



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

بررسی فلزات روی، نیکل و وانادیوم در عضله ماهی های آلوذا (*Alosa caspia*) و سوف (*Sander lucioperca*) و ارزیابی ریسک غیر سرطان‌زایی ناشی از مصرف آن در جنوب شرقی دریای مازندران

سهراب صادقی باجگیران^۱، علیرضا پورخباز^{۲*}، مهدی حسن پور^۳، محمد حسین سینکا کریمی^۴

- ۱- کارشناس ارشد آلودگی های محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
- ۲- (نویسنده مسئول): دانشیار آلودگی های محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
- ۳- کارشناس ارشد آلودگی های محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، اداره کل حفاظت محیط زیست گلستان، ایران
- ۴- دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: طی سال‌های اخیر فعالیت های طبیعی و انسانی توانسته میزان زیادی آلاینده‌های فلزی را وارد اکوسیستم‌های آبی نماید. این آلاینده‌ها قادرند که در طول زنجیره غذایی بصورت تجمعی افزایش پیدا کنند. تحقیق حاضر به بررسی میزان فلزات نیکل، روی و وانادیوم در بافت عضله ماهی های آلوذا و سوف در جنوب شرقی دریای مازندران به دلیل اهمیت آن‌ها پرداخته است. روش بررسی: پس از زیست‌سنجی، نمونه‌های ماهی‌های آلوذا و سوف به روش هضم اسیدی‌تر آماده‌سازی شدند و میزان فلزات نیکل، روی و وانادیوم توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردیدند. یافته‌ها: نتایج آزمون‌های آماری نشان داد که میزان نیکل (۱/۱۸) و وانادیوم ($76/1 \mu\text{g/g}$ (wet weight)) در ماهی آلوذا به طور معنی‌داری بیش از ماهی سوف ($0/98 \mu\text{g/g}$ (wet weight)) و $0/13$ بوده است ($P < 0/05$). بررسی تفاوت آماری تجمع فلزات در ماهی سوف به صورت: روی < نیکل \approx وانادیوم و در ماهی آلوذا همچنین به صورت: روی < نیکل \approx وانادیوم بود. در سوبیین فلزات وانادیوم و نیکل و در آلوذا بین فلزات روی و وانادیوم همبستگی وجود داشت ($P < 0/05$). میزان فلز نیکل در بافت عضله هر دو گونه و نیز میزان فلز وانادیوم در بافت عضله آلوذا از میزان استاندارد WHO تجاوز کرد. بیشترین میزان THQ برای ماهی آلوذا مربوط به عنصر وانادیوم با میزان $0/059$ و کمترین مربوط به عنصر روی با میزان $0/017$ و همچنین برای ماهی سوف بیشترین میزان مربوط به عنصر روی با میزان $0/016$ و کمترین مربوط به عنصر وانادیوم با میزان $0/004$ است. میزان THQ برای فلزات نیکل، وانادیوم و روی در مطالعه حاضر و نیز THQ مجموع برای این فلزات کمتر از یک بدست آمد که نشان‌دهنده عدم وجود هرگونه خطر غذایی در اثر مصرف گونه‌های آلوذا و سوف با میزان مصرف کنونی (حدود 21 g/day) در اثر این فلزات است.

نتیجه‌گیری: ارزیابی خطر غذایی مصرف گونه‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده آن بوده است که مصرف این ماهی‌ها با میزان مصرف فعلی از نظر فلزات روی، نیکل و وانادیوم خطری برای مصرف‌کنندگان آن ندارد.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۱

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، ارزیابی خطر، ماهی‌های دریایی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

Apourkhabbaz@birjand.ac.ir

مقدمه

افزایش جمعیت، توسعه صنایع مختلف و گسترش روز افزون مزارع کشاورزی باعث ورود حجم بالایی از آلاینده‌های مختلف به محیط‌های آبی شده است. از میان آلاینده‌های وارد شده به اکوسیستم‌های آبی، فلزات سنگین به علت اثرات سمی و پتانسیل بالای تجمع زیستی در گونه‌های آبی، مورد توجه هستند. آلودگی اکوسیستم‌های آبی به انواع آلاینده‌ها را می‌توان با بررسی آب، رسوبات و موجودات آبی مورد بررسی قرار داد. تجمع فلزات سنگین در هر یک از این اجزا می‌تواند منجر به تغییرات اکولوژیکی جدی شود (۱). به دنبال ورود فلزات سنگین به محیط‌های آبی این احتمال وجود دارد که ماهی‌ها مقادیری از برخی فلزات سنگین را از طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب از محیط جذب کنند و در نتیجه این مواد یک پتانسیل خطر برای انسان و تهدیدی برای منابع طبیعی و محیط زیست به شمار می‌روند (۲). غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، عادات تغذیه‌ای، مدت زمان ماند ماهی در محیط آبی آلوده، نیازهای اکولوژیک، فصل صید و خواص فیزیکی و شیمیایی آب شامل شوری، قلیائیت، سختی و دما از جمله موارد موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی به شمار می‌روند (۳). نیکل بطور گسترده‌ای در محیط زیست پراکنده است و غلظت آن تابعی از سوخت‌های فسیلی، استخراج آن از معادن و پالایشگاه‌ها و سوختن مواد زائد است. مسمومیت‌های ناشی از نیکل به چهار دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از آلرژی، سرطان، اختلالات تنفسی و مسمومیت‌های ایاتروژنیک. وانادیوم معمولاً از منابع انسانی و طبیعی وارد محیط می‌شود و در مقادیر کم می‌تواند به عنوان مکمل غذایی استفاده گردد اما افزایش مصرف آن می‌تواند عوارضی مانند برونشیت، پنومونی، آنمی، التهاب و تورم چشم‌ها، التهاب ریه‌ها، آب مروارید، کاهش حافظه، اسهال، کاهش اشتها و در نهایت مرگ را برای مصرف‌کنندگان باعث شود. ماهی یکی از منابع مهم تامین روی بدن است و اهمیت بسیار بالایی در تغذیه انسان دارد و در مجموع در بیش از

۳۰۰ فعالیت آنزیمی و هورمونی شرکت دارد اما مصرف بیش از حد آن باعث اختلالات و اثرات حاد نامطلوب می‌شود (۴). دریای مازندران با دارا بودن زیستگاه‌های متنوع ساحلی، خلیج‌ها، تالاب‌ها، مصب‌ها و مناطق حفاظت شده، از تنوع زیستی بالایی برخوردار است. ورود آلاینده‌های صنعتی، کشاورزی و شهری طی سال‌های متمادی به دریای مازندران توسط پنج کشور حاشیه این دریا به شدت حیات آبریان و تنوع زیستی را به مخاطره انداخته است (۵). در این میان استخراج و حمل و نقل نفت توسط کشتی‌ها، بارگیری و حمل توسط کشتی‌ها جهت صادرات محصولات غیر نفتی و تردد لنج‌ها، قایق‌های صیادی و تفریحی سبب ورود آلاینده‌های نفتی و غیر نفتی در اسکله بندرهای حاشیه این دریا شده و نگرانی‌هایی را برای ساحل‌نشینان دریای مازندران موجب گردیده است. هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان فلزات روی، نیکل و وانادیوم در بافت عضله دو گونه ماهی خوراکی آلوزا (*Alosa caspia*) و سوف (*Sander lucioperca*)، مقایسه آن با استانداردهای بین‌المللی و در نهایت ارزیابی خطر غذایی ناشی از مصرف آن برای مصرف‌کنندگان بوده است. در مطالعه حاضر ماهی‌های سوف و آلوزا به دلیل مصرف و محبوبیت در بین ساکنین نواحی شمالی کشور و فلزات روی، نیکل و وانادیوم به دلیل اهمیت و پراکنش زیاد در منطقه مورد مطالعه، انتخاب شدند (۶).

مواد و روش‌ها

با مجوز رسمی از سازمان حفاظت محیط زیست و سازمان شیلات، تعداد ۱۰ قطعه ماهی سوف، ۱۰ قطعه ماهی آلوزا از سواحل جنوب شرقی دریای مازندران در زمستان سال ۱۳۹۲ صید و به آزمایشگاه منتقل شد، پس از کد گذاری و بیومتری نمونه‌ها، عضله ماهی‌های مورد مطالعه توسط تیغ اسکالپل عاری از آلودگی به دقت جدا و تا زمان شروع آنالیز در دمای 20°C درون کیسه‌های پلاستیکی عاری از آلودگی قرار داده شد. به منظور آماده سازی نمونه‌ها برای قرائت توسط دستگاه

فرمول (۱)

$$THQ = \frac{EF \times ED \times FIR \times C}{RfD \times WAB \times ATn} \times 10^{-3}$$

در این مدل THQ خارج قسمت خطر هدف، EF بسامد در معرض قرار گیری (۳۶۵ روز در سال)، ED میزان در معرض قرار گیری (۷۲ سال)، FIR نرخ خوردن غذا (برای ماهی حدود ۲۱ g/day در نظر گرفته شد)، C میزان فلزات سنگین در ماهی های مورد مطالعه (µg/g)، RfD دز رفرنس از راه دهان (mg/kg×day) (جدول ۱)، WAB میانگین وزن افراد بالغ (۷۰ Kg) و ATn زمان در معرض قرار گیری برای ترکیبات غیر سرطانزا (۳۶۵ روز در سال × تعداد سال های در معرض قرار گیری، حدود ۷۲ سال) است (۸). گزارش شده، که در معرض چند آلاینده قرار گرفتن ممکن است اثرات افزایشی و یا متقابل داشته باشد. در این مطالعه Total THQ هم بر اساس روش پیشنهادی Chein و همکاران (۲۰۰۲) محاسبه شده است (۸):

$$\text{Total THQ (TTHQ)} = \text{THQ (toxicant 1)} + \text{THQ (toxicant 2)} + \dots + \text{THQ (toxicant n)}$$

جدول ۱- دز رفرنس مجاز از راه دهان (۹)

| فلز | Ni | V | Zn |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| RfDo (mg/kg×day) | 2×10^{-2} | 9×10^{-3} | 3×10^{-1} |

تخمین جذب روزانه و هفتگی:

میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات در اثر مصرف ماهی های مورد مطالعه، مطابق فرمول های ۲ و ۳ بدست آمد.

$$EDI = \frac{(C \times FIR_D)}{BW} \quad \text{فرمول (۲)}$$

$$EWI = \frac{C \times FIR_W}{BW} \quad \text{فرمول (۳)}$$

در این فرمول، EDI (Estimated Daily Intake) میزان جذب روزانه فلزات توسط بدن، EWI (Estimated Weekly Intake)

جذب اتمی، ابتدا ۳ g از بافت عضله ماهی ها به دقت وزن شد و در ارلن مایر ۵۰ mL قرار داده شد. سپس ۴/۵ mL اسید نیتریک ۶۵٪ به نمونه های عضله اضافه گردید. نمونه ها در طول شب در آزمایشگاه قرار گرفتند. روز بعد ۱/۵ mL اسید پرکلریک ۷۲٪ به نمونه ها اضافه گردید. سپس نمونه ها بر روی حمام شش در دمای ۱۵۰ °C به مدت ۶ h قرار داده شدند تا کاملاً هضم شوند. در پایان با استفاده از آب دیونیزه نمونه ها به حجم ۲۵ mL رسانده شده و توسط کاغذ صافی واتمن (۴۵µm / ۰) فیلتر شدند (۷). اندازه گیری غلظت فلزات مورد مطالعه با استفاده از دستگاه جذب اتمی Scientific Equipment GBS انجام شد. صحت آنالیز هر فلز به وسیله محلول استاندارد (R M N °6, mussel tissue flour, NIES, Japan) مورد بررسی قرار گرفت. میزان بازیابی بین ۹۵ الی ۱۰۲٪ بدست آمد. حد تشخیص دستگاه برای قرائت فلز نیکل ۰/۰۹ ppm، برای قرائت فلز وانادیوم ۰/۰۱ ppm و برای فلز روی ۰/۰۰۵ ppm بود.

آنالیز آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت پذیرفت. نرمال بودن داده ها توسط آزمون شاپیرو-وایک مورد بررسی قرار گرفت. داده ها توزیع نرمال داشتند. بررسی اختلاف تجمع فلزات بین بافت عضله گونه های مختلف با یکدیگر و همچنین بررسی اختلاف تجمع فلزات در هر یک از گونه ها با یکدیگر با استفاده از آزمون تی تست صورت گرفت. بررسی همبستگی فلزات با یکدیگر در هر یک از گونه ها با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون انجام پذیرفت. THQ (Target Hazard Quotients):

در واقع نسبتی است میان میزان در معرض قرار گیری فلزات و دز رفرنس آنها که برای بیان اثرات غیر سمی به کار می رود. اگر این میزان کمتر از عدد یک باشد نشان دهنده این مطلب است که هیچ گونه خطر قابل مشاهده ای وجود ندارد. اما اگر این نسبت برابر و یا بزرگ تر از عدد یک باشد خطراتی را برای سلامتی مصرف کنندگان به دنبال دارد (۸). مدل بکار رفته به شرح فرمول ۱ است.

که در آن CR_{mm} نرخ مجاز مصرف ماهی (وعده در ماه)؛ CR_{lim} حد مجاز مصرف ماهی ($kg \times day$)؛ MS مقدار هر وعده ($0/227 Kg$) و Tap متوسط دوره زمانی ($30/44$ روز در ماه) است (۱۱).

یافته‌ها

میانگین غلظت بدست آمده فلزات روی، نیکل و وانادیوم در بافت عضله ماهی‌های سوف و آلوزا بر حسب $\mu g/g$ وزن تر، در جدول ۲ آمده است. همچنین در این جدول غلظت بدست آمده از مطالعه حاضر با استانداردهای بین المللی مقایسه شده است. نتایج حاصل از آزمون‌های آماری حاکی از آن بوده است که میزان روی بین دو گونه سوف و آلوزا اختلاف معنی‌داری نداشته است ($P > 0/05$)، در حالی‌که میزان نیکل و وانادیوم در ماهی آلوزا به طور معنی‌داری بیش از ماهی سوف بوده است ($P < 0/05$). بررسی تفاوت آماری تجمع فلزات در ماهی سوف به صورت: روی $<$ نیکل \approx وانادیوم و در ماهی آلوزا همچنین به صورت: روی $<$ نیکل \approx وانادیوم بود. در سوف بین فلزات وانادیوم و نیکل و در آلوزا بین فلزات روی و وانادیوم همبستگی وجود داشت ($P < 0/05$).

میزان جذب هفتگی، C میزان غلظت تعیین شده فلزات در مواد غذایی مصرفی، FIR_D (Food Ingestion Rate) میزان مصرف غذا برحسب گرم در روز (برای ماهی حدود $21 g$ در نظر گرفته شد)، FIR_W میزان مصرف غذا برحسب گرم در هفته (میزان مصرف روزانه در عدد ۷ ضرب شد)، BW وزن بدن ($70 kg$) است (۸).

حد مجاز مصرف ماهی مطابق فرمول‌های ۴ و ۵، و براساس روش آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا تعیین شده است.

$$FR_{lim} = \frac{Rfd \times BW}{C_m} \quad (4)$$

که در این رابطه CR_{lim} حد مجاز مصرف ماهی ($kg \times day$)؛ Rfd دز مرجع ($\mu g/g \times day$)؛ BW وزن بدن مصرف کننده (kg) که معمولاً برای بزرگسالان $70 kg$ و برای کودکان $14/5 kg$ در نظر گرفته می‌شود (۱۰) و C_m غلظت ماده شیمیایی در بافت ماهی ($\mu g/g$) است. با استفاده از این رابطه، حد مجاز مصرف برحسب $kg \times day$ محاسبه شده است. جهت محاسبه تعداد وعده‌های مجاز مصرف ماهی در هر ماه از فرمول ۵ استفاده شد:

$$CR_{mm} = \frac{CR_{lim} \times Tap}{MS} \quad (5)$$

جدول ۲- مقایسه غلظت فلزات نیکل، وانادیوم و روی در عضله ماهی‌های سوف و آلوزا با استانداردهای جهانی ($\mu g/g$) وزن تر (۱۴-۱۲)

| نوع ماهی | عناصر | میانگین | حداکثر | حداقل | WHO | FAO | MAFF |
|----------|------------|---------|--------|-------|------|-----|------|
| آلوزا | نیکل Ni | ۱/۱۸ | ۱/۴ | ۰/۹۹ | ۰/۳۸ | - | - |
| | وانادیوم V | ۱/۷۶ | ۱/۹۵ | ۱/۵۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | - |
| سوف | روی Zn | ۱۷/۱۱ | ۲۱/۳ | ۱۱/۱۴ | ۱۵۰ | ۴۰ | ۵۰ |
| | نیکل Ni | ۰/۹۲۸ | ۱/۰۷ | ۰/۷۷ | ۰/۳۸ | - | - |
| سوف | وانادیوم V | ۰/۱۳ | ۰/۱۶ | ۰/۱۰ | ۰/۵ | ۰/۵ | - |
| | روی Zn | ۱۶/۵۹ | ۲۳/۰۸ | ۱۱/۳ | ۱۵۰ | ۴۰ | ۵۰ |

در جدول ۳، THQ برای جذب فلزات روی، وانادیوم و نیکل در مصرف کنندگان ماهی‌های آلوزا و سوف آورده شده است.

جدول ۳- تخمین THQ و TTHQ در اثر مصرف آلوذا و سوف در سواحل جنوبی دریای مازندران

| TTHQ | THQ | | | نوع ماهی | رده سنی |
|-------|-------|-------|-------|----------|-----------|
| | Zn | V | Ni | | |
| ۰/۰۹۴ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۵۹ | ۰/۰۱۸ | آلوذا | بزرگسالان |
| ۰/۰۳۵ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۱۴ | سوف | |
| ۰/۴۵ | ۰/۰۸۲ | ۰/۲۸۳ | ۰/۰۸۵ | آلوذا | کودکان |
| ۰/۱۶۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۲ | ۰/۰۶۷ | سوف | |

جدول ۴- تخمین جذب روزانه و هفتگی فلزات توسط افراد مصرف‌کننده در سواحل جنوب شرقی دریای مازندران

| EWI ^f (EDI) ^g | EWI ^d (EDI) ^e | PTDI ^c | PTWI ^b | PTWI ^a | فلز |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|
| ۱/۹۴ (۰/۲۷) | ۲/۴۸ (۰/۳۵) | ۳۵۰ | ۲۴۵۰ | ۳۵ | Ni |
| ۰/۲۷ (۰/۰۳) | ۳/۷ (۰/۵۲) | - | - | - | V |
| ۲۴/۸۳ (۴/۹۷) | ۳۵/۹۲ (۵/۱۳) | ۷۰۰۰۰ | ۴۹۰۰۰۰ | ۷۰۰۰ | Zn |

a= میزان جذب مجاز قابل تحمل موقت هفتگی (PTWI) بر حسب میکروگرم در هفته به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن.
 b= PTWI برای افراد بالغ با وزن متوسط ۷۰kg، برحسب میکروگرم در هفته برای یک فرد ۷۰ کیلوگرمی
 c= میزان جذب مجاز قابل تحمل روزانه موقت (PTDI)، برحسب میکروگرم در روز برای یک فرد ۷۰ کیلوگرمی
 d= تخمین جذب هفتگی بر حسب میکروگرم در هفته برای فرد ۷۰ کیلوگرمی (آلوذا)
 e= تخمین جذب روزانه بر حسب میکروگرم در روز برای فرد ۷۰ کیلوگرمی (آلوذا)
 f= تخمین جذب هفتگی بر حسب میکروگرم در هفته برای فرد ۷۰ کیلوگرمی (سوف)
 g= تخمین جذب روزانه بر حسب میکروگرم در روز برای فرد ۷۰ کیلوگرمی (سوف)
 - میزان مصرف روزانه ماهی در کشور به طور متوسط میزان ۲۱ g به ازای هر فرد است.

حد مجاز مصرف بافت عضله ماهی‌های آلوذا و سوف برای افراد بزرگسال و کودکان و نرخ مجاز مصرف ماهی در ماه در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- میزان حد مجاز و نرخ مجاز مصرف ماهی برای بزرگسالان و کودکان

| نوع ماهی | فلزات | CR _{lim} (kg×day) | | CR _{mm} (وعده در ماه) | |
|----------|------------|----------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|
| | | کودکان | بزرگسالان | کودکان | بزرگسالان |
| آلوذا | Ni نیکل | ۱ | ۱۳۴/۰۹ | ۰/۲۵ | ۳۳/۵ |
| | V وانادیوم | ۱ | ۱۳۴ | ۰/۲ | ۲۶/۵ |
| | Zn روی | ۰/۳۵ | ۴۶/۵ | ۰/۰۵ | ۶/۵ |
| سوف | Ni نیکل | ۱ | ۱۳۴ | ۰/۲۵ | ۳۳/۵ |
| | V وانادیوم | ۱/۵ | ۲۰۱ | ۰/۳ | ۴۰ |
| | Zn روی | ۴/۵ | ۶۰۳ | ۰/۵ | ۶۷ |

بحث

هنگامی که ماهی‌ها در محیط آبی در معرض فلزات قرار می‌گیرند می‌توانند فلزات را به طور مستقیم از طریق آبشش، پوست و یا از طریق مصرف آب آلوده و مواد غذایی از محیط جذب کنند (۸). فلزات سنگین پس از ورود به محیط‌های آبی در بافت و اندام‌های آبزیان تجمع یافته و وارد زنجیره غذایی می‌شوند. میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در آبزیان و خصوصاً ماهیان تابعی از شرایط اکولوژیکی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک آب، نوع فلز، نوع ماهی و فیزیولوژی بدن جاندار است. تجمع فلزات سنگین تأثیرات منفی مختلفی بر آبزیان مانند کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و نیز مرگ و میر و همچنین به دلیل سمیت بالایی که دارد باعث نگرانی در مصرف‌کنندگان محصولات دریایی می‌شود (۲).

آلیاژهای حاوی نیکل به منظور مقاومت در برابر حرارت‌های بسیار بالا مصرف می‌شوند. نیکل از جمله فلزاتی است که مصارف آن در تمام سطوح رو به زیاد شدن است. این عنصر در طبیعت به صورت سنگ‌های معدنی سولفور و سیلیکات‌ها و همینطور سنگ‌های آرسنیک نیکل دیده می‌شود (۱۵). جذب نیکل که معمولاً تنها از طریق غذا صورت می‌گیرد، ممکن است موجب بروز واکنش‌های منفی در افرادی شود که دارای حساسیت شدید نسبت به نیکل هستند. ایجاد التهابات آلرژیک مانند آسم یا تنگی نفس، ورم ملتحمه از جمله عوارض مصرف نیکل به شمار می‌آیند (۱۶). میزان نیکل ($\mu\text{g/g}$) مشاهده شده در ماهی‌های آلوذا ($1/18 \pm 0/16$) و سوف ($0/93 \pm 0/09$) در مطالعه حاضر بالاتر از میزان توصیه شده مجاز توسط سازمان بهداشت جهانی ($0/38$) (۱۷) و قانون حفاظت از مواد غذایی و محیط زیست ($0/6$) است (۱۸). اما با این حال این میزان پایین‌تر از میزان توصیه شده توسط مقررات غذا و داروی استرالیا ($5/5 \mu\text{g/g}$) بوده است (۱۹). پژوهش‌های دیگری در سواحل جنوبی دریای مازندران نیز میزان نیکل را مورد مطالعه قرار دادند. Karimi و همکاران (۲۰۱۴) میزان نیکل ($\mu\text{g/g}$) را در بافت عضله ماهی‌های آلوذا ($1/30 \pm 0/17$) و کیلکای

معمولی ($0/37 \pm 0/17$) در سواحل جنوبی دریای مازندران، واقع در بابلسر مورد بررسی قرار دادند، نتایج حاصله حاکی از آن بوده است که میزان نیکل در بافت عضله آلوذا در مطالعه آن‌ها مانند مطالعه حاضر بالاتر از میزان توصیه شده سازمان بهداشت جهانی بوده است (۱۵). مطالعات دیگری Fazeli و همکاران در سال ۲۰۰۵، Alipour و همکاران در سال ۲۰۱۳ نیز به بررسی میزان نیکل ($\mu\text{g/g}$) در بافت عضله ماهی‌های کفال طلایی ($2/49 \pm 0/02$)، کلمه ($0/21 \pm 0/1$) و گاو ماهی ($0/45 \pm 0/19$) در سواحل جنوبی دریای مازندران پرداخته‌اند (۲۰، ۲۱).

به‌طور کلی قرار گرفتن طولانی در معرض وانادیوم می‌تواند سبب تأثیرات مضر بر سلامتی شود که از جمله تأثیرات بارز آن می‌توان به التهاب شش‌ها، سرفه مزمن، آبریزش بینی، درد قفسه سینه و آسیب رسانی بر کلیه‌ها اشاره نمود. اگرچه کمبود وانادیوم نیز اثراتی دیگر بر انسان دارد، با این وجود EPA، سازمان رسیدگی به سلامتی انسان‌ها و آژانس بین‌المللی تحقیقات بر روی سرطان، هیچکدام وانادیوم را عامل سرطان‌زایی معرفی نکرده و هیچ دوز بالایی را برای آن اعلام نکرده است (۲۲). میزان وانادیوم ($\mu\text{g/g}$) مشاهده شده در بافت عضله ماهی آلوذا مطالعه حاضر ($1/76 \pm 0/13$) بالاتر از میزان مجاز توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (جدول ۳)، استاندارد کشور کانادا ($0/5$) و نیز استاندارد کشور ایتالیا ($0/7$) در بافت خوراکی ماهی بوده است (۱۰)، اما میزان وانادیوم در بافت عضله ماهی سوف در مطالعه حاضر ($0/13 \pm 0/02$) پایین‌تر از میزان مجاز توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی و استانداردهای کشورهای کانادا و ایتالیا است. به نظر می‌رسد فعالیت‌های استخراج و انتقال نفت علت اصلی بالا بودن میزان نیکل و وانادیوم در بافت عضله آلوذا است. البته تخلیه فاضلاب‌های مختلف صنعتی و فعالیت فایق‌ها و کشتی‌ها هم می‌تواند عامل دیگری در بالا بودن میزان نیکل و وانادیوم باشد. ماهی آلوذا به علت قرار داشتن در بالای هرم غذایی و گوشت‌خوار بودن در معرض میزان بالایی از این

(جدول ۲). میزان روی بدست آمده در مطالعه حاضر پایین تر از میزان‌های بدست آمده در مطالعات Pourang و همکاران در سال ۲۰۱۱ (۲۴) بوده است. جدول ۵ به مقایسه میزان و انادیوم، نیکل و روی بدست آمده در مطالعه حاضر با تعدادی از مطالعات دیگر می‌پردازد.

فلزات قرار گرفته است. در مطالعه حاضر میزان فلز روی ($\mu\text{g/g}$) در بافت عضله ماهی‌های آلوزا ($17/11 \pm 2/86$) و سوف ($16/59 \pm 3/35$) از میزان‌های مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (۱۵۰)، سازمان خوار و بار کشاورزی (۴۰) و وزارت کشاورزی، جنگلداری و شیلات انگلستان (۴۰) کمتر بود.

جدول ۶- مقایسه غلظت فلزات با تحقیقات دیگر بر روی ماهی‌های دیگر ($\mu\text{g/g}$)

| منبع | Ni | V | Zn | منطقه | گونه مورد مطالعه |
|-------------|------|------|-------|-------------------------|-----------------------|
| (۹) | ۰/۰۶ | ۰/۱۳ | ۷/۴۹ | جنوب دریای مازندران | تاسماهی ایران |
| (۴) | ۰/۱۶ | ۰/۱۸ | ۱۷/۹۲ | جنوب دریای مازندران | فیل ماهی |
| (۴) | ۰/۱ | ۰/۲۷ | ۱۶/۸۲ | جنوب دریای مازندران | ازون برون |
| (۱۰) | ۴/۶ | ۲۰/۴ | - | خلیج فارس، کویت | <i>Sillago sihama</i> |
| مطالعه حاضر | ۱/۱۸ | ۱/۷۶ | ۱۷/۱۰ | جنوب شرق دریای مازندران | آلوزا |
| مطالعه حاضر | ۰/۹۲ | ۰/۱۳ | ۱۶/۵۸ | جنوب شرق دریای مازندران | سوف |

دریای مازندران پرداختند (۷). نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از آن بوده است که هیچگونه خطری در اثر مصرف ماهی سفید مصرف‌کنندگان آن‌ها را از نظر فلزات مورد مطالعه تهدید نمی‌کند (۷). نتایج بررسی Karimi و همکاران (۲۰۱۴) در سواحل جنوبی دریای مازندران حاکی از آن بوده است که هیچگونه خطری مصرف‌کنندگان ماهی‌های آلوزا و کیلکای معمولی (*Clupeonella cultiventris caspia*) را از نظر فلزات کروم، نیکل، روی و مس تهدید نمی‌کند (۱۵). نتایج بررسی Alipour و همکاران (۲۰۱۴) نیز حاکی از عدم وجود خطر برای مصرف‌کنندگان ماهی کلمه (*Rutilus rutilus*) از نظر فلزات کادمیوم، کروم، نیکل، آهن، آرسنیک، مس، روی و سرب در تالاب بین‌المللی میانکاله بوده است (۲۵). اگرچه THQ به منظور ارزیابی خطر مصرف مواد غذایی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما چندین نقص آشکار دارد: (۱) تنها به بررسی اثرات آلاینده‌هایی می‌پردازد که تعیین

خطر ناشی از فلزات سنگین در اثر مصرف محصولات دریایی اغلب بوسیله THQ محاسبه می‌شود (۱۵). THQ در واقع بر اساس تقسیم شدن میزان فلزات در ماده غذایی بر میزان مرجع (RFD) آن فلزات است. اگر میزان THQ کمتر از یک باشد نشان‌دهنده عدم وجود خطر غذایی و بالعکس اگر بیش از یک باشد نشان‌دهنده وجود خطر در اثر مصرف ماده غذایی هستند. میزان THQ برای فلزات نیکل، و انادیوم و روی در مطالعه حاضر و نیز THQ مجموع برای این فلزات کمتر از یک بدست آمد که نشان‌دهنده عدم وجود هرگونه خطر غذایی در اثر مصرف گونه‌های آلوزا و سوف با میزان مصرف کنونی (حدود ۲۱ g/L) در اثر این فلزات است. مطالعات دیگری نیز به بررسی خطر غذایی (THQ) محصولات دریایی در دریای مازندران پرداخته‌اند. Hasanpour و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی خطر غذایی فلزات سرب، کادمیوم، روی و مس در ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) در سواحل جنوبی

اما میزان نیکل پایین تر از میزان توصیه شده توسط WHO بوده است. میزان نرخ مجاز مصرف روزانه (CR_{lim}) در واقع حداکثر میزان مصرف مجاز روزانه را بدون انتظار داشتن اثرات مضر غیر سرطانزا در طول عمر فرد، یعنی اینکه فرد می تواند همیشه در طول عمر این میزان را مصرف کند بدون آنکه انتظار ایجاد اثرات مضر غیرسرطانی داشته باشد. با توجه به اینکه در ماهی های آلوذا و سوف مورد مطالعه میزان فلزات نیکل، وانادیوم و روی وجود داشته است، بنابراین ضروری بوده است که تعیین شود مصرف کنندگان به چه میزان از این گونه ها مصرف نمایند بدون اینکه برای آن ها اثرات مضر به وجود بیاید.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان بررسی فلزات روی، نیکل و وانادیوم در عضله ماهی های آلوذا و سوف و ارزیابی خطر غذایی ناشی از مصرف آن در جنوب شرقی دریای مازندران در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۴ و کد ۱۱۵۰۱۲۹ است که با حمایت دانشگاه بیرجند اجرا شده است. نویسندگان این مقاله مراتب تقدیر خود را از اداره کل حفاظت محیط زیست و شبیلات استان مازندران و تمامی عزیزانی که به نوعی وقت و تخصص خود را در اختیار قرار دادند، اعلام می نمایند.

منابع

- Lamanso R, Cheung Y, Chan K. Metal concentration in the tissues of rabbitfish collected from Tolo Harbour in Hong kong. *Marine Pollution Bulletin*. 1991;39:123-34.
- Allen-Gil SM, Gubala CP, Landers DH, Lasorsa BK, Crecelius EA, Curtis LR. Heavy metal accumulation in sediment and freshwater fish in US Arctic lakes. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 1997;16(4):733-41.
- Canli M, Atli G. The relationships between heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *International Journal of Environment and Pollution*. 2003;121:129-36.
- Mashroofeh A, Reyahei Bakhtiari A, Pourkazemi M. Evaluation of cadmium, vanadium, nickel and zinc concentrations in different tissues of Beluga and Stellate Sturgeon and risk assessment regarding consuming their muscle tissue in south Caspian Sea. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2012;22(96):89-96 (in Persian).
- Hashemi SJ, Reyahi Bakhtiari A, Lak R. Concentration of dispersal of different metals in the Caspian Sea coastal surface sediments along the three transects of Kapurchal, Bandar-Anzali, and Kiashahr. *Journal of Water & Wastewater*. 2015;25(6):47-56 (in Persian).

شده اند و مورد هدف هستند در صورتی که به بررسی سایر آلاینده هایی که در ماده غذایی وجود دارند اما تعیین نشده اند نمی پردازد؛ (۲) اثرات متقابل (همبستگی و کاهندگی) آلاینده ها با یکدیگر در THQ در نظر گرفته نمی شود، برای مثال سلنیوم موجب کاهش اثرات سمی جیوه می شود، در حالی که این موارد در THQ مورد توجه قرار نمی گیرد؛ (۳) سمیت فلزات به طور عمده به دسترسی پذیری زیستی آن ها بستگی دارد، برای مثال اعتقاد بر این است که آرسنیک یکی از سمی ترین عناصر است. اما آرسنیک به شکل غیر سمی آرسنوبتائین در ماهی ها وجود دارد و نباید خطر آرسنوبتائین را با آرسنیک یکسان در نظر گرفت. بنابراین نحوه کنونی ارزیابی ریسک غذایی برای فلزات بایستی بهبود پیدا کند.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی میزان THQ برای کودکان و بزرگسالان نشان می دهد مصرف ماهی های آلوذا و سوف برای مصرف کنندگان خطری را در بر ندارد. میزان های جذب روزانه و هفتگی فلز روی در اثر مصرف ماهی های آلوذا و سوف کمتر از میزان استاندارد توصیه شده توسط کمیته مشترک FAO/WHO بوده است کمیته مشترک FAO/WHO میزان های مجاز جذب روزانه و هفتگی را برای فلزات نیکل و وانادیوم تعیین نکرده،

6. Sharifi M. The pattern of Caspian Sea water penetration into Anzali Wetland: Introduction of a salt wage. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 2006;1:77-81.
7. Hassanpour M, Rajaei G, Sinka Karimi MH, Ferdosian F, Maghsoudloorad R. Determination of heavy metals (Pb, Cd, Zn and Cu) in Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) from Miankaleh International Wetland and human health risk. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2014;24(113):176-83 (in Persian).
8. Chien LC, Hung TC, Choang KY, Yeh CY, Meng PJ, Shieh MJ, et al. Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan. *Science of the Total Environment*. 2002;285:177-85.
9. Mashroofeh A, Riyaei Bakhtiari A, Pourkazemi M. Concentrations of Cd, Ni, V and Zn in muscle and caviar of Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*) with emphasis on risk assessment due to consumption of muscle. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2013;6(3):408-17 (in Persian).
10. Tatina M Oryan SH, Gharibkhani M. Surveying the amount of heavy metals (Ni, Pb, Cd & V) accumulation derived from oil pollution on the muscle tissue of *Pelates quadrilineatus* from the Persian Gulf. *Journal of Marine Biology*. 2009;3(1):28-39.
11. Hallenbeck WH. *Quantitative Risk Assessment for Environmental and Occupational Health*. Chelsea: Lewis; 1993.
12. Darmono D, Denton G. Heavy metal concentrations in the banana prawn, *Penaeus merguensis*, and leader prawn, *P. monodon*, in the townsv region of Australia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 1990;44(3):479-86.
13. Mormede S, Davies I. Heavy metal concentrations in commercial deep-sea fish from the Rockall Trough. *Continental Shelf Research*. 2001;21(8):899-916.
14. Porang N, Nikouyan A, Dennis JH. Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2005;109:233-48.
15. Iraj ZK, Pourkhabbaz AR, Hassanpour M, Sinka Karimi MH, Birjand I. Bioaccumulation of heavy metals in tissues of *Clupeonella Cultiventris Caspia* and *Alosa Caspia* and their consumption risk assessment in the southern coast of Caspian Sea. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2014;24(118):99-110 (in Persian).
16. Esmaeeli A. Pollution, Health and Environmental Standards. 1rd ed. Tehran: Publications of Naghsh-e Mehr; 2002 (in Persian).
17. Velayatzadeh M, Askary Sary A, Beheshti M, Mahjob S, Hoseini M. Measurement of Heavy metals (Hg, Cd, Zn, Ni, Fe) in canned tuna fish product in central cities, Iran. *Journal of Animal Research*. 2014;26(2):499-506 (in Persian).
18. Ebasohan E. Bioaccumulation of chromium, copper, maganese, nickel and lead in a freshwater cichlid, *hemichromis fasciatus* from Ogba River in Benin City, Nigeria. *African Journal of General Agriculture*. 2008;4(3):141-52.
19. Plaskett D, Potter IC. Heavy metal concentrations in the muscle tissue of 12 species of teleost from Cockburn Sound, Western Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 1979;30:607-16.
20. Alipour H, Pourkhabbaz AR, Hassanpour M. Assessing of Heavy Metal Concentrations in the Tissues of *Rutilus rutilus caspicus* and *Neogobius gorlap* from Miankaleh International Wetland. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2013;91:517-21.
21. Fazeli MS, Abtahi B, Sabbagh Kashani A. Assessing Pb, Ni and Zn accumulation in the tissues of *Liza aurata* in the south Caspian Sea. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 2005;14:65-78 (in Persian).
22. Mortazavy S, Esmaili Sari A, Riyahi Bakhtiari AR. A determination nikel to vanadium ratio in *P. radiata* and *S. cucullata* resulted from oil pollution in coastal fringes in Hormozgan Province. *Iranian Journal of Natural Resources Research*. 2005;58(1):159-71 (in Persian).
23. Pourang N, Tanabe S, Rezvani S, Dennis J. Trace elements accumulation in edible tissues of five sturgeon species from the Caspian Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2005;100(1-3):89-108.
24. Jarić I, Višnjić-Jeftić Ž, Cvijanović G, Gačić Z, Jovanović L, Skorić S, et al. Determination of differential heavy metal and trace element accumulation in liver, gills, intestine and muscle of sterlet (*Acipenser ruthenus*) from the Danube River in Serbia by ICP-OES. *Microchemical Journal*. 2011;98(1):77-81.
25. Alipour H, Pourkhabbaz A, Hassanpour M. Estimation of potential health risks for some metallic elements by consumption of fish. *Water Quality, Exposure and Health*. 2015;7(2):179-85.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



A study on Zinc, Nickel, and Vanadium in fish muscle of *Alosa caspia* and *Sander lucioperca* and food risk assessment of its consumption in the southeast of the Caspian Sea

S. Sadeghi Bajgiran¹, A.R. Pourkhabbaz^{2*}, M.Hasanpour³, M.H. Sinka Karimi⁴

¹ Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran

² Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran

³ Department of Environment protection, Golestan, Iran

⁴ Department of Environmental Sciences, University of Malayer, Malayer, Iran

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 17 October 2015;

Accepted: 11 January 2016

Key words: Heavy Metal, *Alosa*, *Sander*, Caspian Sea

***Corresponding Author:**

Apourkhabbaz@birjand.ac.ir

Mob: +989156703950

Tel: +985632254043

ABSTRACT

Background and Objectives: In recent years, anthropogenic and natural activities have caused high levels of metal contamination into the aquatic ecosystem. These pollutants can accumulate in the food chain. The present study examined the amount of metals such as nickel, zinc, and vanadium in the muscle tissue of *Sander* and *Alosa* because of their importance in the southeast of the Caspian Sea.

Method and materials: After bioassay, the samples of *Sander* and *Alosa* were prepared through acid digestion method and the amount of metals was measured using atomic absorption device (Scientific Equipment GBS).

Results: Statistical tests showed that there was no significant difference between the amount of zinc in two species of the *Sander* and *Alosa* ($p > 0.05$) while the amount of nickel and vanadium in *Alosa* was significantly higher than *Sander* ($P > 0.05$). Statistical analysis of differences in the accumulation of metals in *Sander* was: $Zn > Ni \approx V$ and of *Alosa* was $Zn > Ni \approx V$. There was a correlation between nickel and vanadium of *Sander* and between zinc and vanadium of *Alosa* ($p > 0.05$). The amount of nickel metal in both species and vanadium in *Alosa* were higher than the WHO guideline. The maximum and minimum THQ for *Alosa* were vanadium (0.059) and zinc (0.017) respectively. Whereas, for *Sander*, these values were zinc (0.016) and vanadium (0.004) respectively. In general, the TQM measured in this study was < 1 , indicating no food risk in present consumption rate (21 g/day) of these fish.

Conclusion: Food risk assessment of case study species indicates that the consumption of *Sander* and *Alosa* with the current consumption rate causes no danger to consumers from the viewpoint of zinc, nickel, and vanadium.

Please cite this article as: Sadeghi Bajgiran S, Pourkhabbaz AR, Hasanpour M, Sinka Karimi MH. A study on Zinc, Nickel, and Vanadium in fish muscle of *Alosa caspia* and *Sander lucioperca* and food risk assessment of its consumption in the southeast of the Caspian Sea. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2016;8(4):423-32.