Journal of Marine Medicine
Winter 2025, Volume 6, Issue 4
Pages: 255-263
10.30491/6.4.255

Assessment and measurement of heavy metals (Lead, Nickel, Zinc, Iron, and Copper) in the muscle tissue of *Lethrinus nebulosus* in Hormozgan province and associated health risk evaluation

Abdolvahed Rahmani [*1], Naser Koosej [1]

[1] *Department of Chemistry, Farabi Building, Faculty of Basic Sciences, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran*

Received: 15 October 2024 **Accepted:** 1 March 2025

Abstract

Background and Aim: The expansion of industrial and urban activities has led to environmental pollution by heavy metals, posing a significant threat to ecosystems and human health. These contaminants can accumulate along the food chain, increasing their concentration over time. This study investigates the levels of lead (Pb), nickel (Ni), zinc (Zn), iron (Fe), and copper (Cu) in the muscle tissue of Lethrinus nebulosus (Sha'ri fish) from three regions in Hormozgan Province (Dargahan, Bandar Khamir, and Bandar Abbas) due to their ecological and public health significance.

Methods: A total of 180 Lethrinus nebulosus specimens were collected from the three study areas during the summer and winter seasons of 2023. The samples were transported to the laboratory, where biometric analyses were performed. Muscle tissues were excised, dried, ground into powder, and subjected to chemical digestion. The concentrations of Pb, Ni, Zn, Fe, and Cu were then measured using atomic absorption spectrophotometry (Analytik Jena, Germany, Model ContrAA 700).

Results: The results indicated a statistically significant difference ($p<0.05$) in the concentration of the studied heavy metals in the muscle tissue of Lethrinus nebulosus across the three locations. Dargahan exhibited the highest metal concentrations compared to Bandar Khamir and Bandar Abbas. Additionally, seasonal variations were observed, with significantly higher concentrations of heavy metals in the summer compared to the winter ($p<0.05$). However, a comparison of metal concentrations with international standards established by the FAO, WHO, and EPA revealed that the detected levels of Pb, Ni, Zn, Fe, and Cu were below permissible limits.

Conclusion: The health risk assessment of consuming Lethrinus nebulosus suggests that, at current consumption rates, the levels of lead, nickel, zinc, iron, and copper do not pose a risk to consumers. However, continuous monitoring is recommended to ensure long-term seafood safety in the region.

Keywords: Risk assessment, Lethrinus nebulosus, Atomic absorption spectrophotometry, Food chain, Hormozgan

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-09-04]

[DOI: 10.30491/6.4.255]

[*]**Corresponding author:** Abdolvahed Rahmani**, Email**: rahmaniabdolvahed@yahoo.com
Address: Dep. of Chemistry, Farabi Building, Faculty of Basic Sciences, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

مجله طب دریا
دوره ۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳
صفحات: ۲۶۳-۲۵۵
10.30491/6.4.255

بررسی و اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب، نیکل، روی، آهن و مس در بافت عضله ماهی شعری (*Lethrinus nebulosus*) استان هرمزگان و ارزیابی ریسک خطر ناشی از مصرف آن

عبدالواحد رحمانی*[۱]، ناصر کوسج[۱]

[۱] گروه شیمی، ساختمان فارابی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۲۴ **پذیرش مقاله:** ۱۴۰۳/۱۲/۱۱

چکیده

زمینه و هدف: رشد و توسعه فعالیت‌های صنعتی و شهری منجر به آلودگی محیطزیست به فلزات سنگین شده است که یکی از تهدیدهای جدی می‌باشد. این آلاینده‌ها قادرند که در طول زنجیره غذایی بصورت تجمعی افزایش پیدا کنند. تحقیق حاظر به بررسی میزان فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس در بافت عضله ماهی شعری (*Lethrinus nebulosus*) در سه منطقه استان هرمزگان (درگهان، بندرخمیر و بندرعباس) به دلیل اهمیت آنها پرداخته است.

روش‌ها: ۱۸۰ نمونه ماهی شعری در سه منطقه مورد مطالعه در طول فصول تابستان و زمستان ۱۴۰۲ نمونه برداری انجام شد. سپس نمونه ها به آزمایشگاه منتقل و پس از زیست سنجی نمونه‌ها، بافت عضله جدا و بعد از خشک شدن، پودر شدن و هضم شیمیایی جهت تعیین میزان غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس توسط دستگاه جذب اتمی (ساخت کارخانه آنالیتیک کشور آلمان مدل contr AA700) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که از لحاظ غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس در بافت عضله ماهی شعری بین مناطق مورد مطالعه از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود دارد ($p<0.05$). بطوریکه غلظت فلزات مورد مطالعه در منطقه درگهان بیشتر از مناطق بندرخمیر و بندرعباس می باشد. همچنین از نظر غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس دربافت عضله ماهی شعری در سه منطقه مورد مطالعه بین دو فصل تابستان و زمستان از لحاظ آماری اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p<0.05$). بطوریکه غلظت فلزات مورد مطالعه در تمام مناطق مورد نظر در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان می باشد. مقایسه غلظت فلزات در بافت عضله ماهی شعری با مقادیر استاندارد نشان داد که غلظت فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس کمتر از استانداردهای FAO,WHO و EPA است.

نتیجه‌گیری: ارزیابی خطر غذایی مصرف گونه مورد مطالعه نشان دهنده آن بوده است که مصرف این ماهی با میزان مصرف فعلی از نظر فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس خطری برای مصرف‌کنندگان آن ندارد.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی ریسک خطر، ماهی شعری (*Lethrinus nebulosus*)، دستگاه جذب اتمی، زنجیره غذایی، هرمزگان

*نویسنده مسئول: عبدالواحد رحمانی. پست الکترونیک: rahmaniabdolvahed@yahoo.com
آدرس: گروه شیمی، ساختمان فارابی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-09-04]

[DOI: 10.30491/6.4.255]

مقدمه

امروزه مصرف فرآورده‌های دریایی به ویژه ماهی به عنوان یک ماده غذایی دارای مقادیر نسبتاً زیاد پروتئین، ویتامین، مواد معدنی و اسیدهای چرب ضروری و به علت افزایش جمعیت و نیاز روز افزون انسان به مواد غذایی رو به افزایش است. سهم ماهی در رژیم غذایی دنیا نزدیک به ۴۷ گرم روزانه می باشد، در حالیکه ایران دارای متوسط مصرف ماهی ۵ گرم روزانه است. حدود ۲۰ درصد از جمعیت دنیا، یک پنجم از پروتئین حیوانی خود را ازماهی دریافت می‌کنند. متوسط مصرف سرانه تقریباً در طی ۴۰ سال گذشته دو برابر شده که از رشد جمعیت پیشی گرفته است (۱). ره‌آورد شهرنشینی، صنعتی شدن و پیشرفت جامعه انسانی در قرنهای کنونی، آلودگی محیط های آبی و خشکی است. متاسفانه رشد سریع جمعیت و توسعه فعالیتهای صنعتی و کشاورزی (استفاده از کودها و سموم دفع آفات) موجب شده است تا حجم بالایی از فاضلابهای صنعتی، شهری و همچنین پسابهای کشاورزی دارای ترکیبات شیمیایی مختلف مخصوصاً عناصر سنگین، وارد اکوسیستمهای آبی گردد (۲). فلزات سنگین به شکل پی در پی از منابع طبیعی و فعالیت های انسان به محیط های آبی وارد می شوند اما در این میان، سهم منابع انسانی بسیار چشمگیر است به گونه ای که آلودگی محیط های آبی به فلزات سنگین در درازای سالهای اخیر به یک مشکل محیط زیستی در سراسر جهان تبدیل شده است (۳). خلیج‌فارس یکی از بزرگ‌ترین خلیج‌های جهان به شمار می‌آید که به عنوان زیستگاه بسیاری از موجودات آبزی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. فعالیت‌های صنایع مستقر در سواحل خلیج‌فارس طی سال‌های اخیر یکی از مهم‌ترین عوامل ورود آلاینده‌های فلزی به آب‌های این منطقه می‌باشد. فعالیت‌های دیگری ازجمله کشاورزی، کشتیرانی و آلودگی‌های ناشی از پسماندهای شهری نیز از عمده‌ترین منابع آلوده کننده آب‌های این خلیج می باشند که سبب نابودی جمعیت بسیاری از آبزیان ساکن در آن که اکثراً از گونه‌های تجاری می‌باشند شده است (۴). توسعه، تکنولوژی و تولید فراورده‌های جدید و متنوع شیمیایی مورد نیاز در صنعت، کشاورزی و بهداشت در دهه‌های اخیر به صورت فزاینده‌ای گسترش یافته به طوری که با افزایش جمعیت، فعالیتهای صنعتی و کشاورزی، ورود آلاینده های آلی و معدنی به محیط افزایش یافته و آلودگی محیط‌زیست در اثر پیشرفت صنایع و موادشیمیایی مختلف مورد توجه سازمان‌ها و نهادهای بهداشتی بین‌المللی واقع شده است (۵). مواد آلاینده صرف نظر از منشأ تولید و مصرف، توسط باد و جریان‌های آبی و نزولات جوی در تمامی اکوسفر انتشار یافته و تا زمان تجزیه کامل، از پتانسیل‌های متفاوتی در تجمع، ذخیره سازی و تأثیرات بهداشتی به موجودات زنده از جمله انسان برخوردار است. بنابراین پایش آلودگی اکوسیستم‌های آبی از فعالیتهای عمده‌ای است که با هدف حفاظت محیط زیستی صورت می‌گیرد (۶). از انواع این آلاینده ها می‌توان به فلزات سنگین اشاره کرد که به طور طبیعی از اجزای تشکیل دهنده اکوسیستم های آبی محسوب می‌گردند. فلزات سنگین، وسعت زیستی زیاد آنها در زنجیره غذایی می‌باشد به طوری که در نتیجه این فرایند، مقدار فلزات سنگین در زنجیره غذایی میتواند تا چندین برابر مقدار آنها که در آب یا هوا یافت میشوند افزایش یابد. ماهی در محل زیستگاه خود توانایی گریز از این آلاینده های پایدار را نداشته و در نتیجه منجر به آلودگی زنجیره غذایی میشود. از اینرو ماهیها را به عنوان یک شاخص زیستی تأثیرآلودگی فلزات سنگین، در اکوسیستمهای آبی در نظر میگیرند، چرا که در راس زنجیره غذایی بوده و به عنوان یک منبع غذایی منعکس کننده تأثیرات بهداشتی برای انسان می‌باشد. مسمومیت ناشی از مصرف ماهیان آلوده به فلزات سنگین می‌تواند منجر به بروز بیماری هایی مثل سرطان، اختلات عصبی، آلزایمر و مرگ در انسان گردد. سرب متعلق به گروه فلزات غیرضروری و سمی است و هیچ عملکرد شناخته شده ای در فرآیندهای بیوشیمیایی ندارد این فلز دارای پتانسیل بالا برای تغلیظ زیستی و انباشت در اندامهای گوناگون ماهی است که در صورت جذب از طریق غذا برای مصرف کنندگان بسیار سمی بوده و موجب اختلالات سیستم اعصاب و مشکلات رفتاری در آنها می شود. کادمیوم به مقدار زیادی از طریق غذا جذب شده و منجر به اثرات سوء از جمله مشکلات اسکلتی، برونشیت، آمفیزم، کم خونی و سنگ کلیه در مصرف کنندگان می‌شود (۷). سن، طول، وزن، جنس، عادت تغذیه ای، نیازهای اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، مدت زمان ماندگاری ماهی در محیط آبی، فصل صید و خواص شیمیایی آب (شوری، سختی و دما) از عوامل مؤثر در تجمع فلزات سنگین در اندامهای مختلف ماهی هستند (۸). ماهی شعری جزء رده پرتو بالگان و خانواده شهری ماهیان می‌باشد. ساکن دریا و نیز آبهای لب شور بوده و در مجاورت صخره های مرجانی، تالابهای مرجانی، بسترهای پوشیده با علف های دریایی، مانگرو، بسترهای ماسه ای و مناطق صخره ای ساحلی در اعماق ۱۰ تا ۷۵ متری زندگی میکنند. این گونه از ماهیان با ارزش اقتصادی بوده و از نظر آبزی پروری و صید نیز مهم می باشد (۹). لذا در این مطالعه با هدف بررسی غلظت فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس در ماهی های شعری جمع آوری شده از مناطق نمونه برداری در استان هرمزگان به عنوان شاخص پایش زیستی فلزات فوق، مقایسه میزان تجمع زیستی در دو فصل تابستان و زمستان و همچنین تعیین میزان جذب روزانه در این مناطق، پرداخته شد. همچنین با توجه به اینکه این گونه در مناطق مورد مطالعه مصرف خوراکی دارد، نتایج حاصل شده با استانداردهای جهانی موجود در این زمینه مقایسه گردیدند.

روش‌ها

تعیین و پراکنش ایستگاههای نمونه برداری به شکلی صورت گرفت که عمدتاً پیرامون مکانهای ورود پسابهای شهری و صنعتی

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-09-04]

[DOI: 10.30491/6.4.255]

و همچنین در کنار اسکله‌ها و صیدگاههای بزرگ آبزیان واقع شده باشند. نمونه‌برداری در فصول تابستان و زمستان ۱۴۰۲ در سه منطقه مورد مطالعه (بندرخمیر با موقعیت جغرافیایی ′۵۵/۲۳۳ °۲۶ شمالی و ′۳۵/۰۸۰ °۵۵ درگهان با موقعیت جغرافیایی ′۴۶/۸۵۴ °۲۶ شمالی و ′۴۳/۴۷۲ °۵۵ شرقی و بندرعباس با موقعیت جغرافیایی ′۵۹/۷۵ °۲۶ شمالی و ′۴۵/۳۵۰ °۵۵ شرقی انجام شد. بدین منظور در هر فصل ۳۰ عدد ماهی شعری از هر ایستگاه بصورت تصادفی صید گردید. هر نمونه با دقت داخل کیسه فریزر ی کاملاً تمیز، در داخل یخدان مخصوص نمونه برداری چیده شد، بین هر ردیف از نمو نه ها پودر یخ ریخته و سپس نمو نه ها به آزمایشگاه منتقل شده و درون فریزر و در دمای 0C ۲۰- تا زمان انجام عملیات آزمایشگاهی نگهداری شدند (۱۰). پس از عملیات زیست سنجی نمونه ها، جدا سازی بافت عضله با استفاده از روش پیشنهادی سازمان UNEP که جهت آنالیز نمونه های آبزی به منظوراندازه‌گیری بعضی از عناصر فلزی توصیه شده بود صورت گرفت. سپس جهت خشک شدن نمو نه ها و جلوگیری از تبخیر احتمالی مقادیر فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس از خشک-کردن مستقیم در آون خودداری گردید (۱۱). بافتهای عضله در دستگاه فریز درایر (مدلVaCo 5) با دمای0C ۴۰ - بمدت ۸ تا ۱۰ ساعت خشک و به کمک هاون چینی آزمایشگاهی پودر گردیدند. ۰/۵گرم از بافت توزین (ترازوی سارتریوس Sartorius با دقت ۰/۰۰۱ گرم) و به ویال مایکروویو (مدل ETHOS 1) انتقال یافت. ۷ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ ۶۵٪ و ۱ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۰ ٪ به نمونه افزوده و در ماکروویو مورد هضم قرار گرفت، پس از هضم نمونه ها آنها را به دستگاه جذب‌اتمی تزریق، و غلظت شیمیایی واقعی آنها محاسبه گردید. کلیه مراحل هضم شیمیایی نمونه بر اساس روش مورد قبول MOOPAM می باشد.

در تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد. برای مقایسه غلظت فلزات در بین مناطق مختلف از آزمون ANOVA و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، از آزمون توکی استفاده شد. برای مقایسه غلظت فلزات با استانداردها ، نیز از آزمون تی استفاده گردید. نرمال بودن (از طریق آزمون کولموگرف–اسمیرنوف) تست شد. سطح معناداری در این مطالعه ۵ درصد در نظر گرفته شد. همچنین جهت رسم جداول و نمودارها از نرم افزاراکسل ۲۰۱۰ استفاده گردید. با داشتن میزان غلظت فلز سنگین در عضله ماهی شعری می توان برآورد میزان خطر ناشی از مصرف روزانه را تخمین زد.

برآورد میزان جذب روزانه (EDI) فلزات سنگین با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید. برای محاسبه احتمال خطر پذیری افراد به بیماری‌های غیر سرطانی از رابطه (۲) ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) استفاده شد (۱۲).

$$\mathbf{EDI} = \frac{\mathbf{Mc \times CR}}{\mathbf{ABW}} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

$$\mathbf{THQ} = \frac{\mathbf{EF \times ED \times CR \times Mc}}{\mathbf{RfD \times ABW \times AET}} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

$$\mathbf{Hazard\ Index(HI)} = \sum \mathbf{THQ_i} = \mathbf{THQ_{Ni} + THQ_{Pb} + THQ_{Cu} + THQ_{Zn} +}$$

رابطه (۳) EDI= میزان جذب روزانه فلزات از طریق مصرف ماهی (میلی‌گرم/کیلوگرم/وزن بدن/روز)، CRlim= حداکثر مصرف قابل قبول روزانه ماهی (کیلوگرم/روز)، THQ= پتانسیل خطر، HI= مجموع خطرات ناشی از فلزات با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد، EF= فرکانس مواجهه (۳۶۵ روز در سال)، ED= کل مدت زمان مواجهه (۷۰ سال)، RfD= دوز مرجع (میلی‌گرم/کیلوگرم/روز)؛ مقدار دوز مرجع برای هر فلز عدد ویژه است که طبق مقدار ارائه شده توسط EPA برای روی، کادمیوم، نیکل و مس به ترتیب ۰/۳، ۰/۰۰۱، ۰/۰۲ و ۰/۰۴ است، CR= نرخ مصرف روزانه ماهی که برای بزرگسالان ۹۳ و برای کودکان ۵۰ گرم/روز می‌باشد (۱۳) ، Mc=Cm= غلظت فلز در بافت مورد مصرف ماهی (میلی‌گرم/کیلوگرم بر حسب وزن تر)، ABW=BW= میانگین وزن بدن مصرف کننده که برای بزرگسالان ۵۵/۹ و برای کودکان ۳۲/۷ کیلوگرم است (۱۴)، AET= میانگین روزها (از رابطه ED×۳۶۵ بدست می‌آید) (۱۵). همچنین نتایج حاصل از بررسی کنترل کیفیت، حد تشخیص و میزان صحت داد ه ها بر اساس جدول ۱ می باشد.

جدول-۱. مقایسه میانگین غلظت ماده مرجع با غلظت اندازه گیری شده ماده مرجع در آزمایشگاه همراه با طول موج برای هر فلز

عناصر	طول موج (نانومتر)	غلظت اندازه گیری شده ماده مرجع در آزمایشگاه (میکرو گرم بر گرم)	غلظت ماده مرجع (میکرو گرم بر گرم)	بازیابی
Zn	۲۱۳/۹	۲±۱۷۹/۰۳	۶±۱۸۰	۲±۹۹/۴۴
Fe	۲۸۰/۵	۴±۱۸۱/۲	۸± ۱۷۹	۲±۱۰۱/۱۰
Cu	۳۲۴/۸	۴±۱۰۵/۱	۱۰±۱۰۶	۵±۹۹
Ni	۲۳۲/۰	۰/۱۴±۲۱/۰۲	۰/۱۹±۲۰/۵۰	۱±۱۰۲/۴۷
Pb	۲۱۷/۰	۰/۰۲±۰/۳۴	۰/۱۳±۰/۳۵	۶±۹۷

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد که از لحاظ غلظت عناصر نیکل، سرب، آهن، روی و مس در بافت عضله ماهی شعری در مناطق مورد مطالعه درگهان، بندرخمیر و بندرعباس

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-09-04]

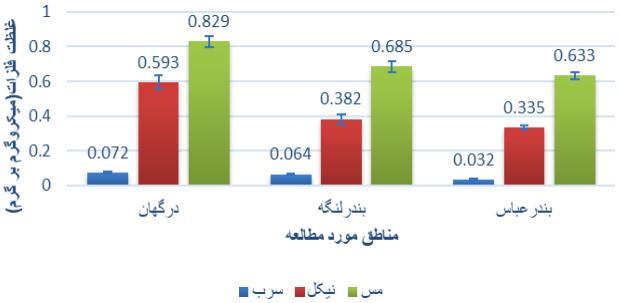
[DOI: 10.30491/6.4.255]

تفاوت معنی داری وجود دارد (P<0.05). همچنین مقایسه میانگین مناطق مورد مطالعه از نظر غلظت عناصر نیکل، سرب، روی و مس با یکدیگر بوسیله آزمون تعقیبی توکی نشان داد که میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه در ماهی شعری درگهان بیشتر از بندرخمیر و بندرعباس و میانگین غلظت عناصر نیکل، سرب، روی و مس در ماهی شعری بندرخمیر از بندرعباس به طور معنی داری بیشتر است (P<0.05) (جدول ۲) (نمودار های ۱و ۲).

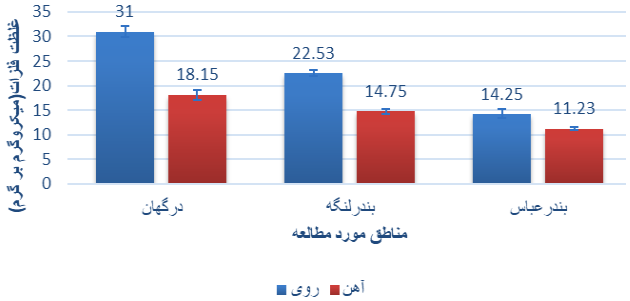
جدول-۲. نتایج حاصل از مقایسه میزان میانگین عناصر نیکل، سرب، آهن، روی و مس در بافت عضله ماهی شعری بین درگهان، بندرخمیر و بندرعباس (میانگین± انحراف استاندارد)، **(n= ۶۰)**

	درگهان	بندرخمیر	بندرعباس
نیکل (میکروگرم بر گرم)	۰/۵۹۳±۰/۰۴	۰/۳۸۲±۰/۰۳	۰/۳۳۵±۰/۰۱
سرب (میکروگرم بر گرم)	۰/۰۷۲±۰/۰۰۶	۰/۰۶۴±۰/۰۰۵	۰/۰۳۲۰±۰/۰۰۳
روی (میکروگرم بر گرم)	۳۱/۰۰±۱/۰۲	۲۲/۵۳±۰/۵۹	۱۴/۲۵±۰/۹۶
آهن (میکروگرم بر گرم)	۱۸/۱۵±۱/۰۲	۱۴/۷۵±۰/۵۴	۱۱/۲۳±۰/۳۹
مس (میکروگرم بر گرم)	۰/۸۲۹±۰/۰۳	۰/۶۸۵±۰/۰۳	۰/۶۳۳±۰/۰۲

از لحاظ غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس در بافت عضله ماهی شعری در سه منطقه درگهان، بندرخمیر و بندرعباس بین فصول تابستان و زمستان از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت (p<0.05). بطوریکه نتایج نشان دهنده‌ی آن است که در تمامی مناطق مورد مطالعه میزان غلظت فلزات سنگین (نیکل، سرب، روی، آهن و مس) در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان می باشد (جدول۳).



نمودار-۱. مقایسه عناصر سرب، نیکل و مس در عضله ماهی شعری در مناطق درگهان، بندرخمیر و بندرعباس



نمودار-۲. مقایسه عناصر آهن و روی در عضله ماهی شعری در مناطق درگهان، بندرخمیر و بندرعباس

جدول-۳. نتایج حاصل از مقایسه میانگین مقادیر عناصر نیکل، سرب، روی، آهن و مس (میکروگرم برگرم) در عضله ماهی شعری در مناطق درگهان، بندرخمیر و بندرعباس در فصول تابستان و زمستان (میانگین± انحراف استاندارد) (تعداد ۳۰)

متغیر	درگهان		بندرخمیر		بندرعباس	
	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان
نیکل	۰/۴۹۷±۰/۰۳	۰/۶۸۹±۰/۰۲	۰/۳۲۴±۰/۰۲	۰/۴۴۱±۰/۰۳	۰/۲۹۱±۰/۰۳	۰/۳۷۹±۰/۰۲
سرب	۰/۰۶۲±۰/۰۰۵	۰/۰۸۲±۰/۰۰۴	۰/۰۵۸±۰/۰۰۲	۰/۰۷۰±۰/۰۰۴	۰/۰۲۳±۰/۰۰۱	۰/۰۴۱±۰/۰۰۲
روی	۲۹/۶۱±۰/۴	۳۲/۴۴±۰/۳	۲۱/۸۷±۰/۲۸	۲۳/۱۹±۰/۳۹	۱۳/۲۰±۰/۵	۱۵/۱۳±۰/۴
آهن	۱۷/۵۸±۰/۳۱	۱۸/۷۳±۰/۱۹	۱۳/۷۹±۰/۲	۱۵/۷۱±۰/۵	۱۰/۵۱±۰/۲	۱۱/۹۶±۰/۳
مس	۰/۷۶۹±۰/۰۲	۰/۸۹۱±۰/۰۳	۰/۶۳۲±۰/۰۲	۰/۷۳۹±۰/۰۱	۰/۵۸۹±۰/۰۰۶	۰/۶۷۷±۰/۰۱

همان‌طور که در جدول ۴ آمده است میزان جذب روزانه (EDI) عناصر نیکل، سرب، مس، روی و آهن از راه مصرف عضله ماهی شعری برای بزرگسالان و کودکان از نظر بهداشتی هیچ گونه ممنوعیتی برای یک شخص با میانگین وزن ۵۵/۹ کیلوگرم برای بزرگسالان و میانگین وزن ۳۲/۷ کیلوگرم برای کودکان ندارند.

همچنین مقادیر پتانسیل خطرپذیری (THQ) هر یک از فلزات نیکل، سرب، روی، آهن و مس در ماهی شعری برای مصرف کنندگان در استان هرمزگان در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به دوز مبنا در بررسی خطر بالقوه (THQ)، میزان THQ برای بافت عضله نمونه های مورد مطالعه در مورد فلزات نیکل،

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-09-04]
[DOI: 10.30491/6.4.255]

سرب، روی، آهن و مس برای بزرگسالان و کودکان کمتر از ۱ محاسبه شد و احتمال بروز خطر بیماری‌های غیرسرطانی در افراد مصرف کننده بسیار کم می‌باشد. مقادیر شاخص کل (HI) در جدول ۶ نشان داده شده است که این مقادیر کمتر از ۱ بود و مصرف آنها برای افراد مصرف کننده بلامانع است.

جدول-۵. محاسبات میزان جذب روزانه (Daily intake) فلزات سنگین نیکل، سرب، روی، آهن و مس در مصرف کنندگان ماهی شعری در مناطق درگهان، بندرلنگه و بندرعباس

منطقه	فلزات	EDA (A) (µg/kg/day)	EDA (C) (µg/kg/day)	RFD سازمان EPA
درگهان	نیکل	۱/۰۹	۱/۰۱	۵
	سرب	۰/۱۲۹	۰/۰۵۸	۳
	مس	۱/۳۲	۱/۱۹	۴۰
	روی	۵۰/۷۱	۴۷/۱۲	۳۰۰
	آهن	۱۹/۸۸	۱۶/۷۷	۵۰۰
بندرلنگه	نیکل	۰/۵۲۱	۰/۴۹۹	۵
	سرب	۰/۱۰۹	۰/۰۹۸	۳
	مس	۱/۰۸	۱/۰۳	۴۰
	روی	۳۴/۳۳	۳۲/۵۸	۳۰۰
	آهن	۳۰/۱۰	۲۷/۰۶	۵۰۰
بندرعباس	نیکل	۰/۴۹۸	۰/۴۴۴	۵
	سرب	۰/۰۴۹	۰/۰۳۸	۳
	مس	۱/۰۲	۰/۰۹۶	۴۰
	روی	۲۲/۱۲	۲۱/۶۳	۳۰۰
	آهن	۲۰/۸۱	۱۹/۱۸	۵۰۰

جدول-۶. تخمین خطر بالقوه (THQ) و کل شاخص خطر (HI) فلزات سنگین (سرب، نیکل، روی، آهن و مس) در ماهی شعری

منطقه	THQ (Pb)		THQ (Ni)		THQ (Cu)		THQ (Zn)		THQ (Fe)		HI	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
درگهان	۰/۰۴۵	۰/۰۴	۰/۲۱	۰/۲۰۱	۰/۰۳۶	۰/۰۳۴	۰/۱۷۷	۰/۱۶۶	۰/۰۴۰	۰/۰۳۷	۰/۵۱	۰/۴۸
بندرلنگه	۰/۰۳۷	۰/۰۳۴	۰/۱۳۵	۰/۱۲۷	۰/۰۰۲	۰/۰۲۸	۰/۱۳۱	۰/۱۲۲	۰/۰۶۴	۰/۰۶۰	۰/۳۹	۰/۳۷
بندرعباس	۰/۰۱۹	۰/۰۱۸	۰/۱۱۵	۰/۱۰۸	۰/۰۲۷	۰/۰۲۵	۰/۰۸۳	۰/۰۷۸	۰/۰۴۵	۰/۰۴۲	۰/۲۹	۰/۲۷

بحث

در اثر تخلیه فاضلاب و مواد زائد جامد شهری و صنعتی، عملیات توسعه و لایروبی سواحل و بنادر، تخلیه سموم و کودهای کشاورزی و نیز عملیات استخراج نفت خلیج فارس به شدت به فلزات سنگین و هیدروکربنهای نفتی آلوده شده است. در دهه‌های گذشته، تاثیرات صنعتی شدن، کشاورزی متمرکز و توسعه شهری منجر به مشکلات جدی آلودگی در اکوسیستم‌های دریایی شده است (۱۶). طاهری زاده و همکاران در سال ۲۰۱۸ با آزمایشی که برای تعیین میزان سطح برخی فلزات سنگین و خطر ارزیابی آن در بافت خوراکی سفره ماهی *Himantura imbricate* در خلیج فارس انجام دادند به این نتیجه رسیدند که میزان آلودگی فلزات سنگین در سواحل ایستگاه های انجام شده، تفاوت معنی داری را در مقادیر اندازه گیری شده نشان می‌دهد. این اختلاف در میزان فلزات مربوط به ایستگاه ها است که زباله ها و ضایعات محلی و لنگرگاه های کشتی ها در آن مناطق واقع شده است (۱۷). Taweel و همکاران در سال ۲۰۱۳، غلظت فلزات سنگین را در ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) در رودخانه لنگت و دریاچه انجینیرینگ در مالزی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که غلظت فلزات سنگین در بین اندام‌های مختلف ماهی و مکان‌های مختلف متفاوت بود (۱۸). Moselhy و همکاران، غلظت فلزات سنگین (مس، روی، سرب، آهن و منگنز) در کبد، آبشش و عضلات چهارده گونه از ماهیان کفزی و پلاژیک جمع آوری شده از سه منطقه اصلی (شلاتین، غردقه و سوئز) در دریای سرخ (مصر) اندازه گیری شد. سطوح فلزات سنگین به طور قابل توجهی در میان گونه‌های مختلف ماهی و اندام ها متفاوت بود. تجمع فلزات بین گونه‌های مختلف ماهی، و همچنین بین گونه‌های مشابه تغییراتی را نشان داد. این تغییرات در جذب فلزات، تحت تاثیر عواملی خاص مانند سن، توزیع جغرافیایی و گونه می باشند

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-09-04]

[DOI: 10.30491/6.4.255]

(۱۹). Dural و همکاران، با آزمایشات گوناگون نشان دادند که بین غلظت فلزات سنگین در بدن موجودات آبزی در مناطق مختلف (خلیج فارس، خلیج مصر، خلیج اسکندریون، مردابهای نمکی در جنوب آتلانتیک اسپانیا و تالابهای کالیفرنیا) به دلیل شرایط محیطی متفاوت مثل: دما، شوری، pH و نور و.... و وجود فعالیتهای صنعتی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (۲۰). بطور کلی از مهمترین دلایل بالا بودن غلظت فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس در ماهی شعری در منطقه‌ی درگهان نسبت به بندرخمیر و بندرعباس وجود صنایع مختلف (شرکت سرب و روی قشم، کارگاههای لنج سازی، قایق سازی فایبر گلاس، آبزی پروری و صنعت پالایش نفت و گاز گورزین) در کنار سواحل، مس رها شده از رنگ آمیزی کشتی ها و شناورها در مجتمع لنج سازی قشم می باشد، عنصر مس در ترکیبات مورد استفاده برای کشتی ها و شناورها و همچنین در پسابهای شهری و خانگی وجود دارد (۲۱)، تردد بیش از حد قایق های موتوری (وجود سرب و نیکل در بنزین)، معدن خاک سرخ (حاوی آهن فراوان) و تخلیه‌ی پسابهای صنعتی و شهری به آبهای ساحلی این منطقه می باشد که این پسابها در خود انواع فلزات سنگین بخصوص سرب، نیکل، روی، آهن و مس را دارند و این امر باعث افزایش غلظت فلزات مورد مطالعه در منطقه درگهان می شود. کلیه موارد فوق با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مبنی بر بیشتر بودن غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس در منطقه درگهان نسبت به مناطق بندرخمیر و بندرعباس هم خوانی مناسبی دارد.

از طرف دیگر نتایج و پژوهش کنونی نشان داد که بین غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس در مناطق مورد مطالعه در فصل تابستان نسبت به زمستان در بافت عضله ماهی شعری از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد. Celechovska و همکاران ۲۰۱۱ در بررسی غلظت آرسنیک در نوعی ماهی *Oncorhynchus mykiss* در طول یک سال دریافتند که غلظت آرسنیک در فصل زمستان با کاهش دما، در بافت عضله این گونه کاهش می یابد (۲۲). دریا لعل خسرو با بررسی تجمع فلزات سنگین سرب و کروم در خرچنگ شناور آبی *Portunus Pelagicus* در سواحل استان هرمزگان (شهرستان بندرعباس) نشان داد که بیشترین میزان جذب و تجمع عناصر سنگین سرب و کروم در طول نمونه برداری در نمونه های رسوب و بافت نرم در طول دوره نمونه برداری در فصل تابستان بوده است که علت این امر تاثیر مستقیم فاکتورهای فیزیکوشیمیایی بر تحرک فلزات سنگین در آب، رسوب و بافت جانوری است (۲۳). Dural و همکاران، با آزمایشات گوناگون در ماهی *Sparus aurata* نشان دادند که غلظت فلزات سنگین کادمیوم و سرب در فصول مختلف متفاوت بوده و همچنین تجمع این فلزات در اندامهای متفاوت مختلف می باشد (۲۰). از دیگر فاکتورهای افزایش غلظت فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس ، شوری آب است که بیشتر تابع تغییرات جوی است بطوریکه آب دریا در فصل زمستان کمترین و در تابستان بیشترین مقدار شوری را دارد. وجود رابطه مستقیم بین دما و شوری مبین این است که با افزایش دما، شوری نیز بالا می رود. با توجه به اینکه در فصل تابستان دمای هوا در گرمترین روزها در مردادماه به ۴۵ درجه ی سانتیگراد نیز می رسد، در نتیجه میزان تبخیر بیشتر شده و میزان شوری نیز افزایش می یابد. خلیج فارس بدلیل اینکه در برخی از فصول سال بخصوص تابستان تحت تاثیر نفوذ آب دریای عمان و دیگر آبهای ورودی به آن قرار می‌گیرد در اثر تغییرات شوری بعضی از فلزات تشکیل انعقاد داده و سریعتر رسوب می‌کنند (۲۴). همچنین با مطالعاتی که بر روی جانوران زیادی از جمله نرم تنان، صدف های خوراکی، خرچنگها، سخت پوستان و دیگر آبزیان در مورد تاثیر درجه حرارت و سمیت فلزات سنگین مس، روی، کادمیوم و سرب انجام گرفت، نشان داد که بین فلزات سنگین و افزایش دما رابطه مستقیم وجود دارد و همه این عوامل با هم یک محیط سمی را برای آبزیان بوجود می آورند. بنابراین نتایج تحقیق و پژوهش حاضر نشان می دهد که (در هر سه منطقه ی مورد مطالعه) غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل، روی، آهن و مس در ماهی شعری در فصل تابستان نسبت به فصل زمستان بیشتر می‌باشد، که تحقیقات و پژوهشهای پیشین این موارد را نیز تأیید می کنند.

اگر چه غذاهای شیلاتی از جمله محصولات غذایی هستند که مزایای زیادی برای مصرف کننده دارند اما مصرف بدون توجه به ایمنی غذایی کار صحیحی نیست. از جمله ملاحظاتی که بایستی در مصرف ماهی دخیل نمود این است که ماهی به اندازه مصرف شود که سطح فلز مورد نظر در بدن از میزان دوز مبنا فراتر نرود (۲۵). یک جنبه مهم در ارزیابی خطرات مواد شیمیایی موجود در غذا، دانستن میزان جذب این مواد شیمیایی مضر توسط بدن و نگه داشتن آن در یک حاشیه امنیت می‌باشد. میزان جذب روزانه فلزات در اثر مصرف غذا ارتباط مستقیم با میزان فلزات موجود در آن ماده غذایی و هم چنین میزان مصرف آن ماده غذایی دارد. بیش از ۹۰ درصد فلزات از طریق غذا وارد بدن انسان می‌شوند. در تحقیق حاضر مقادیر محاسبه شده میزان جذب روزانه فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس در بافت عضله ماهی شعری در مناطق مورد مطالعه برای بزرگسالان و کودکان پایین‌تر از دوز مرجع سازمان EPA می‌باشد. یافته‌های THQ که یک عدد بدون واحد است نشان دهنده نسبت دوز برآورد شده در معرض قرار گرفتن فلزات به RFD است. در این مطالعه شاخص THQ برای بافت عضله ماهی شعری در مناطق مورد مطالعه برای بزرگسالان و کودکان زیر ۱ محاسبه شد. از آنجایی که THQ کمتر از ۱ در ارزیابی خطر به منزله عدم عوارض نامطلوب بهداشتی برای مصرف کننده است بنابراین مصرف آبزی فوق در مناطق مورد مطالعه تهدید جدی برای بومیان مصرف کننده نیست. همچنین مقدار شاخص خطر (HI) در این مطالعه برای بافت عضله ماهی شعری برای بزرگسالان و کودکان زیر ۱ به دست آمد (جدول ۶). این

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-09-04]

[DOI: 10.30491/6.4.255]

نشان می‌دهد که مصرف عضله ماهی شعری خطر حاد برای سلامتی مصرف کنندگان در پی نخواهد داشت اما با افزایش روز افزون نرخ مصرف این مقدار نیز بیشتر خواهد شد.

تشکر و قدردانی: از همه اساتیدی که در غنای مطالب حاضر یاری‌رسان بودند، نهایت تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Bosch AC, O'Neill B, Sigge GO, Kerwath SE, Hoffman LC. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. Journal Sciences Food Agriculture. 2016; 96(1): 32-48. doi:10.1002/jsfa.7360
2. Cristiano VM, AraUjo B, Luis A. Heavy metals in yellowfin tuna (Thunnus albacares) and common dolphinfish (Coryphaena hippurus) landed on the Ecuadorian coast, Cedeno- Macias J. science of the total Environment. 2016; 97 (3): 249- 237. doi:10.1016/j.envpol.2020.115902
3. Albatineh AN, Sohrabi R, Baghi V, Ghanei Gheshlagh R. Effect of vitamin D on Helicobacter pylori infection and eradication: An updated systematic review and meta-analysis. J Prev Complement Med. 2023; 2(3): 155-162. doi: 10.22034/ncm.2023.385278.1074
4. Kheirvar N, Dadolahi Sohrab A. Heavy metal concentrations in sediments and Large Scaled Barb (Barbus grypus) from Arvand river. Environmental Science and Technology 2010;12 (2): 123 -131.
5. GanJavi M, Ezzat panah H, Givianrad MH, Shams A. Effect of conned tuna fish processing steps on lead and cadmium contents of Iranian tuna fish Food Chemistry. 2010; 118(6): 525-528. doi:10.1016/j.foodchem.2009.05.018
6. Pourrang N, Nikouyan A, Dennis JH. Trace element concentration in fish, sediments and water from northern part of the Persian Gulf. Environmental monitoring and Assessment. 2005; 109: 293-316. doi:10.1007/s10661-005-6287-9
7. Fathabad AE, Shariatifar N, Moazzen M, Nazmara S, Fakhri Y, Alimohammadi M. Determination of heavy metal content of processed fruit products from Tehran's market using ICP-OES: a risk assessment study. Food Chem Toxicol. 2018; 115: 436- 446. doi:10.1016/j.fct.2018.03.044
8. Demirak A, Yilmaz F, Tuna AL, Ozdemir N. Heavy metals in water, sediment and tissues of Leuciscus cephalus from a stream in southwestern Turkey. Chemosphere. 2006; 63(9): 1451-1458. doi:10.1016/j.chemosphere.2005.09.033
9. Obeidi R, Dahaz T, Ziaeian Nourbakhsh H, Ghanbari F. Determination the level of essential heavy metals in muscle of Lethrinus nebulosus in Bushehr seaport. Iranian Scientific Fisheries Journal 2019; 27(5): 149-157. doi:10.22092/ISFJ.2019.118090.
10. Ruangsomboom S, Wongrat L. Bioaccumulation of cadmium in an experimental aquatic food chain involving phytoplankton (Chlorella vulgaris), zooplankton (Moina macrocopa), and the predatory catfish Clarias macrocephalus and C. gariepinus. Aquatic Toxicol.2006; 78(1): 15-18. doi:10.1016/j.aquatox.2006.01.015
11. Moopam. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods . 1999; 3rd ed, Kuwait, 321p.
12. Burger J, Gochfeld M. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. Environ Res. 2005; 5(3): 1-10. doi:10.1016/j.envres.2005.02.001
13. Leung SSF, Chan SM, Lui S, Lee WTK, Davies DP. Growth and nutrition of Hong Kong children aged 0-7 years. J of pediatrics and child health. 2000; 36: 56-65. doi:10.1046/j.1440-1754.2000.00441.x
14. Hang XS, Wang HY, Zhou JM, Ma CL, Du CW, Chen XQ. Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (Oryza sativa) in a typical area of the Yangtze River Delta. Environmental Pollution. 2009; 157:2542-2549. doi:10.1016/j.envpol.2009.03.002
15. Shinn C, Dauba F, Grenouillet G, Guenard G, Lek S. Temporal variation of heavy metal contamination in fish of the river lot in southern France. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2009; 72: 1957-1965. doi:10.1016/j.ecoenv.2009.06.007
16. Ashraf V. Accumulation of heavy metals in kidney and heart tissues of Epinephelus microdon fish from the Persian Gulf. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. 2005; 101: 311- 316. doi:10.1007/s10661-005-0298-4
17. Taherizadeh M. Behvar S, Koosej N. Study on heavy metals levels and its risk assessment in edible fish (Himantura imbricate) from Persian Gulf. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB). 2018; 3 (4):1457- 1460. doi:10.22161/ijeab/3.4.42
18. Taweel A, Shuhaimi Othman W, Ahmad AK. Assessment of heavy metals in tilapia fish (Oreochromis niloticus) from the Langat River and

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-09-04]

[DOI: 10.30491/6.4.255]

Engineering Lake in Bangi, Malaysia and evaluation of the health risk from tilapia consumption. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2013; 93:45-51. doi:10.1016/j.ecoenv.2013.03.031
19. Moselhy M, Othman AI, H Abd, El-Azem H, El-Metwally MEA. Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. Egyption Journal of Basic and Applied Sciences. 1; 97 -105. doi:10.1016/j.ejbas.2014.06.001
20. Hasani D, Bahrami M, Ghasemifard L. Food pyramid from the perspective of traditional Persian medicine and its comparison with modern medicine. J Prev Complement Med. 2022; 1(3): 163-165. doi: 10.22034/ncm.2022.327031.1008
21. Zhang HH, Yi YJ. The relationships between fish heavy metal concentration and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. Procedia Environmental Science. 2012; 13: 1669-1707. doi:10.1016/j.proenv.2012.01.163
22. Celechovska O, Harkabusova V, Macharackova, B, Vitoulova, E, Lavickova AAccumulation of arsenic during the growing period of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Acta Veterinaria Brno. 2011; 80: 219-225. doi:10.2754/avb201180020219
23. Koosej N, Jafariyan H, Rahmani A, Patimar A, Gholipoor. A study of trace metals in some edible fishes and food risk assessment of its consumption in the Hormozgan province, Iran of the Persian Gulf. International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR). 2016; 7(4): 1608-1617. ISSN 0976-2612, Online ISSN 2278-599X.
24. Karbasi A. Standard concentration and origin of Ni- Zn- Cu- Co- Cd- V- Fe- Mn- Pb in surface sediments of the Persian Gulf. the journal Environmental Science and Technology. 1999; 5 (6): 65- 53.
25. Hang XS, Wang HY, Zhou JM, Ma CL, Du CW, Chen XQ. Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (Oryza sativa) in a typical area of the Yangtze River Delta. Environmental Pollution. 2009; 157: 2542-2549. doi:10.1016/j.envpol.2009.03.002
26. Bin C, Xiaoru W, Lee FS C. Pyrolysis coupled with atomic absorption spectrometry for the determination of mercury in Chinese medical materials, Analytica Chimica Acta , 447, 161-169 pp. doi:10.1016/S0003-2670(01)01218-1

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-09-04]

[DOI: 10.30491/6.4.255]