

## Determination of the hygienic quality of *Astacus leptodactylus* captured from Haft Barm lakes, Fars Province (Iran) in terms of trace metals accumulated in the product

Shiry, N.<sup>1\*</sup>, Gholamhosseini A.<sup>2</sup>, Salighezadeh R.<sup>3</sup>, Rahbar, A.<sup>4</sup>, Derakhshesh, N.<sup>5</sup>

1. Ph.D. candidate in Aquatic Animal Health, Department of Clinical Sciences, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran; Expert of Iran Fisheries Organization, Administration of Khuzestan Province, Abadan, Iran

2. Assistant Professor, Department of Clinical Sciences, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran

3. Lecturer of Veterinary Department, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Shoushtar Branch, Shoushtar, Iran; Ph.D. candidate in Aquatic Animal Health, Department of Clinical Sciences, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran

4. Expert of Iran Fisheries Organization, Administration of Khuzestan Province, Abadan, Iran

5. Expert of Iran Fisheries Organization, Administration of Khuzestan Province, Abadan, Iran

\*Corresponding author: nimashiry@shirazu.ac.ir

(Received: 2021/1/2 Accepted: 2020/1/31)

### Abstract

Regarding the economic potential in extensive rearing of Narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*) in Haft Barm lakes, Fars Province (Iran), and considering the chain value and global marketing, we need to monitoring programs on hygienic quality of this export product in terms of heavy metal accumulation. For this purpose, crayfish specimens were captured with 45 total samples from three permanent lakes and transported to the laboratory. Preparing their tail meat as the edible parts and measuring of heavy metals (Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn) have been accomplished via the wet digestion method and atomic absorption spectroscopy (AAS), respectively. Results showed that Cd ( $0.004\pm 0.003$ ) and Zn ( $2.61\pm 0.747$   $\mu\text{g/g DW}$ ) were the minima and maximum concentrations in the tail meat of Haft Barm's crayfish. Since the concentrations of all measured trace elements were within the permissible limits of hygienic standards (WHO and FAO) and based on health risk assessment (daily intake index), Haft Barm's crayfish have admissible health in terms of their accumulation. Hence, daily and continuous consumption of these aquatic products by consumers has been thoroughly safe, and there is no risk for them in this regard.

**Conflict of interest:** None declared.

**Keywords:** Narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*), Haft Barm lakes, Heavy metals, Consumers health, Hygienic quality

DOI: 10.30495/JFH.2021.1919472.1304

«مقاله پژوهشی»

## تعیین کیفیت بهداشتی خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) هفت برم استان فارس از نظر عناصر سنگین انباشته شده در محصول

نیما شیری<sup>۱\*</sup>، امین غلامحسینی<sup>۲</sup>، رضا سلیقه‌زاده<sup>۳</sup>، احمد رهبر<sup>۴</sup>، نگین درخشش<sup>۵</sup>

۱. دانش‌آموخته دکتری تخصصی بهداشت آبزیان، بخش علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران؛ کارشناس سازمان شیلات

ایران، اداره کل شیلات استان خوزستان، آبادان، ایران

۲. استادیار بخش علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۳. مدرس گروه دامپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، شوشتر، ایران؛ دانش‌آموخته دکتری تخصصی بهداشت آبزیان، بخش

علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۴. کارشناس سازمان شیلات ایران، اداره کل شیلات استان خوزستان، آبادان، ایران

۵. کارشناس سازمان شیلات ایران، اداره کل شیلات استان خوزستان، آبادان، ایران

\*نویسنده مسئول مکاتبات: [nimashiry@shirazu.ac.ir](mailto:nimashiry@shirazu.ac.ir)

(دریافت مقاله: ۹۹/۱۰/۱۳ پذیرش نهایی: ۹۹/۱۱/۱۲)

### چکیده

با توجه به وجود ظرفیت‌های اقتصادی پرورش گسترده خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) در دریاچه‌های هفت برم استان فارس و با در نظر گرفتن زنجیره ارزش و بازاریابی جهانی، مقتضی است تا پایش بر کیفیت بهداشتی این محصول صادراتی از نظر انباشتگی عناصر سنگین صورت گیرد. بدین منظور، نمونه‌های خرچنگ به تعداد مجموعاً ۴۵ نمونه از سه برم (آبگیر) دائمی صید شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. آماده‌سازی عضله دمی آن‌ها به‌عنوان بافت خوراکی، از طریق هضم مرطوب و سنجش فلزات سنگین (کادمیوم، مس، نیکل، سرب و روی) از طریق طیف بینی جذب اتمی (AAS) صورت گرفت. یافته‌های تحقیق نشانگر این بودند که فلزات کادمیوم ( $0.003 \pm$ ) و روی ( $0.04 \pm 0.0747$ ) و  $2/61 \pm 0.0747$  میکروگرم بر گرم وزن خشک) به ترتیب دارای کمترین و بیشترین غلظت در عضله دمی خرچنگ دراز هفت برم بودند. با توجه به این‌که غلظت تمامی عناصر سنگین مورد سنجش در محدوده‌های مجاز استانداردهای بهداشتی (FAO و WHO) قرار داشتند و همچنین بر اساس ارزیابی خطر بهداشتی (شاخص دریافت روزانه)، خرچنگ‌های هفت برم فارس از نظر باقیمانده این عناصر از سلامت قابل قبولی برخوردار هستند و مصرف روزانه و مداوم این محصولات آبی توسط مصرف‌کنندگان کاملاً ایمن محسوب می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*)، دریاچه‌های هفت برم، فلزات سنگین، سلامت مصرف‌کنندگان، کیفیت بهداشتی

## مقدمه

است. با توجه به جثه درشت این گونه (بیشینه درازا تا ۳۰-۲۵ سانتی متر)، بازارپسندی در کشورهای اروپایی و آسیای شرقی، قابلیت بالای تراکم‌پذیری و تحمل شرایط اسارت، تعیین کیفیت بهداشتی محصول سبب افزایش رقابت‌پذیری شده و در دید بلندمدت منجر به ارزآوری می‌گردد (Kurun *et al.*, 2010). یکی از مهم‌ترین عوامل در کنترل کیفی فرآورده‌های شیلاتی، انباشتگی فلزات سنگین در یافت‌های خوراکی است که اطمینان خاطر مصرف‌کنندگان را به دنبال دارد (Gholamhosseini *et al.*, 2020).

فلزات سنگین از ترکیبات ضروری برای بوم‌سازگان آبی هستند که به‌طور طبیعی معمولاً در مقادیر اندک یافت می‌شوند. به‌واسطه فعالیت‌های انسانی به‌ویژه در بخش صنایع و معادن است که مقادیر زیادی از فلزات از پوسته زمین به محیط‌های آبی دریایی یا داخلی آزاد می‌شوند (Suliman and Suliman, 2019). آلودگی محیط‌زیست به فلزات سنگین، گذشته از خطرات مسمومیت آبزیان و کاهش تنوع زیستی، مهم‌ترین اثر خود را بر سلامت عمومی جامعه مصرف‌کنندگان خواهد داشت (Nascimento *et al.*, 2017)؛ بنابراین توجه به جنبه‌های مختلف سم‌شناسی محیطی یک منفعت جمعی را در پی دارد و در ماهیت خود، نوعی مصلحت‌اندیشی و وظیفه‌ای اجتماعی در سطوح مختلف منطقه‌ای، ملی یا بین‌المللی است. خوشبختانه در گزارش‌هایی که تاکنون در مورد خرچنگ‌های دراز آب شیرین سد ارس منتشر شده است، مقادیر فلزات سنگین مختلف در محدوده مجاز استانداردهای بهداشتی بوده‌اند (Ahmadi Kordestani *et al.*, 2015; Bayat Ahmadi Kordestani *et al.*, 2020).

خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) که با نام خرچنگ دراز چنگال باریک (Narrow-clawed crayfish) نیز شناخته می‌شود، نوعی سخت‌پوست از راسته ده‌پایان (Decapoda) و خانواده Astacidae است که در آب‌های داخلی (Inland waters) سکونت دارد. پراکنش طبیعی این جانور آبی از حوزه آبریز گالیسیا (Galicia) در اروپای مرکزی شرقی آغاز شده و از سوی شرق تا نواحی قزاقستان و از سوی غرب در سراسر اروپا ادامه می‌یابد (Arnaudov *et al.*, 2020). در ایران، زیستگاه طبیعی و اصلی این خرچنگ، تالاب انزلی و پایین‌دست رودخانه‌های متهی به آن بوده است که از سال ۱۳۶۷ توسط شرکت سهامی شیلات ایران به‌صورت دستی و با هدف حفظ ذخایر، افزایش تنوع‌زیستی و پرورش با سیستم گسترده (Extensive system) وارد دریاچه سد ارس در آذربایجان شرقی گردید. طی سال‌های پس از آن، به تدریج معرفی این گونه به ۱۸ دریاچه در سراسر کشور (۱۳ استان) ادامه یافت. هم‌اکنون، جمعیت‌های قابل توجهی از این گونه در دو دریاچه در استان فارس شامل دریاچه‌های هفت برم و ایزدخواست وجود دارد (Ahmadi Kordestani *et al.*, 2015).

در حال حاضر، صید این گونه تنها در سد ارس به‌وسیله پره انجام می‌شود و برای این محصول، بازار مناسبی در ارمنستان و ترکیه، کشورهای اروپایی و روسیه وجود دارد. با وجود ظرفیت بهره‌برداری پایدار این خرچنگ از سایر دریاچه‌های کشور، این امر تاکنون محقق نشده و نیازمند توجه بیشتر نهادهای ذی‌ربط نظیر سازمان شیلات ایران و سازمان حفاظت محیط‌زیست

مکان برمی آید، تعداد برم‌ها (به معنای آبگیر) هفت عدد بوده ولی با توجه به شرایط اقلیمی خشک‌سالی در دهه‌های اخیر هم‌اکنون تنها سه برم دائمی هستند و محل زیست خرچنگ در تمامی فصول سال می‌باشند. در تحقیق حاضر چهار ایستگاه به ترتیب از مسیر دسترسی به جاده اصلی (جنوب به شمال) انتخاب شدند (شکل ۱):

الف) ایستگاه A: این ایستگاه با مختصات جغرافیایی  $29^{\circ}48'40''N$   $52^{\circ}02'17''E$  در ساحل شرقی جنوبی‌ترین برم واقع شده و نزدیک‌ترین ایستگاه به جاده اصلی و مجتمع گردشگری هفت برم است.

ب) ایستگاه B: این ایستگاه در مختصات  $29^{\circ}49'02''N$   $52^{\circ}02'25''E$  در ساحل شرقی برم میانی معروف به برم کودیان واقع شده است.

ج) ایستگاه C: این ایستگاه در مختصات  $29^{\circ}49'41''N$   $52^{\circ}02'43''E$  در ساحل شرقی برم شمالی قرار گرفته است. این برم وسیع‌ترین و عمیق‌ترین آبگیر منطقه بوده و به‌همین دلیل دو ایستگاه برای نمونه‌برداری از آن در نظر گرفته شد.

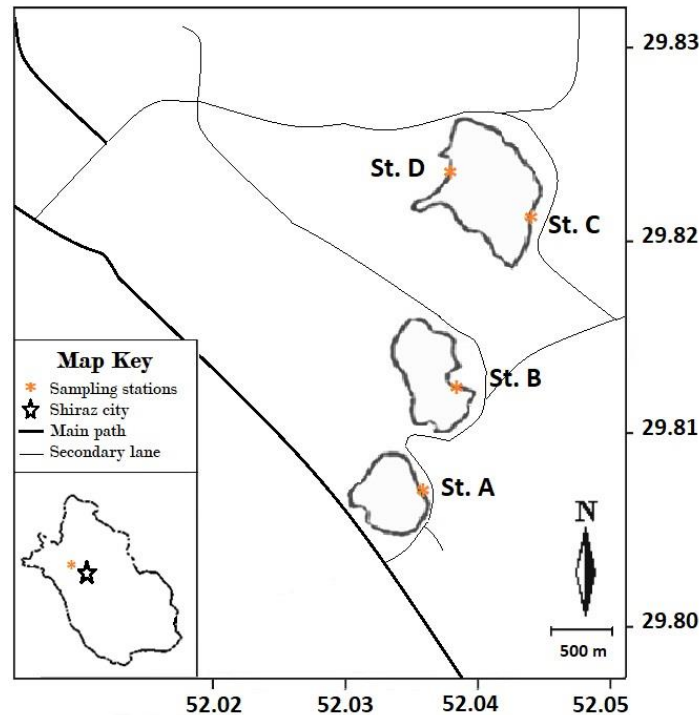
د) ایستگاه D: ایستگاه آخر نیز در مختصات  $29^{\circ}49'52''N$   $52^{\circ}02'25''E$  در ساحل غربی برم شمالی واقع شده و در ادامه مسیر مجدداً به جاده اصلی راه دارد. اگرچه در ادامه مسیر به سوی شمال، پارک ملی برم قرار گرفته است.

تحقیق پیش رو از دو منظر حائز اهمیت است. نخست این‌که دریاچه‌های هفت برم و دریاچه ایزدخواست تنها زیستگاه‌های طبیعی خرچنگ دراز آب شیرین در استان فارس هستند و به‌عبارتی این جانوران آبزی کفزی می‌توانند مدل مناسبی برای انجام مطالعات سم‌شناسی محیطی در این زیستگاه‌ها باشند. به‌علاوه، این آبگیرها با توجه به این‌که در پایین‌دست روستاهای قلات و کودیان شیراز واقع شده‌اند و از گردشگاه‌های قدیمی مردم شیراز هستند، اخیراً شاهد اخذ مجوز، احداث و بهره‌برداری از معادن متعدد بوده‌اند. این موضوع سبب شده تا بر اساس مشاهدات میدانی، وضعیت کیفی آب دریاچه‌ها تحت تأثیر قرار گیرد. با توجه به وجود ظرفیت‌های اقتصادی پرورش گسترده خرچنگ دراز آب شیرین در این منطقه، لازم است تا پایشی بر کیفیت بهداشتی این محصول صادراتی از نظر انباشتگی عناصر سنگین صورت گیرد؛ بنابراین، مطالعه پیش رو، با هدف تعیین کیفیت بهداشتی خرچنگ دراز آب شیرین هفت برم استان فارس از نظر عناصر سنگین انباشته شده در محصول انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### - منطقه مورد مطالعه

منطقه نمونه‌گیری هفت برم در شمال شرقی دشت ارژن شیراز (استان فارس) بود. همان‌طور که از نام این



شکل (۱) - ایستگاه‌های نمونه‌برداری در هفت برم استان فارس (جنوب به شمال): الف) St. A، ب) St. B، ج) St. C و د) St. D.

#### - نمونه‌برداری

برای بررسی میزان فلزات سنگین باقیمانده در گوشت خرچنگ‌های هفت برم، در مهرماه سال ۱۳۹۷ تعداد ۱۵ نمونه خرچنگ از هر ایستگاه طی یک عملیات شبانه صید گردید (مجموعاً ۴۵ نمونه). ابزار صید قفس‌های دست‌ساز با ابعاد ۶۵×۴۰×۲۵ سانتی‌متری دارای یک دریچه، بویژه سطحی (نشانگر) و محتوی طعمه بوده که دست‌کم به مدت ۲ ساعت با استفاده از وزنه در بستر ثابت شده بود. طعمه پیشنهادی، قطعات میگوی دریایی آغشته به یک چاشنی جاذب بود. تمامی نمونه‌های صید شده به صورت زنده به آزمایشگاه بخش بهداشت آبزیان دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز منتقل شدند.

#### - آماده‌سازی نمونه‌ها

نخست خرچنگ‌ها با قرار گرفتن در آب یخ بی‌حرکت و بی‌هوش شدند. سپس با رعایت ملاحظات اخلاق زیستی، عضله دمی (Tail meat) جدا شده و از گوشت این قسمت به‌عنوان بافت خوراکی نمونه برداشته شد. به‌منظور تعیین غلظت به ازای وزن خشک نمونه، نمونه‌ها در آون با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس خشک شدند، سپس در هاون چینی به‌صورت پودر درآمدند. آماده‌سازی نمونه‌ها طبق روش قبلی (Gholamhosseini *et al.*, 2018) و از طریق هضم شیمیایی نمونه‌ها با ترکیب اسید نیتریک و اسید پرکلریک (نسبت ۱:۷) انجام شد.

## - سنجش شیمیایی

استاندارد مرجع (SRM 2977 mussel tissue) استفاده شد. به منظور ترسیم منحنی کالیبراسیون عناصر، طیفی از رقت‌های مختلف به دستگاه تزریق شدند. خطای نسبی (Relative Error)، راندمان (R) و حد تشخیص (LOD) دستگاه به ترتیب برابر با ۴/۸، ۲/۹۵ درصد و ۰/۰۰۳ قسمت در میلیون از طریق معادلات ذیل محاسبه شدند:

$$RE\% = \frac{\text{Measured value} \times \text{Nominal value}}{\text{Measured value}} * 100 \quad (\text{معادله ۱})$$

$$R\% = 100 - RE\% \quad (\text{معادله ۲})$$

$$LOD = \frac{\text{Sd intercept}}{\text{X-variable}} * 3.3 \quad (\text{معادله ۳})$$

فلزات سنگین باقیمانده در بافت خوراکی خرچنگ‌ها شامل کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، نیکل (Ni)، سرب (Pb) و روی (Zn) با به‌کارگیری دستگاه طیف بینی جذب اتمی (شرکت Shimadzu مدل AA-670) سنجیده شده و با استفاده از منحنی کالیبراسیون مقادیر جذب به غلظت تبدیل و مقدار نهایی گزارش شد. در این پژوهش برای دستیابی به غلظت موردنظر فلز از

- ارزیابی خطر بهداشتی دریافت روزانه عناصر سنگین به منظور ارزیابی خطر مصرف این آبزیان شاخص «دریافت روزانه (DI)» به کار گرفته شد:

$$DI = \frac{(Cm \times IR)}{BW} \quad (\text{معادله ۴})$$

و کودکان (زیر ۱۸ سال) به ترتیب معادل ۷۰ و ۴۰ کیلوگرم؛ و IR میزان مصرف روزانه در جامعه مصرف‌کنندگان برابر با ۵/۶ گرم در روز در نظر گرفته شد. طبق آخرین گزارش رسمی فائو (FAO)، میانگین سرانه مصرف آبزیان در دنیا معادل ۲۰/۵ کیلوگرم در سال می‌باشد که ۱۰ درصد این مقدار را خرچنگ (Crab) / شاه‌میگو (Crayfish/lobstr) تشکیل می‌دهد (FAO, 2020).

در این معادله Sd انحراف معیار، intercept عرض از مبدأ (b) و x-variable شیب خط (a) هستند.

در این معادله Cm غلظت اندازه‌گیری شده در بافت خوراکی (ماهیچه) خرچنگ برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر و از آنجایی که این محصولات به شکل تازه (بدون فرایند خشک کردن) توسط مصرف‌کنندگان مورد تغذیه قرار می‌گیرند، غلظت‌های سنجیده شده برحسب وزن خشک نمونه از طریق معادله (Con. in WW = Con in DW \* [(100 - 70% of water)/100]) به وزن تر تبدیل شدند (Olmedo et al., 2013)؛ BW وزن بدن مصرف‌کنندگان که در این تحقیق به تفکیک بزرگسالان

## - آنالیز آماری

آمار توصیفی و استنباطی در محیط SPSS 22.0 صورت گرفت.

## یافته‌ها

- انباشتگی فلزات سنگین (آمار توصیفی)

نتایج حاصل از آمار توصیفی داده‌های تحقیق نشان داد که مقدار باقیمانده عناصر کادمیوم، مس، نیکل، سرب و روی به ترتیب با میانگین‌های ۰/۰۰۴، ۱/۶۳۵، ۰/۱۱۲، ۰/۲۰۹ و ۲/۶۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک ثبت شدند (جدول ۱).

ابتدا نرمال بودن آن‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (KS) بررسی گردید. مقادیر حاصل شده از ایستگاه‌ها از طریق آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و آزمون تعقیبی دانکن (Duncan test) در سطح اطمینان ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند. جهت مقایسه غلظت عناصر سنگین با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد (FAO) از آزمون تی تک نمونه‌ای (One sample T-test) بهره گرفته شد. کلیه محاسبات

جدول (۱) - آمار توصیفی میزان فلزات سنگین سنجیده شده (برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک)

شاخص‌های آماری						عنصر سنگین
بیشینه	کمینه	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	تعداد	
۰/۰۱۲	*ND	۷۷/۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۴۵	کادمیوم
۲/۴۸۵	۰/۸۶	۴۱/۱۸	۰/۶۷	۱/۶۳۵	۴۵	مس
۰/۱۷	۰/۰۵	۳۶/۹۷	۰/۰۴۱	۰/۱۱۲	۴۵	نیکل
۰/۳۵۶	۰/۱۲۴	۳۵/۶	۰/۰۷۴	۰/۲۰۹	۴۵	سرب
۴/۱	۱/۹	۲۸/۶۴	۰/۷۴۷	۲/۶۱	۴۵	روی

\* Non-detectable = تشخیص داده نشده

خرچنگ‌های صید شده از ایستگاه مختلف در دریاچه‌های هفت برم استان فارس در جدول (۲) نشان داده شده است.

- مقایسه ایستگاه‌ها از منظر آلودگی خرچنگ‌ها به فلزات سنگین

نتایج آنالیز واریانس باقیمانده فلزات سنگین شامل کادمیوم، مس، نیکل، سرب و روی در گوشت

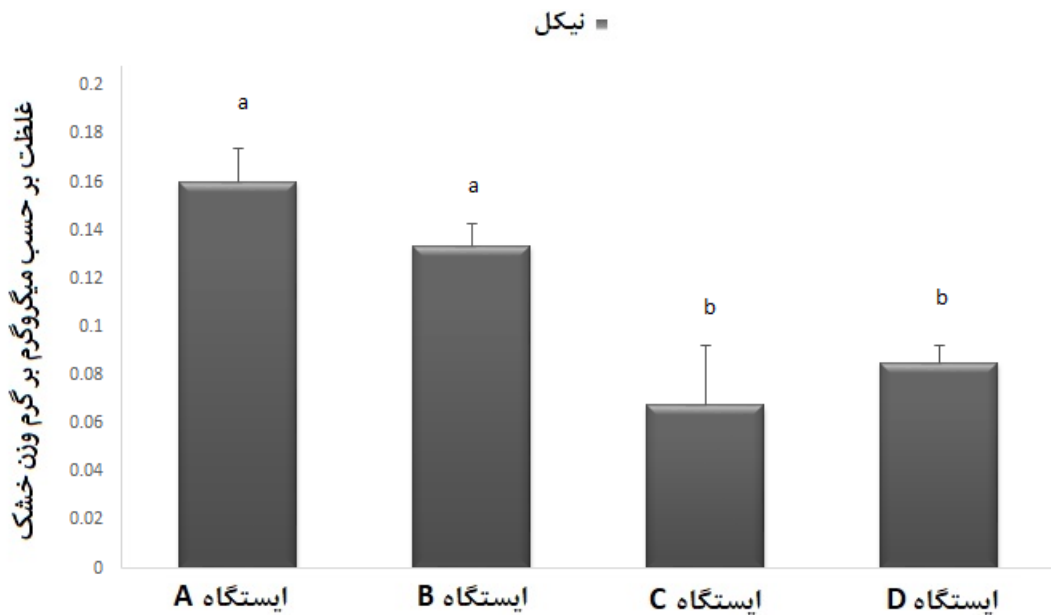
جدول (۲) - نتایج تحلیل واریانس باقی مانده فلزات سنگین باقیمانده در گوشت خرچنگ‌های صید شده از ایستگاه‌های مختلف

عنصر سنگین	متغیر	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	سطح محاسبه شده (F)	سطح معنی دار (P)
کادمیوم	بین گروهی	۰/۱۱۷	۳			
	درون گروهی	۰/۳۴۰	۴۱	۰/۰۳		
	کل	۰/۴۵۷	۴۴	۰/۰۴	۰/۹۱	۰/۴۸
مس	بین گروهی	۰/۰۰۸	۳			
	درون گروهی	۰/۰۰۵	۴۱	۰/۰۰۴		
	کل	۰/۰۱۴	۴۴	۰/۰۰۲	۲/۴۳۱	۰/۲۳۶
نیکل	بین گروهی	۶/۵۲	۳			
	درون گروهی	۸/۶۳	۴۱	۱/۰۸		
	کل	۱۵/۱۵	۴۴	۲/۱۷	۰/۱۹	۰/۰۴
سرب	بین گروهی	۱/۰۹۷	۳			
	درون گروهی	۱/۴۸۲	۴۱	۰/۵۴۹		
	کل	۲/۵۷۹	۴۴	۰/۴۹۴	۱/۱۱۱	۰/۴۳۶
روی	بین گروهی	۰/۱۲۳	۳			
	درون گروهی	۰/۱۰۲	۴۱	۰/۰۶۱		
	کل	۰/۲۲۵	۴۴	۰/۰۳۴	۱/۷۹۴	۰/۳۰۷

معنی دار نبود. نمودار (۱) نتایج آزمون تعقیبی دانکن را در مورد فلز سنگین نیکل باقیمانده در گوشت خرچنگ‌های صید شده از ایستگاه‌های مختلف، نشان داده است.

بر اساس جدول (۲)، یک تفاوت معنی دار بین ایستگاه‌ها در فلز نیکل باقیمانده در گوشت خرچنگ وجود دارد ( $P < ۰/۰۵$ )؛ اما اختلاف آماری بین ایستگاه‌ها در مورد عناصر سنگین کادمیوم، مس، سرب و روی





نمودار (۱) - مقایسه میانگین‌های نیکل باقی‌مانده در گوشت خرچنگ‌های صید شده از ایستگاه‌های مختلف a و b: اختلاف بین میانگین کادمیوم در ایستگاه‌های مختلف معنی‌دار می‌باشد ( $P < 0/05$ ).

- مقایسه باقیمانده فلزات در گوشت خرچنگ‌ها با استانداردهای جهانی  
مقایسه مقادیر فلزات سنگین باقیمانده در گوشت خرچنگ‌های صید شده از هفت برم با استانداردهای بهداشتی بین‌المللی نشان داد که غلظت تمامی عناصر مورد سنجش به‌طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) کمتر از حد مجاز است (جدول ۳).

به استناد نمودار (۱)، تفاوت آماری معنی‌دار بین غلظت نیکل در گوشت خرچنگ‌های صید شده از برم شمالی با سایر آبگیرها قابل مشاهده است ( $P < 0/05$ )؛ اما تفاوت آماری بین خرچنگ صید شده از دو ایستگاه این برم و همچنین بین برم کودیان و برم جنوبی معنی‌دار نبود.

جدول (۳) - نتایج مقایسه آماری میزان فلزات سنگین خرچنگ‌های دراز آب شیرین هفت برم استان فارس با استانداردهای بهداشتی

عنصر	مقدار استاندارد (PPM)	تفاوت میانگین از استاندارد (PPM)	آماره t	Df	P-Value	فاصله اطمینان (۰/۹۵)	
						حد بالایی	حد پائینی
Cd (ppm)	۰/۵ (WHO, 1989)	-۰/۴۹۶	-۳۵/۶۵۵	۴۴	۰/۰۰۰	-۰/۵۱۲	-۰/۴۸
Cu (ppm)	۳۰ (WHO, 1989)	-۲۸/۳۶۵	-۴۳/۲۵	۴۴	۰/۰۰۰	-۲۸/۷۸۹	-۲۷/۹۴۲
Ni (ppm)	۱۰ (FAO/WHO, 1989)	-۹/۸۸	-۱۱۲/۶۴	۴۴	۰/۰۰۰	-۱۰/۱۵	-۹/۷۳
Pb (ppm)	۰/۵ (WHO, 1989)	-۰/۲۹۱	-۲۰/۹۸۹	۴۴	۰/۰۰۲	-۰/۳۰۲	-۰/۲۸
Zn (ppm)	۳۰ (FAO, 1983)	-۲۷/۳۹	-۹۳/۴۱۷	۴۴	۰/۰۰۰	-۲۸/۶۹	-۲۶/۰۹

## - خطر بهداشتی مصرف خرچنگ‌ها از نظر انباشتگی عناصر سنگین

توسط گروه‌های سنی مختلف (کودکان، بزرگسالان) مصرف‌کنندگان کاملاً ایمن بوده و مخاطره‌ای از این نظر برای آن‌ها وجود ندارد.

ارزیابی خطر بهداشتی نشان داد که با توجه به حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (MTDI) فلزات سنگین، مصرف روزانه و مداوم این محصولات آبی

جدول (۴)- نتایج ارزیابی ریسک سلامت خرچنگ‌های صیدشده از هفت برم استان فارس نسبت به فلزات سنگین

MTDI* (mg/g/BW/day)	دریافت روزانه (میلی‌گرم بر گرم وزن بدن در روز)		عنصر سنگین
	بزرگسالان	کودکان	
$6 \times 10^{-3}$	$2/17 \times 10^{-2}$	$3/79 \times 10^{-4}$	کادمیوم
۳۰/۰۰	$7/86 \times 10^{-2}$	$1/37 \times 10^{-1}$	مس
۳۰/۰۰	$5/36 \times 10^{-3}$	$9/39 \times 10^{-3}$	نیکل
۲۱/۰۰	$1/01 \times 10^{-2}$	$1/76 \times 10^{-2}$	سرب
۶۰/۰۰	$1/25 \times 10^{-1}$	$2/19 \times 10^{-1}$	روی

\*MTDI: حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (NRC, 1989; JECFA, 2000)

## بحث و نتیجه‌گیری

باتری‌سازی و آب‌کاری سبب می‌شود تا سرنوشتی جداگانه نسبت به عنصر روی داشته باشد (USEPA, 2000). در میان عناصر مورد مطالعه، کادمیوم نادرترین عنصر پوسه زمین می‌باشد و مقادیر قابل توجه آن تنها در محیط‌های مجاور معادن فلزی و صنایع یافت می‌شوند (Olmedo et al., 2013). مقدار کادمیوم انباشته شده در خرچنگ، کمی بیش از حد تشخیص دستگاه ( $0/003 \text{ ppm}$ ) بود که تنها در محیط‌های آبی بکر می‌توان این مقدار انباشتگی زیستی را ثبت نمود. بر اساس مروری که بر منابع مشابه صورت گرفت، مصرف خرچنگ دراز دریاچه سد ارس از نظر باقیمانده سرب  $2/36 \pm 10/18$  میکروگرم بر گرم وزن خشک در وضعیت هشدار قرار دارد (Ahmadi Kordestani et al., 2015). این در حالی است که جدیدترین تحقیق در خصوص خرچنگ دراز این حوزه آبریز حکایت از

اهمیت آلودگی با فلزات سنگین علاوه بر رخداد مسمومیت‌های حاد، افزایش دادن احتمال مشکلات ساختاری، عملکردی و رفتاری به‌ویژه در تولید مثل و به‌خطر انداختن حیات انسانی است که در گروه‌های پرخطر نظیر کودکان، مادران باردار و شیرده و سالمندان اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (Gholamhosseini et al., 2019). از این رو پایش‌ها کیفیت بهداشتی محصولات غذایی مختلف اهمیت روزافزونی می‌یابد. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که کادمیوم با  $0/003 \pm 0/004$  و روی  $0/747 \pm 2/61$  میکروگرم بر گرم وزن خشک، به‌ترتیب کمترین و بیشترین غلظت را در بافت خوراکی (عضله دمی) خرچنگ دراز هفت برم داشتند. اگر چه کادمیوم عموماً در سنگ معدن روی یافت می‌شود، کاربرد این فلز سمی در صنایع مختلف به‌ویژه

دره شده و از سوی دیگر جهت شیب جنوب شرقی- شمال غربی از چهل چشمه دشت ارژن به هفت برم ختم می‌گردد (Alem and Mohammadi, 2014). با توجه به وضعیت گردشگری و وجود معادن در روستاهای اشاره شده در بالادست (شمال) سبب می‌شود تا رسوبات آبرفتی نهایتاً به برم جنوبی برسند؛ بنابراین بیشتر بودن مقادیر فلزات سنگین نظیر نیکل در این برم قابل انتظار است. به علاوه، دسترسی بیشتر به جاده اصلی می‌تواند احتمال رسیدن این فلز از اتمسفر به آب و رسوبات دریاچه را افزایش دهد (Hasnvand et al., 2018).

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، با توجه به وجود معادن متعدد و به‌طور ویژه چندین معدن شن و ماسه در بالادست دریاچه‌ها انباشتگی فلزات سنگین در گونه‌های کفزی نظیر خرچنگ‌های دراز آب شیرین محتمل می‌نمود. با توجه به این‌که غلظت تمامی عناصر سنگین مورد سنجش در محدوده‌های مجاز استانداردهای بهداشتی (WHO و FAO) قرار داشتند و همچنین بر اساس ارزیابی خطر بهداشتی (شاخص دریافت روزانه)، گوشت خرچنگ‌های هفت برم فارس از نظر باقیمانده این عناصر از سلامت قابل قبولی برخوردار است.

### تعارض منافع

لازم است تا اطمینان داده شود که منافع نویسندگان در پژوهش پیش رو، هیچ‌گونه تعارضی با یکدیگر ندارد.

ایمن بودن و قابل اطمینان بودن این محصول از نظر غلظت کادمیوم ( $0/079 \pm 0/338$ ) و نیکل ( $0/066 \pm 0/285$ ) میکروگرم بر گرم وزن خشک) برای مصرف‌کنندگان دارد (Bayat and Gharekhani, 2020)؛ بنابراین مقایسه ارقام به‌دست آمده در تحقیق پیش رو نشان می‌دهد که تمامی عناصر سنگین اشاره شده در خرچنگ حوزه هفت برم فارس انباشتگی به‌مراتب کمتری نسبت به خرچنگ حوزه ارس دارند و دریاچه‌های هفت برم به‌رغم وجود معادن شن و ماسه در بالادست خود، از آلودگی کمتری به نسبت سد ارس برخوردار است. همچنین، در قیاس با خرچنگ دراز

سیدشده از دریاچه‌های Terkos ترکیه (Kurun et al., 2015) و Kardzhali قزاقستان (Arnaudov et al., 2020) نیز نوع هفت برمی آلودگی فلزی کمتری داشته و نشان‌دهنده دارا بودن مزیت‌های رقابتی این محصول صادراتی به نسبت کشورهای منطقه است. مقایسه برم‌ها از منظر انباشتگی زیستی عنصر نیکل نشان داد که برم جنوبی آلوده‌ترین آبرگیر در میان سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه بوده است. اگرچه تفاوت آماری بین برم جنوبی و کودیان وجود ندارد و این آبرگیرها از نظر انباشتگی سایر فلزات سنگین نیز فاقد تفاوت معنی‌دار با یکدیگر هستند. به‌نظر می‌رسد که میزان آلاینده‌گی با جهت شیب منطقه دارای یک رابطه می‌باشد. از آنجایی‌که دریاچه‌های آب شیرین هفت برم در شمال غرب شیراز و شرق زاگرس چین خورده واقع شده‌اند و از نظر زمین‌شناسی در فارس داخلی و روی سازند گچساران و حاشیه غربی گسل کره واقع شده است، جهت شیب شمال غربی-جنوب شرقی از پارک برم، قلات و کودیان و همت‌آباد در نهایت منتهی به این

## سپاسگزاری

رخشانی نژاد رزیدنت‌های بخش بهداشت آبزیان  
دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز جهت کمک در  
نمونه‌برداری اعلام می‌نمایند.

نویسندگان مراتب قدردانی و سپاسگزاری خود را از  
آقایان دکتر محمدرضا خیراندیش و مصطفی

## منابع

- Ahmadi Kordestani, A., Hamidian, A.H., Hosseini, S.V. and Ashrafi, S. (2015). Determination of heavy metals concentration in muscle tissue of Cryfish (*Astacus leptodactylus*). Journal of Natural Environment, 68(3): 345-351. [In Persian]
- Alem, H. and Mohammadi, Z. (2014). Investigation of water source of lakes, case study: Haft Boram lakes, Fars province. International Bulletin of Water Resources and Development. 5(2): 34-46. [In Persian]
- Arnaudova, D., Pavlova, A. and Arnaudo, A. (2020). Study of the bioaccumulation of heavy metals in some areas of the Kardzhali dam. Tradition and Modernity in Veterinary Medicine. 2(25): 90-93.
- Bayat, N. and Gharekhani, A. (2020). Comparative level of heavy metals and some chemical properties of different tissues of Aras Dam *Astacus leptodactylus*. Journal of Fisheries Science and Technology, 9(3): 222-231. [In Persian]
- Food and Agricultural Organization of the United Nations, (1983). Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products. FAO No. 464.
- Food and Agricultural Organization/ World Health Organization, (1989). Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. FAO/WHO No. 505.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2014). Species Fact Sheets. FAO (Fisheries and Aquaculture Department) No. 123.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2020). The state of world fisheries and aquaculture, sustainability action. Rome, Italy. 224p. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- Gholamhosseini, A., Shiry, N., Soltanian, S., Ali, M. (2018). Health risk assessment of some toxic trace metals in captured shrimps from the northern coasts of Oman Sea. Journal of Food Hygiene, 8(32): 49-65. [In Persian]
- Gholamhosseini, A., Shiry, N., Soltanian, S. and Salighezadeh, M. (2019). Heavy metals amount remained in the muscle and hepatopancreas of Chabahar Bay's Pharaoh Cuttlefish (*Sepia pharaonis*) compared to the global guidelines (WHO & FAO). Journal of Marine Biology, 11(3): 51-60. [In Persian]
- Gholamhosseini, A., Shiry, N., Banaee, M. and Soltanian, S. (2020). Bioaccumulation of metals in marine fish species captured from the northern shores of the Gulf of Oman, Iran. Regional Studies in Marine Science. 101599.
- Hasnvand, H., Ghasemi Aghbash, F., Soilgi, E. and Pazhohan, I. (2018). The distance from road effects on heavy metals accumulation in soil and leaves of Persian oak trees (*Quercus brantii*) in Aleshtar–Khorramabad highway. Journal of Forest Research and Development, 4(1): 29-41.
- Kurun, A., Balkıs, N., Erkan, M., Balkıs, H., Aksu, A. and Erşan, M. S. (2010). Total metal levels in crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), and surface sediments in Lake Terkos, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 169: 385–395.
- Nascimento, J.R., Sabadini-Santos, E., Carvalho, C., Keunecke, K.A., César, R. and Bidone, E.D. (2017). Bioaccumulation of heavy metals by shrimp (*Litopenaeus schmitti*): A dose–response approach for coastal resources management. Marine Pollution Bulletin, 114(2): 1007-1013.

- Olmedo, P., Pla, A., Hernandez, A.F., Barbier, F., Ayouni, L. and Gill, F. (2013). Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. *Environment International*, 59: 63-72.
- Sulieman, H.M.A. and Suliman, E.M. (2019). Appraisal of heavy metal levels in some marine organisms gathered from the Vellar and Uppanar estuaries Southeast Coast of Indian Ocean, *Journal of Taibah University for Science*, 13(1): 338-343. 13(1): 338-343.
- United States Environment Protection Agency, (2000). Risk-based concentration table. USEPA No. 25.
- World Health Organization, (1989). Heavy metals-environmental aspects, *Environment Health Criteria*. WHO No. 85.