

بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافت‌های عضله، کبد، آبشش و کلیه ماهی

سفید (Rutilus frisii kutum) استان‌های گیلان و مازندران

فرشته حمیدوند^۱، محمدرضا رحمانی^{۲*} (۲،۳،۴)، روانبخش شیردم^۵، محمد نعیمی جوینی^۶

۱- کارشناس ارشد، بوم‌شناسی آبریان، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران

۲- * استادیار، محیط زیست دریایی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران

۳- استادیار، دانشکده علوم محیطی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران

۴- استادیار، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران

۵- استادیار، محیط زیست انسانی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران

۶- دانشجوی دکتری، مرکز تحقیقات بهداشت و محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول : rahmani@coe.ac.ir

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۲/۳۱ تاریخ پذیرش : ۹۹/۰۴/۰۲

چکیده

فلزات سنگین از منابع متخلف به‌طور پیوسته وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شوند و با توجه به تقویت تاثیر یکدیگر تهدید جدی برای آبریان و در نهایت جامعه بشری هستند. این تحقیق با هدف تعیین میزان غلظت فلزات نیکل، سرب و روی در بافت‌های ماهی سفید در گیلان و مازندران و همچنین مقایسه آن با استانداردهای جهانی انجام پذیرفت. نمونه‌برداری در فصل بهار ۱۳۹۶ از رودخانه‌های سفیدرود و شیرود صورت گرفت. نمونه‌ها با روش هضم اسیدی مهیا شدند. میزان غلظت سه فلز سنگین نیکل، سرب و روی در بافت‌های عضله، کبد، آبشش و کلیه به کمک دستگاه ICP-OES سنجش و با برخی استانداردها مقایسه گشت. مقدار نیکل ثبت شده در اکثر بافت‌ها از استانداردهای ارائه شده به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. بالا بودن میزان غلظت نیکل در عضله ماهی سفید در گیلان احتمالاً ناشی از تخلیه پساب‌های بیشتر حاوی این فلز در این استان و انتقال آلاینده‌ها حاصل از فعالیت‌های نفتی و کشتیرانی کشور آذربایجان توسط جریان‌های غالب دریایی به سواحل این استان می‌باشد. با توجه به بالا بودن غلظت نیکل و صید بسیار ماهی سفید از شمال کشور و همچنین با در نظر گرفتن ارتباط مستقیم اثر فلزات سنگین بر یکدیگر، باید در هنگام تغذیه از ماهی سفید دقت بیشتری مبذول داشت.

کلمات کلیدی

"آب شیرین"، "بوم‌سازگان"، "سلامت اجتماع"، "ماهی"

Study of lead, nickel and zinc heavy metals concentration in muscle, liver, gill, and kidney of Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) in Guilan and Mazandaran provinces

Fereshteh Hamidvand¹, Mohammad Reza Rahmani^{(2, 3,4) *}, Ravanbakhsh Shirdam⁵,
Mohammad Naeimi Joveini⁶

2*. Assistant Professor, Department of Marine Environment, College of Environment, Karaj, Iran

3. Assistant Professor, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Karaj, Iran

4. Assistant Professor, Research Center of Environment and Sustainable Development, Department of Environment, Tehran, Iran

*Email Address: rahmani@coe.ac.ir

Abstract

Heavy metals from different sources are continuously introduced into aquatic ecosystems and with a view to reinforcing each other's impacts are a serious threat to aquatic life and ultimately to human society. The aim of this study was to determine the concentration of nickel, lead and zinc in Caspian kutum tissues in Guilan and Mazandaran provinces and also to compare it with world standards. Sampling was done in spring 2017 from Sefidroud and Shirood rivers. Samples were prepared by acid digestion method. The concentration of nickel, lead and zinc in some tissues was measured by ICP-OES and compared with some standards. The nickel value recorded in most tissues was significantly higher than the standards presented. The high concentration of nickel in Caspian kutum in Guilan is probably due to drainage of more effluents containing this metal in Guilan province and transfer of pollutants from oil and shipping activities of Azerbaijan by dominant marine currents to the coast. Due to the high concentration of nickel and the high catch of Caspian kutum from the north of the country, as well as the direct effect of heavy metals on each other, more care should be taken when feeding this fish.

Keywords

"Freshwater", "ecosystem", "community health", "fish"

سنگین در اندام‌های مختلف ماهی (Demirak et al. 2006)، این پژوهش در دو استان گیلان و مازندران انجام پذیرفت تا زمینه مقایسه-ای در خصوص برخی فاکتورها فراهم آید.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

این پژوهش بر روی ماهیان دو رودخانه سفید رود (گیلان) و رودخانه شیرود (مازندران) انجام گرفت (شکل ۱). سفید رود دومین رود بلند ایران با طول ۷۶۵ کیلومتر طولانی‌ترین و پر آب‌ترین رود استان گیلان است. سر چشمه اصلی آن کوه چهل چشمه کردستان است که بعداً شعبه‌ای به نام گروس از کوه‌های پنجه‌علی و در شمال غربی همدان و شاخه‌های دیگری در ناحیه بیجار (گروس) به آن متصل شده و به سمت شمال جریان می‌یابد. در انتها شعبه اصلی این رود از طریق صدها کانال و آبراه زراعی در منطقه حسن کیاده به دریای خزر می‌ریزد (Mirmoshtaghi et al. 2011).

شکل ۱- موقعیت رودخانه‌های شیرود و سفیدرود



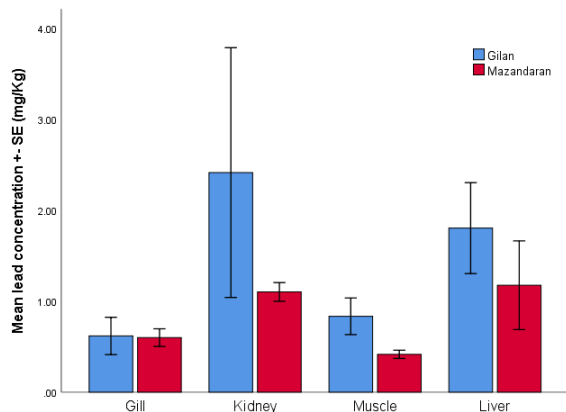
رودخانه شیرود در شهرستان تنکابن به طول ۳۶ کیلومتر جریان دارد که از کوه‌های البرز سرچشمه و به دریای خزر می‌ریزد (Safari and Yaghoobzadeh, 2012).

• روش نمونه برداری و آنالیز شیمیایی

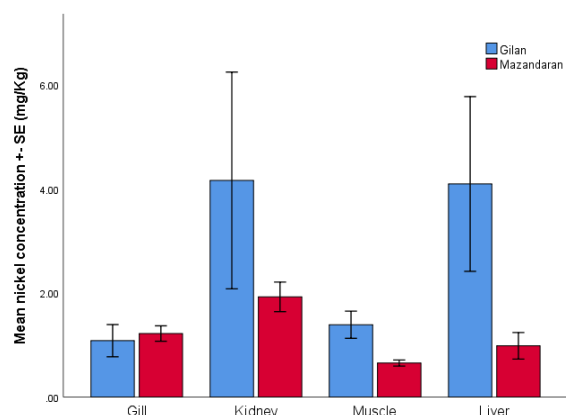
نمونه‌برداری در فصل بهار ۱۳۹۶ از هر دو رودخانه انجام پذیرفت و ۲۲ نمونه از سفیدرود (استان گیلان) و ۲۳ نمونه از رودخانه شیرود (استان مازندران) به‌دست آمد. ماهیان درون جعبه‌های عایق حاوی پودر یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند. بافت عضله، کلیه، کبد و آبشش به وسیله تیغه استریل از ماهیان جداسازی و مطابق روش ROPME^۱ (۱۹۹۹) جهت سنجش میزان غلظت فلزات سنگین آماده شدند (ROPME, 1999). بر اساس این روش بافت‌های برداشته شده در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد خشک گردید. نمونه بافت‌های خشک شده پودر و یک گرم پودر نمونه خشک درون یک بشر ریخته و به آن ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۱۵ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک غلیظ افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط قرار داده شد. پس از این مدت کل محلول در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه توسط یک هیتر حرارت داده شد تا عملیات هضم کامل و مایع شفاف به‌دست آید. مایع شفاف از کاغذ صافی عبور داده شده و به وسیله آب دو بار تقطیر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. به منظور سنجش عناصر ابتدا محلول بلانک را در سلول قرار داده و شکاف منبع تابش بسته گشت تا ۱۰۰٪ جذب یا صفر درصد عبور تنظیم گردد. سپس شکاف منبع تابش باز شد

اکوسیستم‌های آبی بخش مهمی از محیط‌زیست و یکی از اکوسیستم‌های دارای تنوع زیستی قابل توجه می‌باشند (MacFarlane and Burchett, 2000). آلودگی اکوسیستم‌های آبی منتج به تخریب زیستگاه‌ها و از دست دادن تنوع زیستی خواهد شد (Velma and Fredberg, 2011; Tchounwou, 2010; Mc Neil and Fredberg, 2011). افزون بر آن، آلودگی اکوسیستم‌های آبی، باعث نگرانی‌های عمده در خصوص سلامت جامعه بشری در سراسر جهان شده است، زیرا ۲۱ تا ۲۶ درصد پروتئین حیوانی از منابع آبی تامین می‌گردد (FAO, 2018). آلاینده‌ها می‌توانند واکنش‌های بیولوژیکی مختلفی را در ماهیان ایجاد نمایند که در نهایت، انتهای زنجیره غذایی یعنی انسان متأثر از تاثیرات خود نماید (Eder et al. 2004; Mayon et al. 2006). فلزات سنگین به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌ها، از راه‌های مختلف نظیر پساب‌های شهری، کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی، بیمارستانی (Yi and Zhang, 2007)، معادن و به‌واسطه ساختار ژئوشیمیایی زمین (Turkmen and Ciminli, 2007) وارد رودخانه‌ها شده و در انتها وارد دریاها و دریاچه‌ها می‌گردند و خسارات جبران‌ناپذیری را بر موجودات زنده از جمله انسان برجای می‌گذارند (Shahri et al. 2017; Rafeipoor et al. 2019). سطوح بالای فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی، به دلیل پایداری و عدم تجزیه در بدن (Al-Yamini, 2011; Bellassoued et al. 2013) و همچنین سمیت و ارتباط متابولیسم فلزات سنگین و سرطان در انسان (Janadeleh and Kardani, 2016)، به نگرانی‌های عمومی بشر در سراسر جهان دامن زده است. برخلاف برخی فلزات سنگین غیرضروری از جمله سرب و جیوه که مقدار اندک آن‌ها نیز مشکل‌ساز خواهد بود، برخی دیگر از فلزات سنگین که به‌عنوان ریزمغزی‌های ضروری (آهن، مس، روی، منگنز، مس، مولیبدن و کبالت) و نیمه‌ضروری (نقره) مورد استفاده بدن می‌باشند، در صورت تجاوز غلظت این عناصر از حد استاندارد نیز آثار جبران‌ناپذیری بر سلامت انسان تحمیل خواهد گشت. با تجمع فلزات سنگین در محیط (بسته بودن محیط و خودپالایی اندک) و بافت ماهیان (به‌ویژه عضله) تاثیر بیماری‌زایی آن‌ها افزایش نیز خواهد یافت (Malvandi and Hassanzadeh, 2019; Askary Sary et al. 2017). دریای خزر به‌عنوان یکی از گسترده‌ترین پهنه آبی بسته جهان از مهمترین اکوسیستم‌های آبی کشور است که با حوضه آبریز دارای ۱۲۳ گونه و زیر گونه می‌باشد (Amini Ranjbar and Sotoudehnia, 2005). با برداشت ۱۵۸۶۶ تن ماهی استخوانی در سال ۱۳۹۷ (Iranian Fisheries Organization, 2018) از دریای خزر، می‌توان به اهمیت نقش این اکوسیستم در تامین بخشی از پروتئین مورد مصرف کشور پی‌برد. ماهی سفید به‌عنوان اصلی‌ترین صید ماهیان استخوانی دریای خزر سالانه بیش از ۵۰ درصد از صید و بیش از ۶۰ درصد از درآمد صیادان را به خود اختصاص می‌دهد (Fazli and Parafkandeh Haghighey, 2016). بنابراین اطمینان از سلامت این حجم پروتئین مورد مصرف جامعه کمک بسیاری در ارتقاء بهداشت کشور خواهد داشت. با توجه به تاثیر فاکتورهای سن، طول، وزن، جنسیت، عادت تغذیه‌ای، نیازهای اکولوژیک، تغییرات فصلی در خواص شیمیایی آب از جمله شوری، سختی، دما و غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب در تجمع فلزات

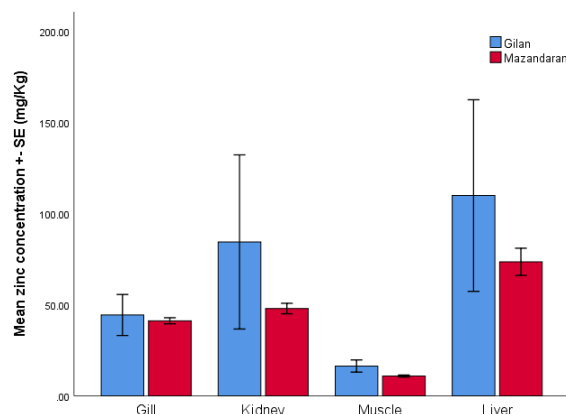
1- The Regional Organization for the Protection of the Marine Environment



نمودار ۱. میانگین غلظت سرب بین بافت‌های مختلف ماهیان استان‌های گیلان و مازندران



نمودار ۲. میانگین غلظت نیکل بین بافت‌های مختلف ماهیان استان‌های گیلان و مازندران



نمودار ۳. میانگین غلظت روی بین بافت‌های مختلف ماهیان استان‌های گیلان و مازندران

همبستگی طول و وزن با غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه
 بررسی نتایج همبستگی بین فلزات سنگین و دو شاخص طول کل و وزن کل حاکی از آن است که همبستگی معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد، این در حالی است که همبستگی بالا و مثبتی بین غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و روی وجود دارد (جدول ۲).

تا ۱۰۰٪ عبور یا صفر درصد جذب تنظیم گردد. پس از تنظیم صفر و ۱۰۰، جذب محلول‌های استاندارد و همچنین محلول مجهول اندازه‌گیری شد. محلول‌های استاندارد با غلظت‌های مناسب دقیقاً به همان روش که محلول نمونه تهیه شده بود، تهیه گردید. پس از تنظیم جذب صفر توسط محلول بلانک، جذب محلول‌های استاندارد به ترتیب از رقیق به غلیظ توسط دستگاه خوانده و ثبت شد. در پایان، جذب محلول مجهول نیز در همان شرایط ثبت گردید. با توجه به داده‌های محلول‌های استاندارد، نمودار جذب بر حسب غلظت رسم و جذب محلول مجهول روی آن مشخص و غلظت آن تعیین شد (Madrid et al. 2002). سنجش غلظت عناصر به کمک دستگاه ICP-OES مدل Spectro-Amitec ساخت کشور آلمان انجام پذیرفت. با اطمینان از برقرار بودن شرط‌های تحلیل واریانس، به منظور تحلیل تفاوت غلظت فلزات سنگین بین بافت‌ها از ANOVA با آزمون bonferroni استفاده شد. تحلیل تفاوت غلظت فلزات سنگین موجود در بافت‌ها بین استان‌ها و همچنین با استاندارد مربوطه (جدول ۱) توسط آزمون t صورت گرفت. کلیه تحلیل‌ها با سطح معنی‌داری $p < 0.05$ و به کمک نرم‌افزار SPSS انجام پذیرفت.

جدول ۱- حد مجاز و استانداردهای بین‌المللی فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافت ماهیان (Shahri et al. 2017)

استانداردهای بین‌المللی فلزات سنگین	سرب	نیکل	روی
سازمان بهداشت جهانی (WHO)	۰/۵	۰/۳۸	۱۰۰۰
سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)	۵	۰/۵	-
وزارت شیلات و کشاورزی انگلستان (MAFF)	۲	-	۵۰
مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC)	۱/۵	-	۱۵۰
سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO)	۰/۵	-	۳۰

۳- نتایج

غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در بافت‌های مختلف ماهی سفید در دو استان گیلان و مازندران

نتایج بررسی غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه نشان داد که تفاوت میانگین غلظت سرب ($F=1/169$, $p=0/331$)، نیکل ($F=0/233$, $p=0/477$) و روی ($F=1/311$, $p=0/282$) مشاهده شده بین بافت‌های در نظر گرفته در این پژوهش معنی‌دار نمی‌باشد (شکل‌های ۱، ۲، ۳). همانند تفاوت میان بافت میانگین، غلظت سرب ($p=0/331$)، نیکل ($t=1/169$) و روی ($t=0/955$, $p=0/342$) موجود بین ماهیان دو استان نیز معنی‌دار نمی‌باشد. بر خلاف دو فلز اخیر، تفاوت بین میانگین نیکل ($t=2/041$, $p=0/046$) در دو استان معنی‌دار است. تفاوت معنی‌داری میانگین نیکل ناشی از تفاوت غلظت این فلز در ماهیچه ($t=2/751$, $p=0/016$) بوده و تفاوت معنی‌داری بین میزان این فلز در دیگر بافت‌ها در دو استان مشاهده نشد.

مقایسه میزان فلزات سنگین مورد بررسی با برخی از استانداردها

مقدار فلزات سنگین مطالعه شده سرب و روی به طور معنی داری در اندکی از بافتها با استانداردهایی که شاخص حد مجاز آنها پایین بود (از جمله WHO و FAO)، به خصوص در استان مازندران که در تمام بافتها مشاهده می گردد، بیشتر بود (جدول ۳). در خصوص نیکل، مقدار ثبت شده در اکثر بافتها از استانداردهای ارائه شده به طور معنی داری بیشتر بود.

جدول ۲- همبستگی بین طول، وزن و فلزات سنگین مورد مطالعه

		طول کل		وزن کل		سرب		نیکل	
وزن کل	PC	۰/۹۵۷							
	p	۰/۰۰۰۵							
سرب	PC	-۰/۰۸۹	-۰/۰۷۴						
	p	۰/۳۷۸	۰/۴۶۲						
نیکل	PC	-۰/۰۹۰	۰/۰۷۸	۰/۸۳۷					
	p	۰/۳۷۴	۰/۴۴۱	۰/۰۰۰۵					
روی	PC	۰/۰۴۰	۰/۰۴۵	۰/۸۲۲	۰/۷۶۱				
	p	۰/۶۹۰	۰/۶۵۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵				

PC: همبستگی پیرسون

جدول ۳- مقایسه میزان فلزات سنگین مطالعه شده با مقدار استانداردهای ارائه شده در جدول ۱ با کمک آزمون t

استان	استانداردها	سرب			نیکل				روی		
		آبشش	کلیه	عضله	کبد	آبشش	کلیه	عضله	کبد	کلیه	عضله
گیلان	WHO	t	NS	NS	NS	۲/۲۶	۲/۸۶	۲/۲۱	L	L	L
		p	۰/۰۲	۰/۰۴	NS	۰/۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۴	L	L	L
	FDA	t	L	L	L	L	L	L	NS	-	-
		p	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	NS	-
	MAFF	t	L	NS	L	L	L	L	-	L	NS
		p	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	L	NS
NHMRC	t	L	NS	L	L	L	L	-	L	L	
	p	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	L	L	
FAO	t	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	L	NS	
	p	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	L	NS	
مازندران	WHO	t	NS	L	L	L	L	L	L	L	L
		p	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	L	L
	FDA	t	L	L	L	L	L	L	L	L	L
		p	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	L	L
	MAFF	t	L	L	L	L	L	L	L	L	L
		p	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	L	L
	NHMRC	t	L	L	L	L	L	L	L	L	L
		p	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	L	L
FAO	t	NS	L	L	L	L	L	L	L	L	
	p	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	L	L	

L: مقدار ثبت شده فلز سنگین کمتر از استاندارد؛ NS: عدم وجود اختلاف معنی دار بین غلظت ثبت شده (اندکی بالاتر از استاندارد) با استاندارد (در حد استاندارد).

۴- نتیجه گیری

بر خلاف آبششها، کلیه و کبد که معمولاً دارای مقادیر بالایی از فلزات سنگین در ماهیان می باشند (Newman and Unger, 2003)، بافت عضله این موجودات دارای پایینترین مقدار از فلزات سنگین است (Al-Yousuf et al. 2000; Filazi et al. 2003). احتمالاً پایین بودن مقادیر فلزات سنگین در عضله ماهیان ناشی از تطبیق فیزیولوژیک ماهی با محیط است که با حذف، خنثی سازی یا رفع آثار سمی عناصر سنگین به کمک پروتئینهای استرس از جمله متالوتیونینها در بافت عضله حاصل می گردد (Heath, 1987; Turkmen et al. 2009). بر خلاف موارد مذکور، اختلافی در غلظت فلزات سنگین بین بافتها در هر استان مشاهده نگشت.

همچنین به غیر از غلظت نیکل در عضله، اختلافی بین غلظت دیگر فلزات سنگین بین دو استان گیلان و مازندران هم مشاهده نشد. البته در برخی مطالعات وجود غلظت بالای سرب در عضله نسبت به دیگر بافتها در دو گونه ماهی قزل آلی رنگین کمان و کپور معمولی (Askary Sary and Velayatzadeh, 2011) یا گونه های دیگر (Amini Ranjbar and Sotoudehnia, 2005; Agah et al. 2009; Nwani et al. 2010; Coulibaly et al. 2012; Askary Sary and Velayatzadeh, 2014a) گزارش شده است. علت اختلاف تجمع فلز روی در تحقیقات مختلف با توجه به شرایط اکولوژیک، زیستی و فعالیت های متابولیکی (Canli and Atli, 2003) متفاوت است و به محل زندگی، رفتار تغذیه ای

(Nawabian et al. 2011) و پلرود (Mirmoshtaghi et al. 2011) و (Sharifi et al. 2016; 2013) وارد دریای خزر می‌شوند، اشاره نمود. همچنین احتمالاً انتقال آلاینده‌ها حاصل از فعالیت‌های نفتی و کشتیرانی کشور آذربایجان توسط جریانات غالب دریایی به سواحل گیلان نیز می‌تواند یکی از دلایل مهم بالا بودن غلظت نیکل در این استان باشد (Nasrabadi et al. 2010). مهمتر از تفاوت میزان غلظت نیکل بین استان‌های گیلان و مازندران، بالا بودن غلظت این فلز در بافت‌های ماهیان دو استان، فراتر از استانداردهای جهانی است. با توجه به اینکه حدود نیمی از ماهیان صید شده از شمال کشور، ماهی سفید می‌باشد (Fazli and Parafkandeh Haghighy, 2016)، بنابراین بالا بودن غلظت نیکل در عضله که موجب ایجاد حساسیت، مشکلات ریوی، سردرد، سرگیجه، شکم درد، مشکلات کلیوی، خونی و سرطان‌های ریه، بینی و سینوس می‌شود (Duda-Chodak and Blaszczyk, 2008) می‌تواند در دراز مدت سلامت جامعه را با خطر جدی مواجه نماید. علی‌رغم پایین بودن غلظت فلزات سنگین سرب و روی در عضله، با توجه به نتایج این پژوهش (ارتباط مستقیم اثر این فلزات بر یکدیگر و عدم همبستگی میزان غلظت فلزات با وزن و طول) (Jalali Jafari and Aghazadeh, 2007)، تغذیه از ماهی سفید بدون توجه به اندازه و وزن باید با احتیاط بیشتری صورت پذیرد.

(Laimanso et al. 1999)، سطح غذا، سن، اندازه (Al-Yousuf et al. 2000)، زمان ماندگاری فلزات سنگین و فعالیت‌های تنظیمی هموستازی بدن ماهی نیز بستگی دارد. نیکل مانند اکثر فلزات سنگین در محیط‌های آبی پایدار بوده و ماهیان مختلف در مقابل حضور فلزات سنگین در آب کاملاً بی‌دفاع هستند. ورود و تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف به‌طور کلی متأثر از غلظت آلاینده در محیط می‌باشد. به نظر می‌رسد مقدار بالای غلظت نیکل در آب‌های استان گیلان نسبت به استان مازندران حداقل طی سال‌های ۱۳۸۹ (Nasrollahzadeh Saravi et al. 2014) و ۱۳۹۱ (Mohammedi Galangash et al. 2017) یکی از دلایل بالا بودن غلظت این فلز سنگین در عضله ماهیان مورد مطالعه استان گیلان باشد. همان‌گونه که پیشتر نیز بیان شد افزایش آلودگی نیکل در اکوسیستم‌های آبی معمولاً ناشی از منابع انسانی مانند مصرف سوخت-های فسیلی، فعالیت‌های استخراج و فرآوری مواد معدنی، پالایشگاه‌ها، پایانه‌های نفتی، تانک‌های ذخیره مشتقات نفتی، سوزاندن مواد زائد خطرناک، تردد کشتی‌ها، قایق‌ها، نفت‌کش‌ها (El-Safy and Al-Ghannam, 1996; Pourang et al. 2005; Nwani et al. 2012; Coulibaly et al. 2010) و تخلیه و بارگیری مواد معدنی خصوصاً آهن است (Moshrofeh et al. 2012; Askary Sary and Velayatzadeh, 2014b). از دلایل مهم دیگر بالا بودن میزان نیکل در آب‌های گیلان می‌توان به آلاینده‌های نظیر پساب شهری و روستایی، سموم شیمیایی کشاورزی و پساب صنایع مختلف که از طریق رودخانه‌هایی نظیر سفیدرود

منابع

- Agah, H., et al. 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf, *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 157, P. 499-514.
- Al-Yamini, M.N. 2011. Sher H. El-Sheikh MA. Eid EM. Bioaccumulation of nutrient and heavy metals by *Calotropis procera* and *Citrullus colocynthis* and their potential use as contamination indicators, *Academic Journals*, Vol. 6 (4), P. 966-976.
- Al-Yousuf, M.H., et al. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex, *Science Total of the Environment*, Vol. 256, P. 87-94.
- Amini Ranjbar, G.h., Sotoudehnia, F. 2005. Accumulation of heavy metals in the Caspian Sea *Mugil auratus* muscle tissue in connection with some biometric characteristics (standard length, weight, age and gender), *Iranian Journal of Fisheries Science*, Vol. 14 (3), P. 1-18. (In Farsi)
- Askary Sary, A., Velayatzadeh, M. 2011. Investigating the concentration of lead and zinc in liver and muscle tissues of two species of common carp and rainbow trout, *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, Vol. 7(1), P. 30-35. (In Farsi)
- Askary Sary, A., Velayatzadeh, M. 2014a. Determination of lead and zinc in king mackerel (*Scomberomorus guttatus*), Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) and Tiger-toothed Croaker (*Otolithes ruber*) from Persian Gulf, Iran in 2001 and 2011, *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, Vol. 5(1), P. 322-329.
- Askary Sary, A., Velayatzadeh, M. 2014b. Heavy metals in aquatics. Islamic Azad University Ahvaz Publication. (In Farsi)
- Askary Sary, A., et al. 2017. Study on the effects of different cooking methods on concentration of essential elements (Fe, Zn, Cu, Ni) in *Cyprinus Carpio*, *Journal of Food Hygiene*, Vol. 7 (27), P. 61-76. (In Farsi)
- Bellassoued, K., et al. 2013. Seasonal variation of *Sarpa salpa* fish toxicity, as related to phytoplankton consumption, accumulation of heavy metals, lipids peroxidation level in fish

- tissues and toxicity upon mice, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 185, P. 1137-1150.
- Canli, M., Atli, G. 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species, *Journal of Environmental Pollution*, Vol. 121, P. 129-136.
 - Coulibaly, S., et al. 2012. Seasonal accumulations of some heavy metal in water, sediment and tissues of black-chinned tilapia *Sarotherodon melanotheron* from Bietri Bay in Ebrie Lagoon, Ivory Coast, *Bull Environmetal and Contamination Toxicology*, Vol. 88, P. 571-576.
 - Demirak, A., et al. 2006. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey, *Journal of Chemosphere*, Vol. 63, P 1451-1458.
 - Duda-Chodak, A., Blaszczyk, U. 2008. The impact of nickel on human health, *Journal of Elementol*, Vol. 13(4), P. 685-696.
 - Eder, K., et al. 2004. Molecular and cellular biomarker responses to pesticide exposure in juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*), *Marine Environmental Research*, Vol. 58(2-5), P. 809-813.
 - El-Safy, M.K., Al-Ghannam, M.L. 1996. Studies on some heavy metal pollutants in fish of El-Manzala Lake, In: *Proceedings of the Conference on Food Borne Contamination and Egyptians Health*, Mansoura, November 26-27, P. 151-180.
 - FAO. 2018. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*, Rome.
 - Fazli, H., Parafkandeh Haghghi, F. 2016. Spatiotemporal abundance and diversity of bonyfishes in beach seines in Iranian waters of the Caspian Sea, *Journal of Fisheries Science and Technology*, Vol. 5 (3), P. 109-120. (In Farsi)
 - Filazi, A., et al. 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey, *Journal of Human and Experimental Toxicology*, Vol. 22, P. 85-87.
 - Heath, A.G. 1987. *Water pollution and fish physiology*, 2nd ed, CRC Press, Boston.
 - Iranian Fisheries Organization. 2018. *Iranian Fisheries Organization yearly (2001-2011)*, P. 64. (In Farsi)
 - Jalali Jafari, B., Aghazadeh Mesghi, M. 2007. *Fish poisoning due to heavy metals in water and its importance in public health*, Mann Book Publication, Tehran. (In Farsi)
 - Janadeleh, H., Kardani, M. 2016. Heavy metals concentrations and human health risk assessment for three common species of fish from Karkheh River, Iran, *Iranian Journal of Toxicology*, Vol. 10 (6), P. 31-37.
 - Laimanso, R.Y., et al. 1999. Metal concentrations in the tissues of Rabbitfish (*Siganus oramin*) collected from Tolo Harbour and Victoria Harbour in Hong Kong, *Journal of Marine Pollution Bulletin*, Vol. 39, P. 234.
 - MacFarlane, G.B., Burchett, M.D. 2000. Cellular distribution of Cu, Pb, and Zn in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.), *Vierh Aquatic Botanic*, Vol. 68, P. 45-59.
 - Madrid, L., et al. 2002. Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville, *Chemosphere*, Vol. 49, P. 1301-1308.
 - Malvandi, H., Hassanzadeh, N. 2019. Potential ecological risk assessment of heavy metal contamination in surface sediment of the Siahrood River, Mazandaran province, *Iranian Journal of Research in Environmental Health*, Vol. 5 (3), P. 217-229.
 - Mayon, N., et al. 2006. Multi scale approach offish responses to different types of environmental contaminations: a case study, *Science of the Total Environment*, Vol. 367 (2-3), P. 715-731.
 - Mc Neil, D.G., Fredberg, J. 2011. *Environmental water requirements of native fishes in the Middle River catchment, Kangaroo Island, South Australia*, SARDI Research Report Series No.528, SA Department for Water, South Australian Research and Development Institute (Aquatic Sciences), Adelaide, Australia, SARDI Publication No. f2011/000060-1.
 - Mirmoshtaghi, S.M., et al. 2011. Quality study of Sefidrood River and its zoning using NSFWQI and OWQI quality indices, *Journal of Ecobiology Wetland*, Vol. 3 (9), P. 23-34. (In Farsi)
 - Mohammadi Galangash, M., et al. 2017. An assessment of heavy metals in coastal sediments of the Caspian Sea, Guilan province, *Journal of Oceanography*, Vol. 8(31), P. 27-34. (In Farsi)
 - Moshrofeh, A., et al. 2012. The study of heavy metals of cadmium, nickel, vanadium and zinc in different tissues of elephant fish and ozone and risk of muscle tissue consumption in the southern basin of the Caspian Sea, *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, Vol. 22(96), P. 90-97. (In Farsi)

- Nasrabadi, T., et al. 2010. Evaluating the efficiency of sediment metal pollution indices in interpreting the pollution of Haraz River sediments, southern Caspian Sea basin, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 171, P. 395-410.
- Nasrollahzadeh Saravi, H., et al. 2014. Temporal and spatial of heavy metals concentrations (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd and Hg) in Iranian coastal waters of the Southern Caspian Sea, *Journal of Marine Biology*, Vol. 6(1), P. 1-12. (In Farsi)
- Nawabian, M., et al. 2013. Qualitative study of Polroud River using general indicators of water quality and comparison of indices for selecting the best indicator. 5th Iranian Water Resources Management Conference, Water Resources Science and Engineering Society, Shahid Beheshti University, Tehran. (In Farsi)
- Newman, M.C., Unger, M.A. 2003. *Fundamentals of ecotoxicology*, CRC Press.
- Nwani, C.D., et al. 2010. Heavy metals in fish species from lotic freshwater ecosystem at Afikpo, Nigeria, *Journal of Environmental Biology*, Vol. 31(5), P. 595-601.
- Pourang, N., et al. 2005. Trace elements accumulation in edible tissues of five sturgeon species from the Caspian Sea, *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 100, P. 89-108.
- Rafeipoor, A., et al. 2019. Concentration measurement of heavy metals mercury, lead and cadmium in fish muscle Tuna, Tap and tilapia in the city of Jiroft, *Iranian Journal of Research in Environmental Health*, Vol. 5 (1), P. 21-30. (In Farsi)
- ROPME. 1999. *Manual of oceanographic and pollutant analysis method*, Third edition, Kuwait. 1-100.
- Safari, R., Yaghobzadeh, Z. 2012. Evaluation of microbial biodegradators of Shirud River in Mazandaran Province, *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, Vol. 22 (98), P. 289-299. (In Farsi)
- Shahri, E., et al. 2017. Risk assessment of some heavy metals in four species of fish from Oman Sea in spring, *Iranian Journal of Research in Environmental Health*, Vol. 3 (1), P. 30-39. (In Farsi)
- Sharifi, H., et al. 2016. Determination of residue of diazinon in the Polrod River (Guilan province), *Journal of Wetland Ecobiology*, Vol. 8(27), P. 53-64. (In Farsi)
- Turkmen, M., Ciminli, C. 2007. Determination of metals in fish and mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, *Food Chemistry*, Vol. 103, P. 670-675.
- Turkmen, M., et al. 2009. Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean Seas: twelve fish species, *Food Chemistry*, Vol. 108, P. 794-800.
- Velma, V., Tchounwou, P.B. 2010. Chromium-induced biochemical, genotoxic and histopathologic effects in liver and kidney of gold fish, *Carassius auratus*, *Mutation Research*, Vol. 698 (1-2), P. 43-51.
- Yi, Y.J., Zhang, S.H. 2007. The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River, *Procedia Environmental Sciences*, Vol. 13, P. 1699-1707.
-