). در صورتی که ۶۰-۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (ppm) متیل جیوه در یک دوره زمانی

بسیار کوتاه مصرف شود، می‌تواند سبب آسیب رساندن به کلیه‌ها، نابودی عروق و حتی منجر به مرگ شود (۷). با توجه به تجمع و پتانسیل بالای جیوه به ترکیبات آلی و پیامدهای منفی آن در اکوسیستم‌های آبی، بررسی میزان جیوه در موجودات زنده این اکوسیستم‌ها بسیار حائز اهمیت است. بافت‌های مختلف پرندگان آبی، ظرفیت تجمع زیستی متفاوتی برای تجمع اشکال آلی و غیر آلی جیوه دارند و از این لحاظ می‌توانند شاخص زیستی بسیار مناسبی برای بررسی میزان آلودگی جیوه در اکوسیستم‌های آبی باشند (۸). اکوسیستم‌های آبی نیز در ایران بسیار وسیع و دارای ارزش قابل توجهی هستند. هر چند که در سال‌های اخیر تخریب زیستگاه‌ها، شکار بی‌رویه، ورود بسیار زیادی از آلاینده‌های زیست محیطی و عوامل دیگر باعث کاهش مطلوبیت آنها برای جمعیت حیات وحش آبی و به خصوص پرندگان آبی شده است (۹). بهترین جاندارانی که برای مشخص کردن کیفیت محیط زیست، وضعیت زیستی اکوسیستم‌ها، گستردگی آلودگی‌ها و بقای انسان‌ها، به شمار می‌روند، پرندگان هستند. هم‌چنین در غالب مطالعات سم شناسی اکولوژیکی (Ecotoxicology) از پرندگان به دلیل پراکنش وسیع جغرافیایی، طول عمر نسبتاً طولانی و جایگاه مناسب آنان در زنجیره غذایی، به عنوان شاخص زیستی برای فلزات سنگین استفاده می‌کنند (۱۰). از جمله گونه‌های وابسته به اکوسیستم‌های آبی که با توجه به فراوانی آنها، پراکنش وسیع جغرافیایی، موقعیت ویژه ماهی خواری در بالای زنجیره غذایی، تقابل با اهداف آبی پروری و هم‌چنین مطلوبیت غذایی برای برخی از افراد در سال‌های اخیر، بسیار مورد توجه محققان قرار دارد؛ باکلان بزرگ (*Phalacrocorax carbo*) است. موقعیت ویژه صیادی باکلان‌ها در بالای چرخه اکوسیستم‌های آبی، آنها را به تغییرات زیست محیطی حساس کرده است. لذا این گونه، می‌تواند به عنوان شاخصی برای بررسی تغییرات در کیفیت اکوسیستم‌های آبی مورد استفاده قرار گیرد. باکلان‌ها در سراسر دنیا شامل اروپا، آفریقا، آسیا، اقیانوسیه و آمریکای شمالی، زندگی می‌کنند؛ بنابراین این گونه می‌تواند به عنوان

در ردیف غنی‌ترین تالاب‌های جهان رده بندی می‌شود. عوامل مختلفی از جمله فاضلاب‌های صنعتی، خانگی، کشاورزی، افزایش رسوب به خاطر افزایش فرسایش حوزه آبریز، تبدیل زمین‌های حاشیه تالاب به کشاورزی، استفاده از آب تالاب برای آبیاری، صید و شکار بیش از حد آبریزان و پرندگان بیش از همه حیات تالاب را به مخاطره انداخته است (۹).

تالاب گمیشان: مرکز این تالاب در  $53^{\circ} 54'$  طول شرقی و  $37^{\circ} 9'$  عرض شمالی در استان گلستان واقع شده و ۲۳ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد است. مساحت این تالاب در پنجاه سال اخیر به علت تغییرات اقلیمی و بالا آمدن سطح آب دریای خزر و هم‌چنین به خاطر خشک شدن نواحی حاشیه تالاب تغییرات چشم‌گیری داشته است. مساحت کنونی آن حدود ۲۰۰۰۰ هکتار است. بخش عمده تالاب را زیستگاه‌های غرقابی پرندگان کنار آبرزی شامل می‌شود و کاهش سطح فعلی تالاب بیشتر مربوط به این بخش می‌باشد. حداقل ۵۰۰۰ هکتار از سطح تالاب همواره به عنوان زیستگاه پرندگان آبرزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تبدیل علفزارهای اطراف تالاب به زمین‌های کشاورزی، چرای دام‌های اهلی، فعالیت‌های پرورش آبریزان، شکار و صید بی‌رویه از مهم‌ترین عوامل تهدید کننده این تالاب ارزشمند می‌باشند (۱۳).

برای جمع‌آوری نمونه‌ها از تالاب‌ها، در فصل زمستان با مجوز از سازمان حفاظت محیط زیست و هماهنگی شکارچیان بومی در روزهای مجاز تعداد ۱۸ عدد باکلان بزرگ شامل ۷ عدد نر و ۱۱ عدد ماده شکار شد. نمونه‌ها پس از شکار سریعاً به آزمایشگاه منتقل شدند و مراحل زیست‌سنجی، توزیع و تشریح روی آنها انجام گرفت. کبد، کلیه و عضله این پرندگان جدا شده و در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. تمام نکات اخلاقی در صید پرندگان با نظارت کامل معاونت محیط طبیعی اداره کل محیط زیست استان‌های گلستان و گیلان، رعایت گردید و پیش از نمونه‌برداری، جزئیات این پژوهش به تصویب کمیته تخصصی گروه محیط زیست، شورای

یک گونه شاخص پایش زیست محیطی جهانی برای آلاینده‌های سمی و از جمله جیوه باشد (۱۱). این پرنده در بسیاری از زیستگاه‌های شمالی ایران زادآوری می‌کند و به عنوان یک گونه بومی مهاجر محسوب می‌شود (۱۲). با توجه به مهاجر بودن تعدادی از این پرندگان، نمی‌توان میزان آلودگی آنها را فقط به منطقه مورد مطالعه نسبت داد. هدف این مطالعه بررسی نسبت جیوه آلی به جیوه کل در بافت‌های مختلف باکلان بزرگ می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه مقطعی دو تالاب انزلی و گمیشان در سواحل جنوبی دریای خزر انتخاب شدند، که هر دوی این تالاب‌ها در کنوانسیون رامسر به ثبت رسیده و دارای ارزش بین‌المللی هستند که هر سال در فصل زمستان پذیرای گونه‌های زیادی از پرندگان مهاجر وحشی می‌باشند (نقشه ۱).



نقشه ۱: مناطق مورد مطالعه پرندگان در دو زیستگاه شرقی و غربی دریای خزر

تالاب انزلی: مرکز این تالاب در  $28^{\circ} 49'$  طول شرقی و  $37^{\circ} 25'$  عرض شمالی در استان گیلان واقع شده است. حدود ۱۵۰۰۰ هکتار مساحت دارد و ۲۳ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد است. این تالاب دارای مجموعه مناطق حفاظت شده، پناهگاه حیات وحش و منطقه شکار ممنوع می‌باشد. از نظر تنوع و سطح پوشش گیاهان آبرزی با دارا بودن حدود ۴۰ گونه گیاه آبرزی حاشیه‌ای، شناور و غوطه‌ور

پژوهشی و کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس با شماره ۱۵۲/۷۶/۵۵۳ در تاریخ ۱۳۸۸/۰۷/۲۷ رسیده است.

برای تعیین میزان جیوه کل در نمونه‌ها، ۲ گرم از بافت تازه در فویل آلومنیومی قرار گرفته و وزن شد. سپس جهت خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه فریز درایر freeze-drier قرار داده شد. پس از خشک شدن نمونه‌ها مجدداً توزین و درصد رطوبت آنها محاسبه گردید و در نهایت پس از آسیاب کردن کامل، میزان ۰/۰۳ تا ۰/۰۵ از بافت خشک جهت اندازه‌گیری جیوه کل به دستگاه پیشرفته آنالیز جیوه (Advanced Mercury Analyzer, AMA 254) ساخت شرکت لکو آمریکا (Leco)، که به صورت اختصاصی برای تعیین غلظت جیوه در نمونه‌های مایع و جامدات طراحی شده است، داده شد. حد تشخیص این دستگاه ۵ میکروگرم بر کیلوگرم تا ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. ریکآوری داده‌ها بین ۹۶/۴ تا ۱۰۳/۶ درصد به دست آمد. برای دقت کافی، از هر نمونه سه تکرار صورت گرفت. برای اندازه‌گیری جیوه آلی، میزان ۰/۵ گرم از بافت تازه با ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک و ۰/۵ گرم سدیم برماید و ۱۰ میلی‌لیتر تولوئن در یک لوله شیشه‌ای درب دار قرار داده شدند و مخلوط حاصل با استفاده از دستگاه شیکر به مدت ۲۰ دقیقه تکان داده شد، تا بافت کاملاً هضم گردد. در مرحله بعدی به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۴۵۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ صورت گرفت و لایه بالایی که حاوی تولوئن (فاز آلی) است، برداشته شد. جیوه آلی موجود در بافت به صورت کامل به تولوئن منتقل می‌شود. اما لایه تولوئن جدا شده به دلیل فراریت زیاد و آسیب به بدنه داخلی، نمی‌تواند به دستگاه داده شود. لذا به منظور انتقال جیوه موجود به فاز آبی، فاز آلی با ۶ میلی‌لیتر از محلول ۱ درصد وزنی - حجمی سیستم مخلوط شد؛ که به جهت اطمینان از انتقال کامل جیوه آلی به فاز آبی این مرحله دو بار تکرار گردید. بعد از تکان دادن هر مرحله به مدت ۱۰ دقیقه، دوباره به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ کرده و فاز آبی (لایه پایینی) برداشته شد. سپس میزان ۲۰۰ میکرولیتر از فاز آبی فوراً به دستگاه

پیشرفته آنالیز جیوه که برای اندازه‌گیری جیوه کل نیز استفاده شده بود، داده شد. این عمل بلافاصله صورت گرفت، تا از جذب سطحی جیوه آلی موجود و از دست رفتن آن جلوگیری گردد (۱۷-۱۴). دقت این روش با استفاده از استاندارد متیل مرکوری کلراید تست گردید. برای این کار بافت کبد یکی از پرندگان را انتخاب کرده و پس از آسیاب و همگن کردن آن، ۵ بار به دستگاه مذکور داده شد تا میزان جیوه آلی آن محاسبه گردد. در مرحله بعدی به همین بافت مقدار مشخصی از استاندارد متیل مرکوری کلراید اضافه شد. سپس همانند نمونه قبل عمل شد. این عمل ۵ بار تکرار گردید، تا به صحت روش اطمینان شود و در نهایت دقت این روش بیش از ۹۷/۱۳ درصد به دست آمد. قابل ذکر است که، حد مجاز جیوه اعلام شده بر حسب جیوه کل، توسط سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی برای موجودات زنده ۵۰۰ میکروگرم در کیلوگرم یا ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و برای استاندارد آژانس محافظت از محیط زیست مقدار ۳۰۰ میکروگرم در کیلوگرمی یا ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن می‌باشد (۲۰-۱۸).

جهت انجام آنالیز آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ و آزمون های من- ویتنی و کولموگروف اسمیرنوف استفاده گردید.

### یافته ها

میزان تجمع و تحلیل آماری جیوه کل و آلی در این پرنده در جدول ۱ آمده است.

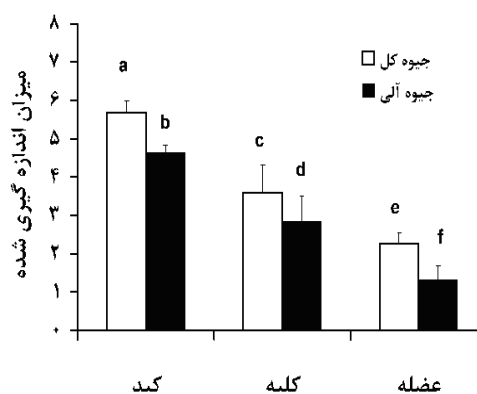
جدول ۱. میانگین میزان جیوه کل و آلی موجود در اندام‌های باکلان بزرگ، (میلی گرم بر کیلوگرم وزن بافت تازه)

نام بافت	نوع ترکیب	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین به تفکیک جنس ها	
				ماده	نر
کبد	جیوه کل	۵/۶۷	۳/۱۹	۵/۶۱	۵/۷۲
	جیوه آلی	۴/۶۴	۲/۶۵	۴/۶۹	۴/۵۹
کلیه	جیوه کل	۳/۵۹	۱/۰۲	۲/۵۱	۳/۶۶
	جیوه آلی	۲/۸۵	۰/۹۳	۲/۹۱	۲/۷۸
عضله	جیوه کل	۲/۲۶	۱/۶۵	۲/۳۱	۲/۲۱
	جیوه آلی	۱/۳۲	۰/۸۲	۱/۳۵	۱/۲۸

## بحث

جیوه از جمله عناصر بسیار سمی در محیط زیست است، که به شدت نوتروتوکسیک بوده و در اندام‌های داخلی موجودات زنده به ویژه کبد و کلیه تجمع پیدا می‌کند. تمایل بسیار زیاد متیل جیوه به گروه‌های سولفیدریل پروتئین باعث شده است، تا این فلز به سرعت در زنجیره غذایی انتقال یافته و در بافت‌های موجودات تجمع یابد (۳). امروزه اهمیت اندازه‌گیری و سنجش میزان عناصر سنگین در بافت‌های مختلف موجودات زنده به دو مبحث مدیریت اکوسیستم و سلامت غذایی انسان‌ها باز می‌گردد (۱۸). مطالعات زیادی نشان دادند که بافت کبد در مقایسه با بافت عضله به علت فعالیت بیشتر این اندام، میزان بیشتری جیوه را در خود جمع‌آوری می‌کند. در این مطالعه نیز میزان جیوه موجود در کبد بسیار بیشتر از سایر بافت‌هاست. میزان جیوه آلی نیز در کبد و کلیه از عضله بیشتر بود. در برخی از مطالعات تجمع کمتر جیوه آلی را در کبد نسبت به عضله نشان داده‌اند، که احتمالاً دلیل آن به فرآیند مداوم دمتیلاسیون (Dimethylation) در این بافت و تبدیل شدن دائمی شکل آلی جیوه (متیل جیوه) به شکل معدنی با هدف کاهش سمیت است (۱۹، ۲۰). از سوی دیگر کانن و همکاران بیان کردند که به دلیل وجود اسید آمینه سیستئین در پروتئین بافت‌های ماهیچه‌ای گاهی نسبت متیل جیوه به جیوه کل تا ۸۰ درصد در این بافت افزایش می‌یابد. هم‌چنین از آنجایی که فرآیند دمتیلاسیون نیز در عضله صورت می‌گیرد و انتظار می‌رود در بافت ماهیچه برخلاف بافت کبد، جیوه آلی بیشتری وجود داشته باشد؛ اما نتایج این پژوهش نشان دادند که جیوه آلی نیز به نسبت جیوه کل در بافت‌ها افزایش یافته است (۲۱). از جمله دلایل اصلی این موضوع کم تحرک بودن پرنده در فصل زمستان (فصل جمع‌آوری نمونه)، تغذیه از ماهی، وجود و نفوذ مستقیم ترکیبات آلی جیوه به واسطه فعالیت‌های انسانی در منطقه مورد مطالعه و تمایل به جذب بیشتر این ترکیبات و عملکرد موجود زنده در ارتباط با انتقال آن به کبد برای کاهش سمیت می‌باشد. هم‌چنین هر چه قدمت تالاب‌ها بیشتر باشد تعداد و فعالیت‌های

نتایج نشان داده‌اند که به ترتیب، میزان جیوه آلی موجود در کبد، کلیه و عضله ۸۲، ۷۹ و ۵۸ درصد از جیوه کل را تشکیل می‌دهند. آنالیزهای آماری نشان دادند که اختلاف معنی‌داری بین میزان جیوه کل و جیوه آلی در تمامی بافت‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد (نمودار ۱). میانگین جیوه کل و نسبت جیوه آلی به جیوه کل در کبد از سایر بافت‌ها بیشتر بود ( $p < 0/05$ ). هم‌چنین اختلاف معنی‌داری بین جنس‌های نر و ماده این گونه از نظر ترکیبات سمی جیوه وجود نداشت ( $p = 0/69$ ).



نمودار ۱. سنجش میزان جیوه کل و جیوه آلی در بافت‌های مختلف باکلان بزرگ (میلی‌گرم در هر کیلوگرم وزن بافت تازه)

میانگین وزنی جنس نر و ماده این پرندگان به ترتیب ۲۳۰۰ و ۲۱۵۰ گرم بود. آنالیزهای آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری را بین دو جنس از نظر تجمع میزان جیوه نشان ندادند ( $p < 0/05$ ). هم‌چنین در مقایسه مقادیر میانگین جیوه کل موجود در بافت‌ها با مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی، سازمان غذا و کشاورزی و آژانس محافظت از محیط زیست مقدار عددی  $p$  برای همه آنها کمتر از ۰/۰۱ حاصل شد و این بیان‌گر اختلاف معنی‌دار میانگین جیوه با حد مجاز اعلام شده است. در واقع، غلظت جیوه موجود در اندام‌های این پرنده خصوصاً در کبد این پرنده نسبت به حد مجاز توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی، سازمان غذا و کشاورزی و آژانس محافظت از محیط زیست بسیار بیشتر است.

حالت عادی است و در این مدت نیز پرریزی که مهم‌ترین راه دفع فلزات سنگین به خصوص جیوه برای پرندگان است، نداشتند. تجمع زیستی، بالابودن نیمه عمر و ماندگاری فلز جیوه در بدن از دلایل عمده افزایش مقادیر آن همگام با افزایش وزن بدن می‌باشد. البته در این مطالعه و در زمان صید، وزن پرندگان مورد اشاره اختلاف چندانی با یکدیگر نداشته اند و تنها بین جنسیت‌ها تفاوت وزنی اندکی وجود داشت. هم‌چنین این تفاوت وزنی در جنسیت‌ها تاثیری چندانی برتجمع جیوه در بافت‌های این پرنده نداشت و در کل اختلاف معنی‌داری در تجمع جیوه در جنسیت‌ها مشاهده نشد که مطالعات پیشین نیز این موضوع را اثبات می‌کند (۳، ۱۷).

### نتیجه گیری

مقایسه نتایج این مطالعه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، سازمان غذا و کشاورزی و آژانس حفاظت از محیط زیست نشان داد که میزان جیوه موجود در عضله این پرنده بیشتر از استانداردهای مذکور است. و میزان جیوه موجود در کبد این پرنده ۱۱ برابر حد استاندارد برآورد گردید. و این نسبت به ترتیب برای کلیه و عضله بیش از ۷ و ۴/۵ برابر حد مجاز بود. لذا این نتایج می‌تواند به عنوان یک هشدار جدی برای مصرف کنندگان این پرنده خصوصاً افراد آسیب‌پذیر باشد.

### تشکر و قدردانی

در پایان نگارندگان از همکاری صمیمانه آقایان یوسف مجیدی، علی کاظمی، جواد عمارلو و عباس خلیلی تشکر و قدردانی می‌نمایند. هم‌چنین یادآور می‌شویم؛ این مقاله پژوهشی حاصل پایان نامه دوره کارشناسی ارشد جابر اعظمی با عنوان "نسبت جیوه آلی به جیوه کل در تعدادی از مهم‌ترین پرندگان شمال ایران" می‌باشد که در آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس مازندران انجام گرفت.

میکروارگانسیم‌های بی‌هوازی موجود در رسوبات که تبدیل کننده جیوه معدنی به ترکیبات آلی هستند بیشتر است و در این دو منطقه نیز خصوصاً در تالاب انزلی این موضوع اهمیت خاص دارد (۲۲). یک دلیل دیگری که در کم بودن میزان جیوه آلی در عضلات این پرنده می‌تواند نقش به سزایی داشته باشد حضور میزان نسبتاً بالای از اکسیژن است و چون این پرنده در فصل زمستان تحرک کمی دارد اتفاق می‌افتد و مقادیر اکسیژن می‌تواند باعث اکسیداسیون مداوم ترکیبات آلی جیوه در بافت مذکور شود ولی سهم این اکسیداسیون در سایر بافت‌ها کمتر است (۲۳). این مطلب باید در مقیاس وسیع‌تر و در مورد گونه‌های مختلف پرندگان در فصل‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد. در تحقیقی که در آمریکا بر روی تعدادی از پرندگان ماهی‌خوار از راسته لک لک سانان در فلوریدای جنوبی صورت پذیرفت، نشان داده شده است، که غلظت جیوه در کبد برخی از پرندگان جمع‌آوری شده به حدی است که موجب ایجاد نشانه‌های عصبی آشکار و آسیب‌های تولید مثلی در آنها شده است و به این نتیجه رسیده‌اند که کاهش تعداد این پرندگان می‌تواند ناشی از آلودگی جیوه ذخایر غذایی آنها باشد (۲۱).

در بین اندام‌های داخلی پرندگان آلوده، بیشترین میزان جیوه در کبد و کلیه‌ها یافت می‌شود، چرا که در جانوران، کبد مهم‌ترین محل انجام فرآیندهای سم‌زدایی بوده و محل اصلی تغییر شکل زیستی ترکیبات سمی جیوه به خصوص متیل جیوه است که این ترکیبات زیان‌آور را به متابولیت‌هایی تبدیل می‌کند، که برای سم‌زدایی به طور مستقیم به صفر دفع می‌شوند. هم‌چنین نمک‌های جیوه از راه کلیه و کبد دفع می‌شوند، به طوری که مهم‌ترین مسیر دفع آنها، ادرار و مدفوع است (۲۴).

به نظر می‌رسد میزان نسبتاً بالای جیوه تجمع یافته در بافت‌های مختلف باکلان بزرگ در اسفند ماه ناشی از وزن و سن بالای نمونه‌ها باشد. در واقع نمونه‌های جمع‌آوری شده، روزهای پایانی مهاجرتشان را سپری می‌کردند و حداقل دو ماه در این مناطق با کمترین تحرک زیست می‌کردند. لذا میزان دفع جیوه از بدن آنها کمتر از

## منابع

1. Storelli MM, Giacomini-Stuffler R, Marcotrigiano GO. Total and methylmercury residues in cartilaginous fish from Mediterranean Sea. *Mar Pollut Bull.* 2002; 44(12): 1354-8.
2. Zalups RK. Molecular interactions with mercury in the kidney. *Pharmacol Rev.* 2000; 52(1):113-43.
3. Mazloomi S, Esmaili A, Ghasempoori SM, Omidi A. Mercury Distribution in Liver, Kidney, Muscle and Feathers of Caspian Sea Common Cormorant (*Phalacrocorax carbo*). *Research Journal of Environmental Sciences.* 2008; 2(6):433-7.
4. Esmaili-Sari A, Noori-Sari H, Esmaili-Sari A. [Mercury in the environment]. Rasht: Bazargan Publications; 2007.
5. Ochoa-acuña H, Sepúlveda MS, Gross TS. Mercury in feathers from Chilean birds: influence of location, feeding strategy, and taxonomic affiliation. *Mar Pollut Bull.* 2002;44(4):340-5.
6. Vupputuri S, Longnecker MP, Daniels JL, Guo X, Sandler DP. Blood mercury level and blood pressure among US women: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2000. *Environ Res.* 2005;97(2):195-200.
7. Canli M, Atli G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environ Pollut.* 2003;121(1):129-36.
8. Jaspers V, Dauwe T, Pinxten R, Bervoets L, Blust R, Eens M, et al. The importance of exogenous contamination on heavy metal levels in bird feathers. A field experiment with free-living great tits, *Parus major*. *J Environ Monit.* 2004;6(4):356-60.
9. Yazdan dad H. [A study on biological and ecological attributes of coot (*fulica atra*) in wetlands of northern Iran]. *Journal Of Agricultural Sciences And Natural Resources.* 2007;14(supplement (special issue natural resources): 134-44.
10. Spalding MG, Bjork RD, Powell GVN, Sundlof SF. Mercury and Cause of Death in Great White Herons. *The Journal of Wildlife Management.* 1994; 58(4):735-9.
11. Saeki K, Okabe Y, Kim E, Tanabe S, Fukuda M, Tatsukawa R. Mercury and cadmium in common cormorants (*Phalacrocorax carbo*). *Environ Pollut.* 2000; 108(2): 249-55.
12. Mansoori J. [A guide to the birds of Iran]. Tehran: Farzaneh book; 2008.
13. Mansoori J. The Avian Community of Five Iranian Wetlands, Miankaleh, Fereidoon-Kenar, Bujagh, Anzali and Lavandevil, in the South Caspian Lowlands. *Podoces.* 2009;4(1):44-59.
14. Maggi C, Berducci MT, Bianchi J, Giani M, Campanella L. Methylmercury determination in marine sediment and organisms by Direct Mercury Analyser. *Anal Chim Acta.* 2009; 641(1-2): 32-6.
15. Marrugo-Negrete J, Verbel JO, Ceballos EL, Benitez LN. Total mercury and methylmercury concentrations in fish from the Mojana region of Colombia. *Environ Geochem Health.* 2008;30(1):21-30.
16. Akagi H, Castillo ES, Cortes-Maramba N, Francisco-Rivera AT, Timbang TD. Health assessment for mercury exposure among schoolchildren residing near a gold processing and refining plant in Apokon, Tagum, Davao del Norte, Philippines. *Sci Total Environ.* 2000; 259(1-3):31-43.
17. Sakamoto M, Kaneoka T, Murata K, Nakai K, Satoh H, Akagi H. Correlations between mercury concentrations in umbilical cord tissue and other biomarkers of fetal exposure to methylmercury in the Japanese population. *Environ Res.* 2007;103(1):106-11.
18. Voegborlo RB, Akagi H. Determination of mercury in fish by cold vapour atomic absorption spectrometry using an automatic mercury analyzer. *Food Chemistry.* 2007; 100(2): 853-8.
19. Jewett SC, Duffy LK. Mercury in fishes of Alaska, with emphasis on subsistence species. *Sci Total Environ.* 2007;387(1-3):3-27.
20. World Health Organization. Evaluation of mercury, lead, cadmium and the food additives amaranth, diethylpyrocarbonate and octyl gallate. 1972.
21. Kannan K, Smith RG, Lee RF, Windom HL, Heitmuller PT, Macauley JM, et al.



Distribution of total mercury and methyl mercury in water, sediment, and fish from south Florida estuaries. Arch Environ Contam Toxicol. 1998; 34(2):109-18.

22. Régine MB, Gilles D, Yannick D, Alain B. Mercury distribution in fish organs and food regimes: Significant relationships from twelve species collected in French Guiana (Amazonian basin). Sci Total Environ. 2006;368(1):262-70.

23. Bebianno MJ, Santos C, Canário J, Gouveia N, Sena-Carvalho D, Vale C. Hg and metallothionein-like proteins in the black scabbardfish *Aphanopus carbo*. Food Chem Toxicol. 2007;45(8):1443-52.

24. Farkas A, Salánki J, Specziár A. Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site. Water Res. 2003; 37(5):959-64.