

## Comparison on accumulation of heavy metals (Fe, Zn, Cu, Mn, and Ni) in soft and hard tissue of Blue Swimmer Crab (*Portunus pelagicus*) in Bushehr coastal

## مقایسه تجمع فلزات سنگین (آهن، روی، مس، منگنز و نیکل) در بافت نرم و سخت خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) سواحل شهرستان بوشهر

Zahra Moradi<sup>1</sup>, Eisa Solgi<sup>2\*</sup>

1. M.A. of Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
  2. Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
- (Received: May 31, 2018 - Accepted: Dec. 29, 2018)

زهرا مرادی<sup>۱</sup>، عیسی سلگی<sup>۲\*</sup>

۱. کارشناس ارشد آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
  ۲. دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۰/۸)

### Abstract

The dangers of bio-accumulation of metals at higher levels in the food chain are one of the major concerns in human health. Heavy metals are resistant to degradation and accumulate in the body of aquatic animals, including crayfish. This study was conducted to compare the accumulation of heavy metals in soft and hard crab blue swimmers of Bushehr shores. Crab samples (40) were collected randomly in the autumn of 1395 using boats and fishing trips from Bushehr coastlines. The acid digestion method was used to prepare the samples. The concentrations of Fe, Zn, Cu, Mn, and Ni in hard tissue were  $90.70 \pm 43.01$ ,  $52.93 \pm 6.78$ ,  $37.73 \pm 13.85$ ,  $23.50 \pm 7.76$  and  $4.37 \pm 3.66$  mg/kg dry weight respectively and in soft tissue were  $83.81 \pm 56.94$ ,  $17.51 \pm 4.11$ ,  $92.28 \pm 28.69$ ,  $69.12 \pm 3.73$  and  $4.24 \pm 3.90$  respectively. Metal concentrations of hard tissue were significantly higher than those in soft tissue. Based on the results in soft crab tissue, the mean concentration of copper was higher than the WHO and NHMRC standards, the mean concentration of nickel was higher than the WHO and FAO standards and the mean concentration of zinc were lower than the global standard. In the hard tissue, the mean value of copper and nickel was higher than the international standards and Zn lower than these standards. Generally, Ni and Cu were higher than the standards that can create risk to human health.

**Keywords:** Busheher coastal, Crab, Food chain, Persian gulf, Portunidae family.

### چکیده

خطرهای حاصله از تجمع زیستی فلزات در سطوح بالاتر زنجیره غذایی، یکی از نگرانی‌های عمده در بحث سلامت انسان است. فلزات سنگین در برابر تجزیه شدن مقاوم می‌باشند و در بدن آبزیان از جمله خرچنگ تجمع می‌یابند. این مطالعه با هدف بررسی مقایسه تجمع فلزات سنگین در بافت نرم و سخت خرچنگ شناگر آبی سواحل بوشهر انجام گرفت. نمونه‌های خرچنگ (۴۰ عدد) در پاییز ۱۳۹۵ به روش تصادفی و با استفاده از قایق و تور صیادی از سواحل بوشهر جمع‌آوری شد. جهت آماده‌سازی نمونه‌ها از روش هضم اسیدی استفاده گردید. میانگین غلظت فلزات آهن، روی، مس، منگنز و نیکل در بافت سخت خرچنگ شناگر آبی به ترتیب  $۹۰/۷۰ \pm ۴۳/۰۱$ ،  $۵۲/۹۳ \pm ۶/۷۸$ ،  $۳۷/۷۳ \pm ۱۳/۸۵$ ،  $۲۳/۵۰ \pm ۷/۷۶$ ،  $۴/۳۷ \pm ۳/۶۶$  میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک و در بافت نرم خرچنگ به ترتیب  $۸۳/۸۱ \pm ۵۶/۹۴$ ،  $۱۷/۵۱ \pm ۴/۸۳$ ،  $۹۲/۲۸ \pm ۲۸/۱۷$ ،  $۶۹/۱۲ \pm ۳/۹۲$ ،  $۴/۲۴ \pm ۳/۶۹$  به دست آمد. غلظت فلزات در بافت سخت خرچنگ به‌طور معنی‌داری بیشتر از بافت نرم بود. براساس نتایج در بافت نرم خرچنگ میانگین غلظت فلز مس بیشتر از حد استاندارد WHO و NHMRC، میانگین فلز نیکل بیشتر از حد استاندارد WHO و FAO و میانگین فلز روی کمتر از استانداردهای جهانی به دست آمد. در بافت سخت خرچنگ در مقایسه با استانداردهای جهانی میانگین فلزات مس و نیکل بیشتر و میانگین فلز روی کمتر از حد استاندارد به‌دست آمد. در مجموع مقادیر فلزات نیکل و مس بالاتر از استانداردها بود که ممکن است سلامت مصرف‌کنندگان را به خطر می‌اندازد.

**واژه‌های کلیدی:** خرچنگ، خانواده Portunidae، خلیج فارس، زنجیره غذایی، سواحل بوشهر.

## مقدمه

خلیج فارس یکی از بزرگ‌ترین خلیج‌های جهان به‌شمار می‌آید که به‌عنوان زیستگاه بسیاری از موجودات آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. فعالیت‌های صنایع مستقر در سواحل خلیج فارس یکی از مهم‌ترین عوامل ورود آلاینده‌های فلزی به آب‌های این منطقه می‌باشد (Hosseini & Abdi Bastami, 2012).

به‌دنبال انتقال آلاینده‌های مختلف به این سواحل این احتمال به‌وجود می‌آید که آبریان مقادیری از فلزات را جذب نمایند (Canli & Atli, 2002). در این میان فلزات سنگین با توجه به مقدار سمیت، پایداری و توانایی تجمع زیستی از اهمیت بالایی برخوردارند (Al-Yosouf *et al.*, 2000).

آهن از اجزای مهم هموگلوبین است، بدن در بافت‌های مختلف نیاز به ۴ تا ۵ گرم آهن دارد. فلز روی از فلزات معدنی استثنایی است که در سلامتی عمومی بدن نقش مهمی ایفا می‌نماید (Hambidge & Krebs, 2007).

فلز مس به‌صورت آزاد در خون باعث افزایش گونه‌های فعال اکسیژنی می‌گردد. وجود مقدار اندک نیکل در مواد غذایی برای بدن ضروری است، اما زمانی که مقدار آن از حد مجاز فراتر رود، احتمال ابتلا به سرطان را افزایش می‌دهد (Velayatzadeh & AskarySary, 2014). افزایش منگنز نیز می‌تواند اثرات سمی شدیدی بر سیستم‌های مختلف بدن برجای گذارد (Sobhanardakani, 2016).

خرچنگ‌های خانواده Portunidae یکی از منابع مهم غذایی و یک جزء ارزشمند در ماهی‌گیری ساحلی بسیاری از کشورهای مناطق استوایی اند (Kyomo, 1999). این گونه اغلب در خورها و زیستگاه‌های گلی یافت می‌شود (Kamrani *et al.*, 2010). خرچنگ شناگر آبی دارای مصارف مختلفی از جمله مصارف خوراکی می‌باشد (Daryalal *et al.*, 2011). از پوسته خرچنگ ترکیبات کیتین که در صنایع مختلف

کاربرد دارند، استخراج می‌شود (Khakshoor *et al.*, 2014).

سخت پوستان به‌دلیل تجمع زیستی فلزات می‌توانند به‌عنوان یک شاخص زیستی محسوب گردند (Ghotbuddin & Shirali, 2014). سن، طول، وزن، جنسیت، عادت تغذیه‌ای و خواص شیمیایی آب عوامل مؤثر در تجمع فلزات در خرچنگ می‌باشند (Demirak *et al.*, 2006). از پژوهش‌های مرتبط می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

Niani & Entezami (2013) بررسی و مقایسه میزان تجمع سه فلز سنگین سرب نیکل و کادمیم در بافت‌های بدن خرچنگ شناگر آبی در دو ایستگاه بندرعباس و جزیره کیش پرداختند. براساس آنالیزهای انجام‌شده براساس استاندارد WHO مقدار فلزات سنگین پایین‌تر از حد استاندارد بود.

Reinecke *et al.* (2003) در آفریقای جنوبی غلظت سرب را در برخی از خرچنگ‌ها مورد بررسی قرار دادند و تفاوت معنی‌داری را در اندام‌های مختلف مشاهده نمودند، به‌طوری‌که گنادها دارای بیشترین و لوله گوارش دارای کمترین غلظت بود. هم‌چنین خرچنگ‌های کوچک سرب بیشتری را در بدن خود تغلیظ می‌کردند.

Zeng *et al.* (2016) فراوانی ۲۷ عنصر در پوسته خرچنگ و حلزون در چین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت فلزات در پوسته خرچنگ‌ها در جنس نر بالاتر از جنس ماده بود درحالی‌که برای فلز بر (B) معکوس بود. استنباط شد که تجمع فلزات در پوسته خرچنگ تحت تأثیر جنس قرار دارد.

فلزات سنگین آلاینده‌های پایداری هستند این فلزات می‌توانند وارد سطوح مختلف زنجیره غذایی شده و اثرات جدی بر سلامت انسان ایجاد کنند. لذا بررسی فلزات سنگین در موجودات زنده از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. هم‌چنین با توجه به این‌که، خرچنگ شناگر آبی از موجودات مهم در حفظ تعادل زنجیره غذایی دریاها و از غذاهای اصلی در رژیم غذایی

داده و خرد کرده به طوری که به صورت پودر درآمد و جهت هضم شیمیایی آماده شدند. سپس تمام نمونه‌های پودر شده درون قوطی‌های پلاستیکی ریخته و نوع بافت و کد نمونه روی برچسب هر قوطی نوشته شد و درب آن محکم بسته شد تا از ورود رطوبت به درون آن جلوگیری شود. برای هضم نمونه‌های خرچنگ، ابتدا بافت‌های خشک شده در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند تا به خاکستر تبدیل شوند. برای به دست آوردن خاکستر سفید رنگ چند قطره آب مقطر به خاکستر اضافه شد (Cheraghi et al., 2014).

نمونه‌ها با ترکیب سه اسید (  $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$  )  $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$  با نسبت ۵/۰ گرم به ازای هر ۵ میلی گرم در دمای ۱۰۰ سانتی‌گراد هضم شدند. عملیات هضم تا زمانی که محلول شفاف رنگ ظاهر شود ادامه یافت (Ekpo & Ukpong, 2014). محلول حاصل با استفاده از کاغذ فیلتر وایتمن ۴۲ میکرومتر صاف شد و با آب دیونیزه شده به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد، پس از هم زدن کامل و یکنواخت شدن، غلظت فلزات محلول به دست آمده با استفاده از جذب اتمی مدل Jena Contra 700 Analitical به روش شعله اندازه‌گیری شد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS 19 و در رسم نمودارها و جدول‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. به دلیل نرمال نبودن داده‌ها از آمار غیرپارامتری مناسب استفاده گردید. به منظور بررسی و وجود ارتباط بین طول و یا وزن با غلظت فلزات سنگین و همچنین بررسی ارتباط میان غلظت فلزات سنگین با یکدیگر، از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شد. برای بررسی اختلاف بین نرها و ماده‌ها از نظر غلظت فلزات (تأثیر جنسیت در غلظت فلزات) آزمون تی مستقل به کار گرفته شد. همچنین برای مقایسه میانگین داده‌ها و برای مقایسه دوه‌دو از آزمون من ویتنی یو استفاده

افراد بومی منطقه و از گونه‌های مهم تجاری محسوب می‌شود آگاهی از تجمع فلزات در این گونه، یک امر ضروری به‌شمار می‌آید. بررسی کنونی با توجه به اهمیت مصرف آبزیان در سلامت انسان طراحی گردید و به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین در بافت خرچنگ شناگر آبی در سواحل بوشهر انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری در پاییز ۱۳۹۵ با استفاده از قایق صیادی و با تور صیادی (ترال و گرگور) در آب‌های سواحل استان بوشهر انجام گرفت. نمونه‌ها (۴۰ عدد خرچنگ) به صورت تصادفی جمع‌آوری شدند. نمونه‌ها درون کیسه پلاستیکی و داخل جعبه‌های یونولیت حاوی یخ پودر شده نگهداری و در کمترین زمان ممکن به آزمایشگاه محیط زیست دانشگاه ملایر انتقال داده شدند.

سپس نمونه‌ها با آب مقطر سرد شست‌وشو داده شدند. طول نمونه‌ها (از طریق کولیس) و وزن (ترازوی دیجیتال) قبل از جداسازی عضله اندازه‌گیری و جنسیت آن‌ها تعیین شد، جنسیت نمونه‌های خرچنگ با توجه به دارا بودن مجراهای اسپرم بر پیش از جفت پاهای اول سینه‌ای یا فقدان آن‌ها مشخص شد (نرها این لوله‌ها را دارند، در حالی که جنس ماده فاقد آن است). بافت نمونه‌های خرچنگ از قسمت وسط بدن توسط چاقوی پلاستیکی جدا شد. نمونه‌ها بسته‌بندی و نشانه‌گذاری شدند و سپس در فریزر آزمایشگاه محیط زیست دانشگاه ملایر نگهداری گردیدند.

نمونه‌ها ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش‌ها، از فریزر به یخچال انتقال یافت تا فرایند انجمادزدایی صورت پذیرد. بعد از جدا کردن بافت عضله نمونه‌ها، آن‌ها را در ظروفی از کاغذ آلومینیومی که از قبل آماده شده بود گذاشته، بافت نرم و سخت خرچنگ به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد جهت خشک شدن در آون قرار داده شدند (Cheraghi et al., 2014).

سپس نمونه‌های خشک شده را در هاون چینی قرار

شد. پس از آن نتایج با معیارهای استاندارد پیشنهادی سازمان‌های معتبر جهانی، نظیر WHO با آزمون (One-sample t test) مقایسه شد.

### نتایج

#### نتایج زیست‌سنجی و غلظت فلزات سنگین در بافت خرچنگ شناگر آبی بندر بوشهر

بر این اساس کمترین، بیشترین و میانگین ۱۰، ۱۳، ۱۱ سانتی متر برای طول کل و ۹۷، ۲۳۹، ۱۶۶ گرم برای وزن کل و در بافت سخت خرچنگ ۲۱/۴۴، ۲۸۳/۷۵، ۹۰/۷۰ میکروگرم بر گرم برای آهن و ۱۶/۰۸، ۹۲/۸۴، ۳۷/۷۳ میکروگرم بر گرم برای مس و ۳۸/۶۵، ۷۰/۸۳، ۵۲/۹۳ میکروگرم بر گرم برای روی و ۹/۹۰، ۴۵/۴۲، ۲۳/۵۰ میکروگرم بر گرم برای منگنز و ۰/۱۳، ۱۲/۴۶، ۴/۳۷ میکروگرم بر گرم برای نیکل به دست آمد (جدول ۱).

همچنین کمترین، بیشترین و میانگین در بافت نرم خرچنگ ۴۳/۲۱، ۲۸۳/۷۵، ۱۱۲/۸۱ میکروگرم بر گرم برای آهن و ۳۴/۶۶، ۱۷۷/۰۰، ۷۳/۲۷ میکروگرم بر گرم برای مس و ۶۰/۷۱، ۷۹/۰۱، ۶۹/۵۱ میکروگرم بر گرم برای روی و ۴/۶۰، ۲۱/۳۷، ۹/۱۲ میکروگرم بر گرم برای منگنز و ۰/۳۴، ۱۱/۹۵، ۴/۲۴ میکروگرم بر گرم برای نیکل به دست آمد (جدول ۲).

#### آزمون همبستگی

نتایج حاصل از آنالیز همبستگی اسپیرمن بین فلزات سنگین در نمونه‌های خرچنگ بندر بوشهر انجام شد. بر این اساس در بافت سخت نمونه‌های خرچنگ بین

فلز مس و آهن و بین طول و وزن همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. نتایج حاصل از آنالیز همبستگی اسپیرمن بین فلزات سنگین در بافت نرم نمونه‌های خرچنگ نشان داد که بین فلز مس و آهن و بین فلز مس و منگنز همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۱ و بین فلز مس و نیکل همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. بین آهن و وزن همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۵ و بین طول و وزن همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۱ وجود داشت.

#### بررسی تجمع فلزات سنگین در جنس نر و ماده بافت خرچنگ

یافته‌های مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین بین جنس نر و ماده در بافت خرچنگ شناگر آبی و همچنین مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین بین بافت نرم و بافت سخت خرچنگ در جدول ۳ نشان داده شده است. غلظت فلزات در بافت سخت خرچنگ به طور معنی‌داری بیشتر از بافت نرم است (سطح معنی‌داری ۰/۰۵).

#### بحث و نتیجه‌گیری

بررسی فلزات سنگین در بافت خرچنگ شناگر آبی الگوی تجمع فلزات در بافت سخت خرچنگ شناگر آبی به صورت  $Zn > Fe > Mn > Cu > Ni$  و در بافت نرم به صورت  $Zn > Fe > Cu > Mn > Ni$  به دست آمد. آهن و نیکل به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت را در بافت نرم و سخت خرچنگ شناگر آبی دارا بودند. بنابراین ثابت شد که که گونه موردنظر ما عناصر مغذی را در مقادیر بالاتری از عناصر سمی تجمع می‌دهد.

جدول ۱. نتایج زیست‌سنجی و آماره‌های توصیفی غلظت فلزات سنگین در بافت سخت خرچنگ شناگر آبی (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

| فلزات  | تعداد | کمترین | بیشترین | میانگین $\pm$ انحراف معیار | چولگی | کشدگی  |
|--------|-------|--------|---------|----------------------------|-------|--------|
| آهن    | ۴۰    | ۲۱/۴۴  | ۲۸۳/۷۵  | $90.70 \pm 43.01$          | ۲/۳۸  | ۹/۵۴   |
| مس     | ۴۰    | ۱۶/۰۸  | ۹۲/۸۴   | $37.73 \pm 13.85$          | ۱/۷۰  | ۵/۲۲   |
| روی    | ۴۰    | ۳۸/۶۵  | ۷۰/۸۳   | $52.93 \pm 6.78$           | ۰/۵۵۱ | ۰/۶۵۱  |
| منگنز  | ۴۰    | ۹/۹۰   | ۴۵/۴۲   | $23.50 \pm 7.76$           | ۰/۸۳۵ | ۰/۷۲۲  |
| نیکل   | ۴۰    | ۰/۱۳   | ۱۲/۴۶   | $4.37 \pm 3.66$            | ۰/۹۲۳ | -۰/۵۱۴ |
| طول کل | ۴۰    | ۱۰     | ۱۳      | $11 \pm 0$                 | -۰/۰۳ | .      |
| وزن کل | ۴۰    | ۹۷     | ۲۳۹     | $166 \pm 29.06$            | .     | .      |

\* طول کل بر حسب سانتی‌متر و وزن بر حسب گرم می‌باشد.

جدول ۲. آماره‌های توصیفی غلظت فلزات سنگین در بافت نرم خرچنگ شناگر آبی (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

| فلزات | تعداد | کمترین | بیشترین | میانگین $\pm$ انحراف معیار | چولگی | کشیدگی |
|-------|-------|--------|---------|----------------------------|-------|--------|
| آهن   | ۴۰    | ۴۳/۲۱  | ۲۸۳/۷۵  | ۱۱۲/۸۱ $\pm$ ۵۶/۹۴         | ۱/۱۲  | ۰/۹۵۹  |
| مس    | ۴۰    | ۳۴/۶۶  | ۱۷۷/۰۰  | ۷۳/۲۷ $\pm$ ۲۸/۱۷          | ۱/۶۵  | ۳/۷۶   |
| روی   | ۴۰    | ۶۰/۷۱  | ۷۹/۰۱   | ۶۹/۵۱ $\pm$ ۴/۸۳           | ۰/۰۴۹ | -۰/۷۲۳ |
| منگنز | ۴۰    | ۴/۶۰   | ۲۱/۳۷   | ۹/۱۲ $\pm$ ۳/۹۲            | ۱/۳۵  | ۱/۶۱   |
| نیکل  | ۴۰    | ۰/۳۴   | ۱۱/۹۵   | ۴/۲۴ $\pm$ ۳/۶۹            | ۰/۸۵۷ | -۰/۶۴۶ |

جدول ۳. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در جنس نر و ماده بافت سخت و نرم خرچنگ شناگر آبی

| بافت                                 | فلز آهن       | روی           | مس            | منگنز         | نیکل          |
|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| سخت                                  | عدم معنی‌داری | معنی‌دار      | عدم معنی‌داری | عدم معنی‌داری | عدم معنی‌داری |
| نرم                                  | معنی‌دار      | عدم معنی‌داری | عدم معنی‌داری | معنی‌دار      | عدم معنی‌داری |
| مقایسه غلظت فلزات بین بافت سخت و نرم | عدم معنی‌داری | عدم معنی‌داری | معنی‌دار      | معنی‌دار      | عدم معنی‌داری |

شد که بیشتر از مقادیر آن در بافت سخت خرچنگ مطالعه حاضر است اما در مقایسه با بافت نرم خرچنگ، میزان مس مطالعه حاضر بیشتر است. میانگین غلظت فلز روی در هر دو بافت نرم و سخت مطالعه حاضر از غلظت این فلز در مطالعه Paydar et al., 2003) کمتر است.

در مطالعه Kurun et al. (2010) میانگین مس در بافت خرچنگ ۹/۱ گزارش شد که از میزان مس مطالعه حاضر در هر دو بافت نرم و سخت خرچنگ کمتر است. غلظت فلزات مس و روی در بافت عضله خرچنگ دراز آب شیرین بیشتر از مقادیر آن در بافت سخت خرچنگ شناگر آبی مطالعه حاضر است اما در مقایسه با بافت نرم خرچنگ شناگر آبی، میزان مس مطالعه حاضر بیشتر است (Ahmadi Kordestani et al., 2015).

با توجه به این که توانایی خرچنگ‌های *Portunus pelagicus* این منطقه در حفظ سلامت افراد بسیار مؤثر است. هم‌چنین با توجه به این که، خرچنگ شناگر آبی از موجودات مهم در حفظ تعادل زنجیره غذایی دریاها و از غذاهای اصلی در رژیم غذایی افراد بومی منطقه و هم‌چنین از گونه‌های مهم تجاری محسوب می‌شود، آگاهی از تجمع فلزات در این گونه، یک امر ضروری به‌شمار می‌آید. فعالیت‌های صنعتی و

Kurun et al. (2010) نیز در تحقیق خود به این

مهم پی بردند. از آنجا که فلزات روی و مس برای متابولیسم آبریان عناصری مغذی و ضروری‌اند، طبیعی است که بیشتر از عناصر سمی و غیرضروری مانند نیکل جذب شوند. محیط رشد و زندگی در خرچنگ از عوامل مؤثر در جذب و تجمع فلزات سنگین است.

علاوه بر فعالیت‌های صنعتی، یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در جذب فلزات، با توجه به این که خرچنگ شناگر آبی علاوه بر نرم‌تنان کوچک از گیاهان نیز تغذیه می‌کند وضعیت تغذیه‌ای و ماهیت رژیم غذایی این جاندار می‌باشد. عوامل محیطی متنوعی، از جمله شوری و دما، می‌تواند بر دسترسی زیستی فلزات در ارگان‌های آنها در خرچنگ شناگر آبی تأثیرگذار باشد. عوامل دیگر مانند رشد و یا چرخه تولیدمثل نیز می‌توانند بر نوسانات فصلی و ماهانه فلزات در خرچنگ تأثیرگذار باشند (Saei-Dehkordi et al., 2010).

مقایسه مقادیر میانگین فلزات سنگین (آهن، روی، مس، منگنز و نیکل) در بافت خرچنگ مناطق مختلف جهان با مقادیر میانگین این فلزات در بافت خرچنگ شناگر آبی در بندر بوشهر در جدول ۴ نشان داده شده است. در مطالعه Hosseini et al. (2006) مقدار فلزات مس و روی به ترتیب ۴۵/۷۳ و ۲۵۳/۶۱ گزارش

منگنز دارای توزیع نرمال بوده است اما آهن، مس و نیکل دارای توزیع نرمال نبوده است. همچنین در بافت نرم خرچنگ آهن، مس، منگنز و نیکل دارای توزیع نرمال نبوده است اما روی دارای توزیع نرمال بوده است.

#### مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت خرچنگ شناگر آبی با استانداردهای جهانی

در هر دو بافت نرم و سخت خرچنگ میانگین روی از حد استاندارد WHO، MAFF و NHMRC کمتر است. در بافت نرم خرچنگ شناگر آبی میانگین مس از حد استاندارد WHO و NHMRC بیشتر و از حد استاندارد MAFF کمتر است اما در بافت سخت خرچنگ میانگین مس علاوه بر حد استاندارد WHO و NHMRC از حد استاندارد MAFF هم بیشتر است. همچنین میانگین نیکل در بافت نرم از حد استاندارد WHO و FAO بیشتر و از حد استاندارد FDA کمتر است اما در بافت سخت خرچنگ شناگر آبی میانگین نیکل از حد استاندارد WHO، FAO و FDA بیشتر است. Ahmadi Kordestani *et al.* (2015) غلظت مس و روی را کمتر از مقادیر استانداردهای WHO و NHMRC گزارش کردند که موافق با یافته‌های فلز روی در هر دو بافت نرم و سخت خرچنگ مطالعه حاضر است اما با توجه به این که در پژوهش حاضر در هر دو بافت خرچنگ میانگین مس از حد استاندارد WHO و NHMRC بیشتر است در نتیجه نتایج Ahmadi Kordestani *et al.* (2015) در مورد فلز مس با مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد.

کشاورزی از عوامل افزایش مقدار فلزات در بدن موجودات آبی از جمله خرچنگ شناگر آبی می‌باشند.

#### نتایج آزمون همبستگی بین غلظت فلزات مختلف در بافت خرچنگ شناگر آبی

بر اساس نتایج در بافت سخت نمونه‌های خرچنگ بین فلز مس و آهن و بین طول و وزن همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. در بافت نرم نمونه‌های خرچنگ نشان داده شد که بین فلز مس و آهن و بین فلز مس و منگنز همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۱ و بین فلز مس و نیکل همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. که می‌توان گفت این دو فلز تقریباً به یک میزان و با نرخ تقریباً برابر جذب بدن میگو می‌شوند. بین آهن و وزن همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۵ و بین طول و وزن همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۱ وجود داشت. نتایج مطالعه Ahmadi Kordestani *et al.* (2015) در بافت عضله خرچنگ دراز آب شیرین نشان داد که بین غلظت هیچ یک از فلزات با متغیرهای ریختی وزن کل و طول همبستگی وجود ندارد همچنین بین فلز مس و روی همبستگی مثبت مشاهده شد که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد. در مطالعه Niani & Entezami (2013) نیز هیچ همبستگی میان فلزات مشاهده نشد. در مطالعه Zeveidawian-Pour (2008) هیچ‌گونه همبستگی معنی‌داری بین اندازه و وزن میگوی موزی با میزان تجمع جیوه طی فصل زمستان مشاهده نگردید. نتایج آزمون نرمالیتی غلظت فلزات سنگین در بافت سخت خرچنگ نشان داد که روی و

جدول ۴. مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت خرچنگ در مقایسه با سایر مطالعات (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

| منبع                                     | نیکل | منگنز | مس            | روی            | آهن    |
|--|------|-------|---------------|----------------|--------|
| Paydar <i>et al.</i> , (2003)            | -    | -     | -             | ۱۱۱/۴۶         | -      |
| Kurun <i>et al.</i> , (2010)             | -    | -     | ۹/۱           | -              | -      |
| Hosseini <i>et al.</i> , (2006)          | -    | -     | ۴۵/۷۳ ± ۱۷/۸۱ | ۲۵۳/۶۱ ± ۶۲/۰۸ | -      |
| Olowu <i>et al.</i> , (2010)             | -    | -     | ۱/۵۶          | ۰/۶۴           | -      |
| Ahmadi Kordestani <i>et al.</i> , (2015) | -    | -     | ۵۸/۱۱ ± ۱۸/۲۶ | ۱۳۶/۸۹ ± ۲۲/۱۲ | -      |
| (بافت نرم خرچنگ، مطالعه حاضر)            | ۴/۲۴ | ۹/۱۲  | ۷۳/۲۷         | ۶۹/۵۱          | ۱۱۲/۸۱ |
| (بافت سخت خرچنگ، مطالعه حاضر)            | ۴/۳۷ | ۲۳/۵۰ | ۳۷/۷۳         | ۵۲/۹۳          | ۹۰/۷۰  |

\* این داده‌ها بر اساس وزن خشک هستند.

بیشتر از نرها و روی را کمتر از آن‌ها جذب کرده بودند که در مورد فلز روی با مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد.

یافته‌های مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین بین جنس نر و ماده در بافت نرم خرچنگ شناگر آبی نشان داد که فلز آهن و منگنز جنس نر و ماده در بافت سخت خرچنگ از اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ برخوردار است. اما مس، روی و نیکل از اختلاف معنی‌داری برخوردار نیستند. در بافت نرم خرچنگ به جز مس غلظت سایر فلزات (فلزات روی، مس، منگنز و نیکل) در جنس نر بیشتر است.

مقایسه غلظت فلزات مورد مطالعه در جنس نر و ماده خرچنگ شناگر آبی نشان داد که جنس نر در خرچنگ در مقایسه با جنس ماده میزان بیشتری از فلزات را دریافت می‌کند. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین بین بافت نرم و سخت خرچنگ شناگر آبی نشان داد که غلظت فلزات آهن، روی و مس در بافت نرم خرچنگ به‌طور معنی‌داری بیشتر از بافت سخت است.

تجمع فلزات منگنز و نیکل در بافت سخت خرچنگ شناگر آبی بیشتر بود. که از دلایل آن می‌توان به متفاوت بودن توان فلز سنگین در زمینه غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئین‌های موجود در خرچنگ اشاره کرد. نتایج بررسی و مقایسه تجمع فلزات سنگین در پوست و عضلات در خرچنگ غالب سواحل صخره‌ای جزیره قشم نشان داد که میزان فلزات در پوست سخت خرچنگ بیشتر از عضله است (Ranjbar, 2010).

در مطالعه Niani and Entezami (2013) مقدار غلظت فلز نیکل پایین‌تر از حد استاندارد WHO گزارش شد که با یافته‌های مطالعه حاضر در هر دو بافت نرم و سخت خرچنگ شناگر آبی هم‌خوانی ندارد. بررسی غلظت فلزات سنگین در خرچنگ شناگر آبی سواحل خلیج فارس (منطقه عسلویه) نشان داد که غلظت آرسنیک در همه ایستگاه‌ها و ماه‌های مورد مطالعه، پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای موجود در این زمینه می‌باشد.

#### مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در جنس و بافت خرچنگ شناگر آبی

براساس یافته‌ها فلز روی بین جنس نر و ماده بافت سخت خرچنگ از اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ برخوردار است. اما آهن، مس، منگنز و نیکل از اختلاف معنی‌داری برخوردار نیستند. غلظت عنصر آهن بین جنس‌های نر و ماده خرچنگ شناگر آبی در استان هرمزگان با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشت *Kosj et al* (2013) که با نتایج حاضر هم‌خوانی دارد.

مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت سخت خرچنگ شناگر آبی نشان داد که به جز آهن غلظت سایر فلزات (فلزات روی، مس، منگنز و نیکل) در جنس نر خرچنگ بیشتر است. نتایج مطالعه Ahmadi Kordestani *et al* (2015) نشان داد که بین دو جنس نر و ماده خرچنگ از نظر غلظت فلزات مس و روی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. ماده‌ها مس را

جدول ۵. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت خرچنگ با استانداردهای جهانی مختلف (برحسب وزن تر)

| منبع                         | نیکل | منگنز | مس    | روی   | آهن   | استانداردها    |
|------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| Shulkin & Persley (2003)     | ۰/۲  | -     | ۱۰    | ۱۰۰۰  | -     | WHO            |
| Shulkin & Persley (2003)     | ۰/۵  | -     | -     | -     | -     | FAO            |
| Pourang <i>et al.</i> (2004) | -    | -     | ۱۰    | ۱۵۰   | -     | NHMRC          |
| Pourang <i>et al.</i> (2004) | -    | -     | ۲۰    | ۵۰    | -     | MAFF           |
| Han <i>et al.</i> (1998)     | ۰/۸  | -     | -     | -     | -     | FDA            |
| مطالعه حاضر                  | ۰/۷۲ | ۱/۵۵  | ۱۲/۴۵ | ۱۱/۸۱ | ۱۹/۱۷ | بافت نرم       |
| مطالعه حاضر                  | ۳/۱۰ | ۱۶/۶۸ | ۲۶/۷۸ | ۳۷/۵۸ | ۶۴/۳۹ | خرچنگ بافت سخت |

همچنین پیشنهاد می‌شود که خرچنگ شناگر آبی به‌عنوان شاخص زیستی فلزات سنگین استفاده شود، اما لازم به ذکر است که هیچ اطمینانی وجود ندارد که غلظت فلز موجود در محیط به‌طور دقیق در بافت خرچنگ منعکس شود، زیرا غلظت فلزات از طریق تنظیم و حذف فلز در بدن تحت تأثیر قرار می‌گیرند.

این مطالعه نشان داد که جنس نر و ماده خرچنگ قادر به تجمع فلزات سنگین در غلظت‌های مختلف در اندام‌هایشان هستند. از یافته‌های این پژوهش نتیجه‌گیری می‌شود که گونه خرچنگ فلزات نیکل و مس را بالاتر از استانداردهای قابل مصرف تجمع می‌دهد که ممکن است سلامت مصرف‌کنندگان را به خطر می‌اندازد.

## REFERENCES

- Ahmadi Kordestani, Hamidian, A.H.; Hosseini, S.V.; Ashrafi, S.; (2015). Determination of heavy metals concentration in muscle tissue of Crayfish (*Astacus leptodactylus*). Journal of Natural Environment, Iranian Natural Resources; 68(3): 345-351.
- Al-Yousef, M.H., El-Shahawi, M.S.; Al-Ghais, S.M.; (2000). Trace metals in liver, skin and muscle of (*Lethrinus lentjan*) fish species in relation to body length and sex. Science of the Total Environment; 256: 87-94.
- Canli, M.; Atli, G.; (2003). The relationships between heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environm Pollution; 121:129 - 136.
- Cheraghi, M.; Kargar, A.; Lorestani, B.; Tabiee, O.; (2014). Determination of cadmium, nickel, lead and vanadium concentrations in white Indian prawn sold in Shiraz town. Journal of Shahrekord University of Medical Sciences; 16(4): 54-61.
- Daryalal, KH.; Dadullahi, S.; Zolgharnein, H.; Safahieh, AS.; (2011). Survey of heavy metals (Pb, Ni, Cr, Cd) in the Blue Swimmer Crab (*Portunus pelagicus*) in coastal of Hormozgan province (Bandar Abbas city). The 5th National Conference and Exhibition on Environmental Engineering.
- Demirak, A., Yilmaz, F.; Tuna, A.L.; Ozdemir, N.; (2006). Heavy metals in water, sediment, and tissue of *Leuciscus* from a stream in southwestern Turkey. Chemosphere; 9: 1451-1458.
- Ekpo, F.E.; Ukpog, E. J.; (2014). Assessment of Heavy Metals Concentrations in water, Sediments and some common sea foods *Callinectes amnicola* and *Tympanotonus fuscatus* (crabs and periwinkles) from Uta Ewa Creek of Ikot Abasi, Akwa Ibom State, Nigeria. Global Journal of Applied Environmental Sciences; 4(1): 99-106.
- Ghotbuddin, N.; Shirali B.; (2014). Concentration of heavy metals Ni, Cd, Zn in gills, muscle and Hepatopancreases of *Litopenaeus vannamei* shrimp at Chouebdeh Abadan shrimp breeding site. Journal of Marine Biology; 6(25): 1-8.
- Han, B. C., Jeng, W. L.; Chen, R.Y.; Fang, G.T.; Hung, T.C.; Tseng, R.J.; (1998). Estimation of target hazard quotients and potential health risks for metals by consumption of seafood in Taiwan. Archives of Environmental Contamination and Toxicology; 35: 711-720.
- Hosseini, M.; Abdi Bastami, A.; (2102). Concentration of heavy metals (Pb, Cu, Cd, Ni) in the Blue Swimmer Crab (*Portunus pelagicus*) and its habitat sediments in coastal waters of Bushehr. The 17th National & 5th International Iranian Biology Conference.
- Hosseini, S.V., Hosseini, S.M.; Gourabi, T.; Naseri, M.; (2006). Determination of heavy metals content in the water, sediments and muscle of crayfish, *Astacus leptodactylus*, in Abbasa River



- of Nour city. Iranian Journal of Natural Resources; 59(3): 649 -657.
- Kamrani, E., Sabili, A.N.; Yahyavi, M.; (2010). Stock Assessment and Reproductive Biology of the Blue Swimming Crab, *Portunus pelagicus* in Bandar Abbas Coastal Waters, Northern Persian Gulf. Journal of the Persian Gulf, (Marine Science); 1(2):11-22.
- Khakshoor, M.S.; Pazooki, J.; (2014). Extraction of Chitin-Chitosan component in exoskeleton of blue swimming crab (*Portunus segnis* Furskal, 1775), Bandar Abbas beach, Persian Gulf. Scientific Research Journal of Animal Environment; 6(1): 11-18.
- Kosj, N.; Rahmani, A.W.; Ali Nia, M.; (2013). Survey of iron heavy metal accumulation in the gill of blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*). First National Conference on Environment, Energy and Bio-Defense.
- Kurun, A., *et al.*; (2010). Total metal levels in crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), and surface sediments in Lake Terkos, Turkey, Environmental Monitoring and Assessment; 169: 385-395.
- Kyomo, J.; (1999). Distribution and abundance of crustaceans of commercial importance in Tanzania Mainland coastal waters. Bulletin of Marine Science; 65: 321-335.
- Niani, A.; Entezami, M.; (2013). Evaluation of biological pollution of the blue swimmer crab to heavy metals in the Persian Gulf. Second National Conference on Environmental Conservation and Planning.
- Olowu, R. A.; Ayejuyo, O.O.; Adewuyi, G.U.; Adejoro, I.A., Denloye, A.A.; B., Babatunde, A.O.; Ogundajo, A.L.; (2010). Determination of Heavy Metals in Fish Tissues, Water and Sediment from Epe and Badagry Lagoons, Lagos, Nigeria. Journal of Chemistry; 7(1):215-221.
- Paydar, M.; Sharif Fazeli, M.; Riahi Bakhtiari, A.; (2003). Determination of heavy metals content in *astacus leptodactylus caspicus* in anzali lagoon, Irananin Scincetifc Fisheries Journal; 12: 1-14.
- Pourang, N., Dennis J.H.; Ghourchian, H.; (2004). Tissue distribution and redistribution of trace elements in shrimp species with the emphasis on the roles of metallothionein. Ecotoxicology; 13: 519-533.
- Ranjbar, S.; (2010). Study and comparison of bioaccumulation of heavy metal (Lead & Cadmium) in shell & muscle tissues of prevailing crab of Qeshm Island. Master's Thesis. Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran.
- Reinecke, A.J.; Snyman, R.G.; Nel, J.A.J.; (2003). Uptake and distribution of lead (Pb) and cadmium (Cd) in the freshwater crab, *potamonautes perlatus* (crustacea) in the Eerste river, South Africa. Water, Air, and Soil Pollution; 145: 395-408.
- Saei-Dehkordi, S.S.; Fallah, A.Z.; Nematollahi, A.; (2010). Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: influences of season and habitat. Food and Chemical Toxicology, 48: 2945-2950.
- Shulkin, V. M.; Presley, B. J.; (2003). Metal concentration in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediment. Environmental International; 29: 493- 502.
- Sobhanardakani, S., (2016). Assessing of As, Zn, Pb, Cd, Cr, Cu and Mn contamination in groundwater resources of Razan plain using water quality pollution indices. Journal of Neyshabur University of Medical Sciences; 4(4):33-45.
- Velayatzadeh, M.; AskarySary, A.; (2014). Accumulation of Mercury, Cadmium, Tin, Nickel, iron and Zinc in

canned tuna from Khuzestan Province. Journal of Food Hygiene; 4(15):33-41.  
Zeng, Z.; Ma, Y.; Wang, X.; Chen, C.T.; Yin, X.; Zhang, S.; Zhang, J.; Jiang, W.; (2016). Elemental compositions of crab and snail shells from the Kueishantao hydrothermal field in the southwestern Okinawa Trough. Journal

of Marine Systems; 180: 90-101.  
Zeveidawian-Pour, Z., (2008). Measurement of mercury in soft and hard tissue of Banana Shrimp (*fenneropenaeus merguensis*) in the Persian Gulf (Bandar Abbas and Qeshm). Master's Thesis, Hormozgan University.