بررسی غلظت عناصر فلزی در بافت ماهی سفید (*Rutilus frisii*) در سواحل جنوب غربی دریای خزر (گیلان)

مسعود ستاری [*۱و۲]، جاوید ایمانپور نمین[۱]، مهدی بی‌باک[۱]، محمد فروهر واجارگاه[۱]، آرش خسروی[۱]

[*]msattari647@gmail.com

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
۲- گروه علوم دریایی، مرکز تحقیقات حوضه دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۸

چکیده

ماهی سفید (*Rutilus frisii*) یکی از ماهیان ساکن دریای خزر با بازارپسندی و ارزش اقتصادی بالاست با توجه به بسته بودن دریای خزر، تمامی آلاینده‌هایی که به آن تخلیه می‌شود، در حوضه دریا انباشته می‌شود. آلودگی رسوبات به فلزات سنگین منجر به مشکلات زیست‌محیطی جدی می‌شود. بدین منظور، تعداد ۳۶ عنصر در بافت‌های کبد، عضله، گناد، پوست و کلیه این ماهی اندازه‌گیری شد و ارتباط آنها با پارامترهای رشد (سن و طول)، شاخص‌های فیزیولوژیک (ضریب چاقی، وزن نسبی، شاخص کبدی) بررسی شد. تعداد ۵۱ عدد ماهی در فصل پاییز ۱۳۹۶ توسط پره‌های ساحلی و دام گوش‌گیر صید شدند و اندازه‌گیری فلزات با استفاده از دستگاه ICP -OES انجام شد. بیشترین غلظت فلزات کلسیم، منگنز در بافت عضله، فلزات آلومینیم، باریم، کادمیم، کبالت، آهن، پتاسیم، سدیم، گوگرد، قلع، تنگستن و روی در بافت کلیه، فلزات آرسنیک، نیکل، سرب و روبیدیوم در بافت گناد، فلزات کروم، لیتیوم، منیزیوم، فسفر، آنتیموآن، سیلیکون، استرونسیم، توریوم و تیتانیوم در بافت پوست و فلز مس در بافت کبد بود. همبستگی میزان عناصر در هر بافت موردسنجش قرار گرفت که در این میان پایین‌ترین میزان همبستگی را عناصر استونسیوم و نیکل در بافت کبد و پایین‌ترین میزان همبستگی عناصر آنتیموان، منگنز و نیکل در بافت عضله محاسبه شد.

کلمات کلیدی: ICP -OES، فلزات سنگین، پارامترهای رشد، *Rutilus frisii*

[*]**نویسنده مسئول**

مقدمه

دریای خزر بین عرض‌های جغرافیایی "۳۵′ ۳۴ °۳۶ تا ' ۱۳ °۴۶ N و طول جغرافیایی "۳۹' ۳۸ °۴۶ E تا "۱۹' ۳۳ °۵۴ E قرار دارد. حجم آب آن ۸۰۰۰۰ کیلومتر مکعب است (موسوی، ۱۳۸۰). فلزات سنگین از آلاینده‌های بسیار مهم محیط‌زیست این دریا محسوب می‌شوند. به طور کلی، دو منبع مؤثر در ایجاد آلودگی فلزات سنگین شامل عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی هستند. با توجه به نزدیکی شهرهای ساحلی، جریانات رودخانه‌ای که حاوی پساب، مواد معلق و رسوبات بوده و گاهی حاصل سیلاب‌های مکرر ناشی از عوامل طبیعی هستند، بسیاری از مواد آلاینده از جمله سموم و کودهای شیمیایی باقیمانده در خاک و مواد حاصل از شستشوی زهاب‌های صنایع کوچک و بزرگ شهرها را به دریا تخلیه شده و سبب تجمع عناصر در رسوبات می‌گردند (De Mora *et al*., 2004).

با توجه به بسته بودن دریای خزر، تمامی آلاینده‌هایی که به آن تخلیه می‌شود، در حوضه دریا انباشته می‌شود. آلودگی رسوبات به فلزات سنگین منجر به مشکلات زیست‌محیطی جدی می‌شود بطوریکه نواحی برخوردار از رسوبات آلوده، همواره خطری حقیقی را برای موجودات زنده منطقه بهمراه دارند (Dias *et al*., 2009). بخشی از این آلاینده‌ها به دلیل پایداری بالا در بافت‌های آبزیان مختل، تجمع می‌یابند و با ورود به زنجیره غذایی و انتقال به مصرف‌کنندگان بعدی، درنهایت موجب آسیب به سلامت عمومی افراد مصرف‌کننده از آبزیان منطقه می‌گردند (Zhou *et al*. 2007).

با توجه به افزایش ورود آلودگی ناشی از فاضلاب‌های صنعتی و شهری به دریای خزر بویژه فلزات سنگین که در بدن ماهی تجمع یافته و بر سلامت انسان تأثیر می‌گذارد، مطالعه و بررسی غلظت این عناصر ضروری بنظر می‌رسد. هدف از انجام این مطالعه بررسی تجمع عناصر Al، Ag، As، Ba، Be، Bi، Ca، Cd، Ce، Co، Cr، Cu، Fe، K، La، Li، Mg، Mn، Mo، Na، Ni، P، Rb، Sb، S، Pb، Si، Sn، Sr، Th، Ti، V، W، Y و Zn در بافت‌های مختلف ماهی سفید و همچنین همبستگی این عناصر در این بافت‌ها و تعیین تجمع هر عنصر در هر بافت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این بررسی تعداد ۵۱ عدد ماهی سفید، در فصل پاییز ۱۳۹۶ از صیدگاه‌های استان گیلان تهیه و در فلاسک‌های یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. ایستگاه‌های نمونه‌برداری شامل: کیاشهر با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه طول جغرافیایی، ۴۹ درجه و ۹۸ دقیقه بندر انزلی با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۹ دقیقه، آستارا با عرض جغرافیایی ۳۰۱۲۲۶،۳۸ و طول جغرافیایی ۸۸۰۱۶۸،۴۸ بود. تعداد نمونه‌های تهیه‌شده از کیاشهر، انزلی و آستارا بترتیب ۲۶، ۲۵ و ۲۷ عدد بود.

هر یک از نمونه‌های جمع‌آوری شده، در یونولیت‌های حاوی یخ جهت انجام آزمایش به آزمایشگاه بیماری‌های آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان منتقل و تا زمان جداسازی بافت‌های مختلف مانند کبد، عضله، پوست، کلیه و گناد در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه زیست‌سنجی شدند. برای تعیین سن تعدادی فلس از نمونه‌ها جدا شده و بلافاصله برای جداسازی، بافت‌های موردنظر تشریح شدند. پس از برداشتن پوست سطح پشتی، عضلات و در نهایت، تمامی بافت‌های عضله، کبد، کلیه، پوست و گناد ماهیان جدا شد. هر یک از بافت‌ها به طور جداگانه به داخل پتری دیش گذاشته شد و در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت خشک قرار داده شد. سپس نمونه‌ها از آون خارج و برای پایین آمدن دما درون دسیکاتور قرار گرفت. بعد از کاهش دما نمونه‌ها بوسیله هاون چینی به صورت پودر درآورده شد. برای تعیین سن ماهیان تعداد ۱۵-۱۰ عدد فلس از بالای خط جانبی جدا شد. فلس‌ها ابتدا با آب گرم شستشو داده‌شده و برای از بین بردن مواد اضافی و موکوس از آنها و نگهداری طولانی‌تر، از الکل ۹۵٪ برای شستشو استفاده شد. بعد از قرار دادن فلس‌ها در زیر لوپ، سن نمونه‌ها بر اساس حلقه‌های سالانه (Annuli) تعیین شد (رضوی صیاد، ۱۳۶۸) برای هضم شیمیایی نمونه‌ها به منظور آماده شدن برای تعیین فلزات سنگین حدود ۱ گرم از هر نمونه پودر شده و توزین شد. سپس در ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و به یک گرم از هر یک از بافت‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد اضافه‌شده و در دمای آزمایشگاه به مدت ۵ ساعت برای هضم مقدماتی نگهداری شد. سپس نمونه‌ها از کاغذ صافی (wathman -42) عبور داده شد و با آب دو بار تقطیر حجم نمونه‌ها در بالن ژوژه به ۲۵ سی‌سی رسانده شد. پس‌ازاین مراحل، غلظت فلزات سنگین نمونه‌های آماده‌شده توسط (ICP- OES) Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy موردسنجش قرار گرفت.

در این مطالعه تعداد ۵۱ عدد ماهی از ۳ ایستگاه صید شد. تعداد نمونه‌های تهیه‌شده از منطقه آستارا، انزلی و کیاشهر بترتیب ۲۵، ۲۷، ۲۶ عدد بود. حداقل و حداکثر طول و وزن کل در کیاشهر ۵۰-۲۹/۵ سانتی‌متر و ۱۲۲۰-۲۶۵ گرم (جدول ۱)، آستارا ۴۸-۳۰ سانتی‌متر و ۱۱۹۵-۲۷۵ گرم (جدول ۲)، انزلی ۵۱-۱۶/۵ سانتی‌متر و ۱۵۲۵-۵۰ گرم (جدول ۳) بدست آمد. میانگین طولی و وزنی در ایستگاه کیاشهر بیشتر از ایستگاه‌های انزلی و آستارا بود. درصد شیوع آلودگی برابر با تجمع عنصر در هر بافت در تمام نمونه‌های صیدشده است که به‌صورت درصد بیان می‌شود. شاخص‌های فیزیولوژیک بر اساس معادلات ذیل محاسبه شد (Hung *et al.*, 2002).

ضریب چاقی (Condition Factor):

$$CF = \frac{W}{L^3} \times 100$$

CF = ضریب چاقی، W = وزن ماهی (گرم) به گرم و طول ماهی (L) = طول (سانتیمتر)

شاخص کبدی (Wahli *et al.*, 2002) Hepatosomatic Index (HSI):

$$HSI = \frac{w}{W} \times 100$$

w = وزن کبد (گرم)، W= وزن ماهی(گرم)

نرمال بودن داده‌ها بوسیله آزمون Kolmogorov- Smirnov مورد آزمون قرار گرفت. برای تعیین رابطه میزان تجمع فلزات سنگین با طول ماهی، سن، ضریب چاقی، وزن نسبی و شاخص کبدی از ضریب همبستگی Pearson استفاده شد. جهت تعیین وجود اختلاف معنی‌دار بین بافت‌ها از نظر غلظت فلزات برای داده‌های نرمال از آزمون ANOVA و داده‌های غیر نرمال از آزمون Kruskal-Wallis استفاده شد. سطح معنی‌دار بودن در این بررسی $p<0.05$ بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS (version 25), Excel (2013) صورت گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از زیست سنجی ماهی سفید در جدول ۱ و شاخص‌های زیستی محاسبه شده در جدول ۲ ارائه شده است. تعداد ۳۶ عنصر در ۵ بافت شامل کبد، عضله، گناد، پوست و کلیه در ماهی سفید برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شد. درصد شیوع هر عنصر در هر بافت در نمونه‌های صیدشده نیز محاسبه گردید (جدول ۳).

همبستگی بین عناصر در سطح (۰/۰۱) در بافت کبد محاسبه شد که در این میان پایین‌ترین میزان همبستگی را عناصر Sr و Ni نشان دادند (جدول ۴).

بیشترین همبستگی بین عناصر P و Mg گزارش شد و بیشترین میزان همبستگی را عنصر P با سایر عناصر داشت. همبستگی بین عناصر در سطح (۰/۰۱) در بافت عضله محاسبه شد که در این میان پایین‌ترین میزان همبستگی را عناصر Mn، Ni و Sb نشان دادند (جدول ۵).

میزان همبستگی عناصر در بافت عضله کمتر از بافت کبد گزارش شد. همبستگی بین عناصر در بافت پوست نشان داد که عناصر در این بافت همبستگی کمی با یکدیگر دارند و در بعضی از عناصر همبستگی مشاهده نشد (جدول ۶).

در تحقیق حاضر، همبستگی معکوس عناصر در بافت گناد مشاهده شد (جدول ۷) و در بسیاری از عناصر همبستگی مشاهده نشد. همبستگی بین عناصر در بافت کلیه نشان داد که بیشترین همبستگی عناصر Mg، Mn و Cu با سایر عناصر داشتند و بین عنصر S با سایر عناصر همبستگی مشاهده نشد (جدول ۸).

در این بررسی نمونه‌های ماهی در دامنه سنی +۱ الی + ۳ سال قرار داشتند. نقره فقط در نمونه‌های ۲ ساله مشاهده شد. آلومینیم در تمام سنین یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از سه‌ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین مختلف با تجمع فلز آلومینیم معنی‌دار بود ($p<0.05$). حضور آرسنیک در تمام سنین یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از سه ساله‌ها بود و درصد آن در ماهیان ۲ ساله (۹۵/۸۳٪)، ۱ ساله (۸۴/۶۱٪)، ۳ ساله (۶۶/۶۶٪) بود. اختلاف بین سنین مختلف با تجمع فلز آرسنیک معنی‌دار بود ($p<0.05$). کلسیم در تمام سنین و تمام (۱۰۰٪) نمونه‌ها یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۳ و ۱ سال بیش از ۲ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین از نظر تجمع کلسیم معنی‌دار نبود ($p>0.05$). کادمیم در تمام سنین یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۳ و ۲ سال بیش از ۱ ساله‌ها بود. درصد آن در ماهیان ۲ ساله (۴۳/۷۵٪)، ۳ ساله (۳۳/۳۳٪)، ۱ ساله (۳۰/۷۶٪) بود. اختلاف بین سنین ازنظر تجمع کادمیم معنی‌دار نبود ($p>0.05$). کبالت در نمونه‌های ۳ ساله مشاهده نشد. در (۴۳/۷۵٪) نمونه‌های ۲ ساله و (۱۵/۳۸٪) نمونه‌های یکساله مشاهده شد.

جدول ۱: نتایج زیست‌سنجی ماهی سفید در سه ایستگاه (تعداد: ۵۱)

Table 1: Biometry of *Rutilus frisii* in all region (n:51).

مناطق	مقادیر	ضخامت بدن (cm)	ارتفاع بدن (cm)	قطر چشم (cm)	طول پوزه (cm)	طول سر (cm)	طول استاندارد (cm)	طول چنگالی (cm)	طول کل (cm)	وزن کل (gr)
	میانگین	۴/۶۳	۷/۷۷	۱/۲	۲/۱۵	۷/۱۴	۳۴/۸۳	۳۷	۴۰/۰۹	**۶۹۷/۱۱**
کیاشهر	انحراف معیار	۰/۸۸	۱/۳۴	۰/۰۹	۰/۴۰	۱/۰۴	۵/۱۴	۵/۳۶	۵/۷۹	**۲۹۷/۱۳**
	حداقل	۳/۲	۵/۷	۰/۹	۱/۶	۵/۵	۲۵/۵	۲۷	۲۹/۵	**۲۶۵**
	حداکثر	۶/۳	۹/۸	۱/۳	۳	۸/۹	۴۴	۴۷	۵۰	**۱۲۲۰**
	میانگین	۴/۹۷	۸/۰۴	۱/۲۱	۲/۰۹	۶/۹۹	۳۴/۴۴	۳۶/۶	۴۰/۱	**۶۹۱/۰۸**
آستارا	انحراف معیار	۰/۸۲	۱/۱۰	۰/۰۹	۰/۳۱	۰/۸۶	۴/۴۷	۴/۵۲	۴/۸۱	**۲۳۷/۴۴**
	حداقل	۳/۵	۵/۸	۱/۱	۱/۳	۵/۲	۲۵	۲۷	۳۰	**۲۷۵**
	حداکثر	۶/۷	۱۰/۲	۱/۴	۲/۶	۸/۶	۴۱/۵	۴۴	۴۸	**۱۱۹۵**
	میانگین	۴/۴۴	۷/۴۷	۱/۱	۲/۰۳	۶/۷۹	۳۳/۲۴	۳۵/۳۱	۳۸/۴۶	**۶۵۴/۲۵**
انزلی	انحراف معیار	۱/۲۶	۱/۹۹	۰/۱۴	۰/۵۷	۱/۵۶	۸/۲۱	۸/۵	۹/۲۸	**۳۷۰/۳۶**
	حداقل	۱/۸	۳/۲	۰/۷	۰/۹	۳/۲	۱۳/۵	۱۵	۱۶/۵	**۵۰**
	حداکثر	۶/۵	۱۱/۵	۱/۳	۳/۱	۹/۵	۴۵	۴۷	۵۱	**۱۵۲۵**

جدول ۲: میانگین پارامترهای زیستی ماهی سفید

Table 2: Means of Biological Parameters.

مقادیر	سن	ضریب چاقی (CF)	وزن نسبی (WR)	شاخص کبدی (HIS)
میانگین	۱/۸۹	۰/۹۹	۱۰۱/۴۷	۱/۱۷
انحراف معیار	۰/۶۷	۰/۱۷	۱۷/۶۴	۰/۴۱
حداقل	۱	۰/۷۲	۷۵/۱۱	۰/۲۸
حداکثر	۳	۱/۳۷	۱۳۸/۸۴	۲/۰۴

جدول ۳: میانگین±انحراف معیار و شیوع آلودگی در بافت‌ها در ماهی سفید

Table 3: Means±SD and Prevalence of contamination in tissues.

بافت	کبد		ماهیچه	
	میانگین±انحراف معیار	شیوع آلودگی (٪)	میانگین±انحراف معیار	شیوع آلودگی (٪)
Ag	ND		۰/۱±۰	۹/۵۲
Al	۰,۳۹±۰,۲۳b	۱۰۰	۰/۴۱±۰/۲۳b	۹۵/۲
As	۰,۰۳±۰,۰۲b	۸۰/۹۵	۰/۰۳±۰/۰۲b	۹۰/۴۷
Ba	ND		۰/۰۱±۰ b,c	۹/۵۲
Be	ND		ND	
Bi	ND		ND	
Ca	۷/۹۲±۴,۵۷b	۱۰۰	۱۸/۹۱±۹/۷۷a	۱۰۰
Cd	۰,۰۲±۰,۰۱b	۴۷/۶۱	۰/۰۲±۰/۰۲b	۱۴/۲۸
Ce	ND		ND	
Co	۰,۰۱ ± ۰ b,c	۱۹/۰۴	۰/۰۱ ± ۰ c	۴/۷۶

بافت	کبد		ماهیچه	
	میانگین±انحراف معیار	شیوع آلودگی (٪)	میانگین±انحراف معیار	شیوع آلودگی (٪)
Cr	۰,۰۲±۰,۰۱b	۱۰۰	۰/۰۲±۰/۰۱b	۱۰۰
Cu	۰,۵۱ ±۰,۵۰a	۱۰۰	۰/۰۲±۰/۰۱b	۸۰/۹۵
Fe	۴,۷۰±۴/۲۴a	۱۰۰	۰/۴۱±۰/۳۲ b	۹۵/۲۳
K	۷۴/۹۰±۶۹/۱۹	۱۰۰	۱۲۵/۸۷±۱۲۴/۹۷	۱۰۰
La	ND		ND	
Li	ND		ND	
Mg	۶,۰۰±۴,۵۵	۱۰۰	۱۰/۵۹±۸/۸۳	۱۰۰
Mn	۰,۰۶±۰,۰۴	۹۰/۴۷	۰/۱۸±۰/۰۴۴	۴۲/۸۵
Mo	۰,۰۱±۰b	۴۲/۸۵	۰/۰۱±۰b	۹/۵۲
Na	۳۳,۵۹±۲۸,۵۰b	۱۰۰	۲۰/۶۰±۱۴/۶۴b	۱۰۰
Ni	۰,۰۱±۰,۰۱b	۳۸/۰۹	۰/۰۱±۰/۰۰۶b	۴۷/۶۱
P	۸۴,۲۰±۷۱,۹۸	۱۰۰	۱۰۹/۷۷±۹۰/۷۹	۱۰۰
Pb	۰,۰۷±۰,۰۱c	۴۲/۸۵	۰/۰۴±۰/۰۲c	۴۲/۸۵
Rb	۰,۵۱±۰,۴۱	۶۶/۶۶	۰/۴۴±۰/۳۵	۶۶/۶۶
S	۴۰۷۵,۳۸±۴۹۹۲,۲۲b	۱۰۰	۴۱۱۰/۷۹±۴۹۶۱/۱۵b	۱۰۰
Sb	۰,۰۱±۰,۰۰۴b	۶۱,۹	۰/۰۱±۰/۰۰۲b	۸۵/۷۱
SC	ND		ND	
Si	۰,۱۶±۰,۱۶	۱۰۰	۰/۱۷±۰/۱۶	۹۵/۲۳
Sn	۰,۰۵±۰,۰۳b	۵۷/۱۴	۰/۰۷±۰/۰۳b	۴۲/۸۵
Sr	۰,۰۷±۰,۰۶c	۱۰۰	۰/۲۲±۰/۱۳ b	۱۰۰
Th	۰,۰۵±۰,۰۲c	۴۲/۸۵	۰/۰۶±۰/۰۱ b,c	۴۲/۸۵
Ti	۰,۰۱±۰,۰۰۳c	۴۲/۸۵	۰/۰۱±۰/۰۰۵c	۴۲/۸۵
V	ND		ND	
W	۰,۰۱±۰,۰۰۳ a,b	۳۳/۳۳		
Y	ND		ND	
Zn	۰,۸۵±۰,۷۴ b,c	۱۰۰	۰,۳۰±۰,۲۱c	۹۵,۲۳

ادامه جدول ۳: میانگین±انحراف معیار و شیوع آلودگی در بافت‌ها در ماهی سفید

Continue of Table 3: Means±SD and Prevalence of contamination in tissues.

بافت	گناد		پوست		کلیه	
	میانگین±انحراف معیار	شیوع آلودگی (٪)	میانگین±انحراف معیار	شیوع آلودگی (٪)	میانگین±انحراف معیار	شیوع آلودگی (٪)
Ag			ND		ND	
Al	۰/۴۹±۰/۱۵b	۱۰۰	۱/۰۹±۰/۴۰a	۱۰۰	۱,۲۰±۰,۹۰a	۱۰۰
As	۰/۰۸±۰/۰۴a	۱۰۰	۰/۰۶±۰/۰۱a	۱۰۰	۰,۰۵±۰,۰۱a,b	۱۰۰
Ba			۰/۰۱±۰/۰۰۴a	۵۵/۵۵	۰,۰۱±۰,۰۰۵ a,b	۴۴,۴۴
Be	ND		ND		ND	
Bi	ND		ND		ND	
Ca	۷/۶۵±۳/۱۴b	۱۰۰	۱۴/۱۶±۵/۲۲ a,b	۱۰۰	۱۲,۰۵±۳,۳۴ a,b	۱۰۰
Cd	۰/۰۱±۰b	۲۸/۵۷	۰/۰۱±۰b	۳۳/۳۳	۰,۰۵±۰,۰۱a	۱۰۰
Ce	ND		ND		ND	
Co	۰/۰۱± ۰ b,c	۴۲/۸۵	۰/۰۱±۰b	۶۶/۶۶	۰,۰۱±۰,۰۰۷a	۱۰۰
Cr	۰/۰۴±۰/۰۰۷a	۱۰۰	۰/۰۴±۰/۰۰۸a	۱۰۰	۰,۰۴±۰,۰۰۷a	۱۰۰
Cu	۰/۱۲±۰/۰۵b	۱۰۰	۰/۰۴±۰/۰۱b	۱۰۰	۰,۰۸±۰,۰۴b	۱۰۰
Fe	۱/۴۶±۰/۵۴b	۱۰۰	۱/۲۶±۰/۴۸b	۱۰۰	۶,۴۰±۱,۹۲a	۱۰۰
K	۸۴/۶۲±۳۳/۵۴	۱۰۰	۹۳/۹۲±۲۲/۴۱	۱۰۰	۱۴۰,۸۵±۲۷,۲۶	۱۰۰
La	ND		ND		ND	

بافت	گناد		پوست		کلیه	
	میانگین±انحراف معیار	شیوع آلودگی (٪)	میانگین±انحراف معیار	شیوع آلودگی (٪)	میانگین±انحراف معیار	شیوع آلودگی (٪)
Li	ND		۰/۰۱±۰a	۲۲/۲۲	ND	
Mg	۶/۴۹±۳/۷۱	۱۰۰	۱۲/۶۱±۵/۵۷	۱۰۰	۹,۳۶±۲,۹۷	۱۰۰
Mn	۰/۱۱±۰/۰۹	۱۰۰	۰/۰۹±۰/۰۷	۱۰۰	۰,۰۶±۰,۰۲	۱۰۰
Mo	۰/۰۱±۰a	۱۰۰	۰/۰۱±۰b	۳۳/۳۳	۰,۰۱±۰a	۱۰۰
Na	۱۸/۲۱±۷/۰۴b	۱۰۰	۲۸/۰۴±۵/۵۹b	۱۰۰	۶۵,۸۷±۱۹,۵۴a	۱۰۰
Ni	۰/۰۵±۰/۰۵ a,b	۲۸/۵۷	۰/۰۱±۰/۰۰۷ a,b	۸۸/۸۸	۰,۰۲±۰,۰۱a	۱۰۰
P	۹۸/۳۵±۵۴/۴۵	۱۰۰	۱۶۹/۸۴±۱۱۰/۳۵	۱۰۰	۱۲۶,۹۱±۲۴,۴۰	۱۰۰
Pb	۰/۰۸±۰/۰۲a	۱۰۰	۰/۰۴±۰/۰۲ b,c	۱۰۰	۰,۰۶±۰,۰۳ a,b	۱۰۰
Rb	۰/۷۳±۰/۲۶	۱۰۰	۰/۷۰±۰/۱۶	۱۰۰	۰,۷۲±۰,۱۲	۱۰۰
S	۱۰۱۳۷/۰۳±۳۴۹۸/۲۰a	۱۰۰	۹۶۰۰/۹۷±۲۲۶۳/۸۲a	۱۰۰	۱۱۳۲۴,۴۸±۲۶۸۷,۵۹a	۱۰۰
Sb	۰/۰۱±۰/۰۰۳b	۱۰۰	۰/۰۴±۰/۰۴a	۷۷/۷۷	۰,۰۱±۰/۰۰۸b	۶۶,۶۶
SC	ND		ND		ND	
Si	۰/۲۴±۰/۱۱	۱۰۰	۰/۳۰±۰/۱۵	۱۰۰	۰/۲۲±۰/۱۲	۱۰۰
Sn	۰/۰۷±۰/۰۳ a,b	۱۰۰	۰/۰۵±۰/۰۳ a,b	۱۰۰	۰/۰۸±۰/۰۴a	۱۰۰
Sr	۰/۰۴±۰/۰۱c	۱۰۰	۰/۳۸±۰/۱۷ a	۱۰۰	۰/۱۴±۰/۰۹ b,c	۱۰۰
Th	۰/۰۵±۰/۰۱ a,b	۱۰۰	۰/۰۷±۰/۰۱a	۱۰۰	۰/۰۶±۰/۰۲a	۱۰۰
Ti	۰/۰۱±۰/۰۰۴ b,c	۱۰۰	۰/۰۳±۰/۰۲a	۱۰۰	۰/۰۲±۰/۰۲ a,b	۱۰۰
V	ND		ND		ND	
W	۰/۰۱±۰/۰۰۴a	۱۷/۴۲	۰/۰۱±۰ a,b	۴۴/۴۴	۰/۰۱±۰/۰۱a	۶۶/۶۶
Y	ND		ND		ND	
Zn	۱,۴۸±۰,۳۲ b,c	۱۰۰	۰,۹۹±۰,۴۹ a,b	۱۰۰	۱,۵۵±۰,۸۱a	۱۰۰

جدول ۴: بررسی میزان همبستگی بین عناصر در بافت کبد ماهی سفید

Table 4: Correlation between elements in liver.

	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Rb	S	Sn	Sr	Zn
Al	۱																
As	۰/۷۴۰	۱															
Cd	۰/۸۸۶	۰/۶۶۸	۱														
Cr	۰/۷۶۸	۰/۸۱۸	۰/۷۴۵	۱													
Cu	۰/۷۷۶	۰/۸۹۰	۰/۷۴۶	۰/۸۴۰	۱												
Fe	۰/۷۵۵	۰/۹۴۸	۰/۷۴۰	۰/۸۱۸	۰/۹۶۶	۱											
Mg	۰/۸۱۷	۰/۸۵۲	۰/۸۴۵	۰/۸۴۲	۰/۹۴۰	۰/۹۱۲	۱										
Mn	۰/۸۲۲	۰/۸۸۲	۰/۸۲۰	۰/۸۳۹	۰/۹۰۵	۰/۹۱۲	۰/۹۷۷	۱									
Mo	۰/۸۴۲	۰/۹۲۹	۰/۷۹۵	۰/۹۳۷	۰/۹۳۵	۰/۹۳۰	۰/۹۲۴	۰/۹۳۱	۱								
Ni	۰/۳۲۸	۰/۳۵۵	۰/۳۴۲	۰/۴۰۶	۰/۴۱۴	۰/۴۰۲	۰/۵۷۶	۰/۵۴۱	۰/۴۳۱	۱							
P	۰/۸۰۲	۰/۸۲۸	۰/۸۵۱	۰/۸۳۷	۰/۹۳۳	۰/۹۰۴	۰/۹۹۵	۰/۹۷۸	۰/۹۱۶	۰/۵۵۳	۱						
Pb	۰/۸۸۸	۰/۸۲۱	۰/۸۶۱	۰/۸۷۰	۰/۸۴۵	۰/۸۵۵	۰/۹۰۲	۰/۹۰۱	۰/۹۳۱	۰/۵۹۴	۰/۸۸۸	۱					
Rb	۰/۷۳۲	۰/۹۳۴	۰/۶۹۷	۰/۸۸۷	۰/۸۷۵	۰/۹۲۳	۰/۷۹۹	۰/۸۲۷	۰/۹۴۵	۰/۲۲۹	۰/۷۹۳	۰/۸۴۱	۱				
S	۰/۷۸۲	۰/۸۴۸	۰/۷۷۵	۰/۸۸۶	۰/۸۸۱	۰/۸۶۶	۰/۹۴۹	۰/۹۷۶	۰/۹۴۵	۰/۵۴۴	۰/۹۵۶	۰/۸۹۷	۰/۸۳۸	۱			
Sn	۰/۸۸۷	۰/۷۳۸	۰/۷۱۲	۰/۷۷۳	۰/۷۸۲	۰/۷۰۶۶۶	۰/۸۳۱	۰/۸۳۳	۰/۸۵۷	۰/۴۶۶	۰/۸۰۸	۰/۸۴۴	۰/۶۸۴	۰/۸۵۱	۱		
Sr	۰/۴۵۵	۰/۴۷۹	۰/۵۶۵	۰/۱۷۲	۰/۳۷۶	۰/۴۵۱	۰/۳۸۷	۰/۴۰۱	۰/۳۵۴	-۰/۲۶۶	۰/۳۸۲	۰/۲۹۹	۰/۴۱	۰/۲۷۹	۰/۲۷۲	۱	
Zn	۰/۸۲۰	۰/۹۱۶	۰/۸۱۰	۰/۸۵۴	۰/۹۸۹	۰/۹۷۲	۰/۹۶۵	۰/۹۴۳	۰/۹۵۶	۰/۴۲۳	۰/۹۵۹	۰/۸۷۹	۰/۸۹۰	۰/۹۱۲	۰/۸۰۳	۰/۴۴۲	۱

جدول ۵: بررسی میزان همبستگی بین عناصر در بافت عضله ماهی سفید

Table 5: Correlation between elements in muscle.

	Al	As	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Sb	Si	Sr	Zn
Al	1														
As	۰/۶۲۱۳	۱													
Cr	۰/۷۳۱۵	۰/۹۴۵۲	۱												
Cu	۰/۷۵۰۶	۰/۸۹۶۵	۰/۹۲۷۶	۱											
Fe	۰/۷۷۶۳	۰/۸۸۷۱	۰/۹۷۰۴	۰/۹۳۵۶	۱										
Mg	۰/۷۰۳۳	۰/۹۵۱۵	۰/۹۵۰۵	۰/۹۲۴۰	۰/۹۱۳۷	۱									
Mn	۰/۱۲۶۸	۰/۴۰۶۳	۰/۴۸۴۰	۰/۳۳۷۲	۰/۴۱۷۱	۰/۳۵۳۵	۱								
Ni	۰/۷۳۲۵	۰/۱۰۸۵	۰/۲۴۸۱	۰/۳۶۴۲	۰/۳۳۶۵	۰/۲۳۱۵	-۰/۱۷۶۷	۱							
P	۰/۶۹۳۴	۰/۹۴۹۲	۰/۹۴۱۲	۰/۹۰۵۱	۰/۸۹۸۴	۰/۹۹۳۴	۰/۳۱۶۴	۰/۲۰۹۰	۱						
Pb	۰/۶۹۴۴	۰/۶۹۵۵	۰/۷۶۸۰	۰/۸۷۷۵	۰/۸۳۱۶	۰/۷۴۱۸	۰/۰۵۹۱	۰/۴۶۲۰	۰/۷۴۶۹	۱					
S	۰/۷۵۱۹	۰/۹۲۶۶	۰/۹۳۳۰	۰/۹۱۸۶	۰/۸۸۹۹	۰/۹۷۷۲	۰/۲۶۶۷	۰/۳۰۳۱	۰/۹۶۶۷	۰/۷۴۵۲	۱				
Sb	۰/۰۴۴۰	۰/۱۲۴۲	-۰/۰۲۴۲	-۰/۰۸۵۷	-۰/۰۹۵۱	-۰/۰۴۶۲	-۰/۴۳۰۳	-۰/۰۶۷	۰/۰۰۱۶	-۰/۱۱۱۹	۰/۰۳۶۵	۱			
Si	۰/۶۳۲۴	۰/۸۴۲۲	۰/۸۴۸۶	۰/۸۴۴۹	۰/۸۱۳۲	۰/۷۹۹۹	۰/۳۲۱۱	۰/۱۵۷۸	۰/۸۲۴۰	۰/۷۸۸۶	۰/۷۸۷۳	۰/۰۱۳۹	۱		
Sr	۰/۷۲۱۹	۰/۷۸۸۸	۰/۸۰۳۳	۰/۷۴۳۷	۰/۷۴۰۹	۰/۸۰۹۶	۰/۲۴۰۷	۰/۲۲۲۰	۰/۸۳۷۷	۰/۶۰۸۴	۰/۸۰۸۵	۰/۲۰۲۶	۰/۷۸۴۳	۱	
Zn	۰/۷۲۱۹	۰/۹۳۴۲	۰/۹۴۸۸	۰/۸۸۹۷	۰/۹۳۷۳	۰/۹۲۵۷	۰/۲۴۹۰	۰/۲۹۷۳	۰/۹۲۹۷	۰/۸۰۰۷	۰/۹۱۵۴	۰/۱۴۵۷	۰/۸۳۰۸	۰/۷۷۸۸	۱

جدول ۶: بررسی میزان همبستگی بین عناصر در بافت پوست ماهی سفید

Table 6: Correlation between elements in skin.

	Al	As	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	P	Pb	Rb	S
Al	۱												
As	۰/۰۱۵۸	۱											
Co	۰/۵۰۱۴	۰/۱۳۸۶	۱										
Cr	۰/۴۸۰۴	۰/۳۴۰۶	۰/۱۸۸۹	۱									
Cu	۰/۷۴۳۲	-۰/۰۵۶۶	۰/۲۰۴۱	۰/۱۵۴۳	۱								
Fe	۰/۸۸۰۵	-۰/۰۷۸۸	۰/۴۸۳۴	۰/۵۸۲۵	۰/۷۷۸۳	1							
Mg	۰/۶۸۱۲	۰/۰۵۹۴	۰/۵۲۸۲	۰/۵۶۶۸	۰/۱۳۶۹	۰/۵۹۹۲	۱						
Mn	۰/۷۹۰۰	-۰/۱۹۳۲	۰/۱۶۵۹	۰/۶۲۰۸	۰/۴۳۳۵	۰/۷۱۹۲	۰/۷۸۸۶	۱					
Ni	۰/۲۶۱۷	۰/۱۰۳۴	۰/۴۲۶۴	۰/۸۰۵۸	۰/۰۸۷۰	۰/۵۵۳۴	۰/۳۹۲۱	۰/۳۳۹۶	۱				
P	۰/۵۷۰۴	۰/۱۰۹۷	۰/۵۱۷۰	۰/۵۷۳۰	۰/۰۴۰۲	۰/۵۰۵۳	۰/۹۷۲۸	۰/۷۴۸۹	۰/۴۳۲۹	۱			
Pb	۰/۰۲۱۱	۰/۱۹۰۶	۰/۲۶۰۱	-۰/۱۴۰۴	۰/۵۳۱۰	۰/۲۵۰۲	-۰/۳۷۴۵	-۰/۳۹۹۶	۰/۱۸۲۲	-۰/۳۸۴۳	۱		
Rb	-۰/۳۸۲۴	-۰/۴۱۸۸	۰/۲۹۹۰	-۰/۴۳۵۲	-۰/۱۴۰۴	-۰/۱۴۷۲	-۰/۲۰۶۷	-۰/۳۴۷۳	۰/۱۲۷۵	-۰/۰۹۳۱	۰/۳۶۴۵	۱	
S	۰/۱۱۱۰	۰/۳۰۸۷	-۰/۶۵۲۰	۰/۳۵۴۳	۰/۰۶۲۱	-۰/۰۶۲۵	-۰/۰۷۴۶	۰/۲۶۴۷	-۰/۱۹۰۲	-۰/۱۱۹۹	-۰/۳۸۵۸	-۰/۸۷۸۸	۱
Zn	۰/۷۵۵۲	۰/۱۳۷۷	۰/۳۲۴۲	۰/۶۹۶۱	۰/۳۱۴۴	۰/۶۴۷۳	۰/۵۸۵۶	۰/۷۰۳۸	۰/۳۹۷۵	۰/۵۰۳۱	-۰/۳۵۹۶	-۰/۵۷۷۶	۰/۳۶۵۴

میانگین آن در سنین ۱ سال بیش از ۲ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین ازنظر تجمع کبالت معنی‌دار بود ($p<0.05$). کروم در تمام سنین یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۳ و ۲ سال بیش از ۱ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین از نظر تجمع کروم معنی‌دار بود ($p<0.05$). مس در تمام سنین یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود. درصد آن در ماهیان ۳ ساله (۱۰۰٪)، ۲ ساله (۹۷/۹۱٪)، ۱ ساله (۸۴/۶۱٪) بود. اختلاف بین سنین ازنظر میانگین تجمع مس معنی‌دار بود ($p<0.05$). آهن در تمام سنین یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین ازنظر میزان تجمع آهن معنی‌دار بود ($p<0.05$). پتاسیم در تمام سنین و تمام (۱۰۰٪) نمونه‌ها یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود.

جدول ۷: بررسی میزان همبستگی بین عناصر در بافت گناد ماهی سفید

Table 7: Correlation between elements in gonad.

	Al	As	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	P	Pb	Rb	S	Sn	Zn
Al	۱														
As	-۰/۳۹۹۳	۱													
Ca	۰/۷۳۸۹	-۰/۸۱۶۲	۱												
Cr	-۰/۰۹۱۶	۰/۴۶۸۵	-۰/۵۲۵۰	۱											
Cu	-۰/۳۳۰۰	۰/۱۵۹۴	-۰/۱۳۲۶	۰/۰۳۱۹	۱										
Fe	۰/۹۵۷۳	-۰/۴۱۹۷	۰/۷۶۷۸	-۰/۳۰۳۶	-۰/۲۹۸۳	۱									
Mg	۰/۴۷۳۹	-۰/۹۵۵۰	۰/۹۰۷۸	-۰/۵۲۰۰	۰/۰۳۴۰	۰/۵۱۲۹	۱								
Mn	-۰/۱۹۲۳	-۰/۷۸۹۰	۰/۴۱۱۳	-۰/۳۲۲۹	۰/۲۵۳۳	-۰/۱۶۹۷	۰/۷۴۵۲	۱							
Na	۰/۹۲۳۷	-۰/۶۳۶۹	۰/۸۹۴۹	-۰/۴۱۳۰	-۰/۳۳۱۸	۰/۹۵۹۷	۰/۷۱۸۵	۰/۰۹۰۹	۱						
P	۰/۳۰۰۴	-۰/۹۳۰۶	۰/۷۸۲۷	-۰/۶۱۵۳	۰/۱۲۱۹	۰/۳۹۵۳	۰/۹۵۴۴	۰/۸۱۳۴	۰/۶۱۲۵	۱					
Pb	-۰/۵۳۰۰	۰/۰۳۹۸	-۰/۵۳۰۹	۰/۱۹۱۲	۰/۰۲۰۳	-۰/۵۲۰۷	-۰/۲۳۷۸	۰/۲۳۷۷	-۰/۴۸۲۶	-۰/۰۵۷۰	۱				
Rb	-۰/۱۶۶۸	۰/۳۲۵۲	-۰/۰۰۶۷	-۰/۵۲۹۲	۰/۱۸۱۹	-۰/۰۲۶۸	-۰/۱۶۹۲	-۰/۲۷۶۱	-۰/۰۷۰۹	-۰/۱۳۱۳	-۰/۵۸۱۱	۱			
S	۰/۳۳۴۶	۰/۲۳۲۷	-۰/۲۴۱۲	۰/۷۱۲۷	-۰/۲۶۲۴	۰/۲۱۳۱	-۰/۳۱۱۸	-۰/۴۱۴۴	۰/۰۸۰۲	-۰/۳۴۸۱	۰/۰۷۸۲	-۰/۴۸۸۹	۱		
Sn	۰/۰۷۳۱	۰/۴۲۲۲	-۰/۴۷۳۲	۰/۳۹۵۶	-۰/۱۵۵۷	۰/۰۳۶۳	-۰/۵۲۳۶	-۰/۵۳۱۶	-۰/۱۱۰۸	-۰/۴۶۷۱	۰/۵۸۰۱	-۰/۴۶۱۴	۰/۵۱۵۳	۱	
Zn	-۰/۴۳۸۴	-۰/۵۰۶۹	۰/۱۴۷۷	-۰/۶۵۹۹	۰/۲۰۶۴	-۰/۲۶۳۸	۰/۴۵۱۱	۰/۷۴۷۹	-۰/۰۸۰۲	۰/۶۴۵۷	۰/۴۵۳۹	۰/۰۳۴۱	-۰/۶۶۳۱	-۰/۲۸۳۷	۱

جدول ۸: بررسی میزان همبستگی بین عناصر در بافت کلیه ماهی سفید

Table 8: Correlation between elements in kidney.

	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	P	Pb	Rb	S	Sn
Al	۱															
As	-۰/۰۹۹۵	۱														
Cd	۰/۵۱۹۵	۰/۶۸۶۹	۱													
Co	۰/۲۷۸۰	-۰/۰۴۶۳	-۰/۱۲۵۷	۱												
Cr	۰/۷۸۱۶	۱/۷۳۲E	۰/۵۹۴۰	۰/۱۲۷۰	۱											
Cu	۰/۸۹۴۷	۰/۲۴۵۷	۰/۸۰۷۵	۰/۱۵۰۸	۰/۸۷۰۹	۱										
Fe	-۰/۰۷۶۸	۰/۵۵۱۴	۰/۴۶۰۱	-۰/۲۲۰۲	۰/۴۵۱۷	۰/۲۷۵۸	۱									
Mg	۰/۸۴۰۹	۰/۱۴۴۶	۰/۷۵۶۰	-۰/۱۲۳۴	۰/۷۵۹۴	۰/۹۲۸۸	۰/۱۵۳۷	۱								
Mn	۰/۹۰۹۹	۰/۲۴۳۷	۰/۷۶۱۵	۰/۲۶۶۳	۰/۷۹۴۵	۰/۹۵۸۷	۰/۱۲۵۱	۰/۸۸۵۶	۱							
Na	۰/۳۸۰۰	۰/۶۵۳۱	۰/۷۹۸۴	-۰/۱۰۰۲	۰/۵۷۳۰	۰/۷۱۵۷	۰/۷۰۶۴	۰/۶۶۸۳	۰/۵۸۳۷	۱						
Ni	۰/۴۱۲۳	-۰/۱۳۰۹	-۰/۰۲۳۶	۰/۶۳۷۵	۰/۴۷۸۰	۰/۲۷۴۴	۰/۰۸۷۸	۰/۰۴۵۷	۰/۴۱۷۸	-۰/۱۰۸۶	۱					
P	۰/۰۶۴۸	۰/۶۸۹۲	۰/۸۰۲۹	-۰/۳۹۳۳	۰/۴۱۹۷	۰/۴۹۲۸	۰/۷۴۹۷	۰/۴۹۷۹	۰/۳۴۵۱	۰/۸۵۶۰	-۰/۳۱۶۱	۱				
Pb	۰/۰۵۸۱	-۰/۴۷۲۰	-۰/۵۸۳۶	۰/۷۷۴۹	-۰/۲۵۸۵	-۰/۲۶۶۱	-۰/۶۸۳۵	-۰/۳۶۸۶	-۰/۰۷۵۵	-۰/۶۳۶۶	۰/۵۰۶۷	-۰/۸۳۵۱	۱			
Rb	۰/۰۵۵۶	-۰/۴۴۶۸	-۰/۴۸۱۹	۰/۲۴۶۵	-۰/۳۹۳۸	-۰/۲۶۸۴	-۰/۶۶۱۹	-۰/۲۸۳۹	-۰/۲۷۶۲	-۰/۴۸۸۵	-۰/۱۹۸۳	-۰/۶۷۲۱	۰/۴۵۵۳	۱		
S	۰/۱۰۸۱	-۰/۱۸۱۱	۰/۰۳۵۷	۰/۱۳۱۵	۰/۶۳۷۸	۰/۲۰۵۹	۰/۵۷۱۳	۰/۰۵۲۰	۰/۱۴۹۱	۰/۱۲۸۱	۰/۶۰۱۱	۰/۱۸۹۹	-۰/۰۸۰۹	-۰/۵۵۵۵	۱	
Sn	-۰/۴۹۳۸	۰/۰۷۶۸	-۰/۲۰۰۷	-۰/۲۹۶۳	-۰/۷۴۵۸	-۰/۵۰۴۲	-۰/۴۰۶۵	-۰/۳۸۸۶	-۰/۵۵۷۹	-۰/۲۷۶۳	-۰/۸۱۸۳	-۰/۰۹۲۳	-۰/۰۹۶۹	۰/۵۶۴۴	-۰/۷۷۵۰	۱
Zn	۰/۳۲۴۴	-۰/۳۵۸۴	-۰/۳۷۰۵	۰/۸۹۳۴	۰/۰۴۸۴	۰/۰۳۶۹	-۰/۴۷۲۲	-۰/۱۳۴۵	۰/۲۰۷۳	-۰/۳۶۵۱	۰/۷۰۲۹	-۰/۶۹۴۳	۰/۹۲۹۲	۰/۳۵۲۷	۰/۰۷۵۱	-۰/۳۵۸۱

اختلاف بین سنین از نظر تجمع پتاسیم معنی‌دار بود ($p<0.05$). لیتیوم فقط در نمونه‌های ۲ ساله مشاهده شد. منیزیوم در تمام سنین و تمام (۱۰۰٪) نمونه‌ها یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین از نظر تجمع منیزیوم معنی‌دار بود ($p<0.05$). منگنز در تمام سنین یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود. درصد آن در ماهیان ۳ ساله (۱۰۰٪)، ۲ ساله (۸۹/۵۸٪)، ۱ ساله (۵۳/۸۴٪) بود. اختلاف بین سنین ازنظر تجمع منگنز معنی بود ($p<0.05$). سدیم در تمام سنین و تمام (۱۰۰٪) نمونه‌ها یافت

شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین از نظر میزان تجمع سدیم معنی‌دار بود ($p<0.05$). نیکل در نمونه‌های ۳ ساله مشاهده نشد. در (۶۶/۶۶٪) نمونه‌های ۲ ساله و (۳۸/۴۶٪) نمونه‌های یکساله مشاهده شد. میانگین آن در سنین ۲ سال بیش از ۱ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین ازنظر تجمع نیکل معنی‌دار بود ($p<0.05$). فسفر در تمام سنین و تمام (۱۰۰٪) نمونه‌ها یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین از نظر تجمع فسفر معنی‌دار بود ($p<0.05$). گوگرد در تمام سنین و تمام (۱۰۰٪) نمونه‌ها یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین از نظر تجمع گوگرد معنی‌دار بود ($p<0.05$). آنتیموآن در تمام سنین یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود. درصد آن در ماهیان ۱ ساله (۸۴/۶۱٪)، ۲ ساله (۷۵٪)، ۳ ساله (۶۶/۶۶٪) بود. اختلاف بین سنین ازنظر تجمع آنتیموآن معنی‌دار نبود ($p>0.05$). سیلیکون در تمام سنین یافت شد، اما میانگین آن بترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین ازنظر تجمع سیلیکون معنی‌دار بود ($p<0.05$). قلع در نمونه‌های ۳ ساله مشاهده نشد. در ۸۱/۲۵٪ نمونه‌های دوساله و ۵۳/۸۴٪ نمونه‌های یکساله مشاهده شد. میانگین آن در سنین ۲ سال بیش از ۱ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین از نظر تجمع سرب معنی‌دار بود ($p<0.05$). استرونسیم در تمام سنین و تمام (۱۰۰٪) نمونه‌ها یافت شد، اما میانگین آن به ترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین ازنظر تجمع استرونسیم معنی‌دار نبود ($p>0.05$). توریوم در نمونه‌های ۳ ساله مشاهده نشد. در ۷۹/۱۶٪ نمونه‌های دوساله و ۳۸/۴۶٪ نمونه‌های یک‌ساله مشاهده شد. میانگین آن در سنین ۱ سال بیش از ۲ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین ازنظر تجمع توریوم معنی‌دار بود ($p<0.05$). تیتانیوم در نمونه‌های ۳ ساله مشاهده نشد. در ۷۹/۱۶٪ نمونه‌های دوساله و ۳۸/۴۶٪ نمونه‌های یک‌ساله مشاهده شد. میانگین آن در سنین ۲ سال بیش از ۱ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین ازنظر تجمع تیتانیوم معنی‌دار بود ($p<0.05$). روی در تمام سنین یافت شد، اما میانگین آن به ترتیب در سنین ۲ و ۱ سال بیش از ۳ ساله‌ها بود. اختلاف بین سنین ازنظر تجمع روی معنی‌دار بود ($p<0.05$). غلظت همه عناصر با طول ماهی رابطه معنی‌داری داشت ($p<0.05$). ارتباط ضریب چاقی با غلظت عناصر آرسنیک، کلسیم، کروم، پتاسیم، لیتیوم، منیزیوم، منگنز، مولیبدن، نیکل، فسفر، سرب، روبیدیوم، گوگرد، آنتیموآن، سیلیکون، قلع، استرونسیم، تنگستن و روی معنی‌دار نبود ($P>0.05$) ولی در بقیه عناصر اندازه‌گیری شده دارای ارتباط معنی‌دار مشاهده شد ($P<0.05$). بیشترین غلظت فلزات کلسیم، منگنز در بافت عضله، فلزات آلومینیم، باریم، کادمیم، کبالت، آهن، پتاسیم، سدیم، گوگرد، قلع، تنگستن و روی در بافت کلیه، فلزات آرسنیک، نیکل، سرب و روبیدیوم در بافت گناد، فلزات کروم، لیتیوم، منیزیوم، فسفر، آنتیموآن، سیلیکون، استرونسیم، توریوم و تیتانیوم در بافت پوست، فلزات مس و اورانیوم در بافت کبد بود. کمترین غلظت فلزات باریم، مس، آهن، سرب، روبیدیوم، آنتیموآن و روی در بافت عضله، فلزات آلومینیم، آرسنیک، پتاسیم، منیزیوم، منگنز، نیکل، فسفر، گوگرد، سیلیکون، قلع، توریوم و تیتانیوم در بافت کبد، فلزات کلسیم، کادمیم، سدیم و استرونسیم در بافت گناد و فلز تنگستن در پوست بدست آمد.

بحث

در مطالعه حاضر، بررسی ارتباط غلظت فلزات در بافت‌ها با اندازه ماهیان نشان داد که با افزایش طول و سن ماهی بر تجمع فلزات روی و کادمیوم افزوده می‌شود که با نتایج Al-Yousuf و همکاران (۲۰۰۰) که بر ماهی *Lethrinus* lentjan انجام‌شد، مطابقت دارد. Farkas و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای بر ماهی سیم (*Abramis brama*) گزارش کردند که بین مقدار کادمیوم و طول ماهی رابطه مثبت وجود دارد و همچنین این رابطه در مورد فلز روی منفی بود. نتایج آنها در مورد فلز کادمیم با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت و در مورد فلز روی همخوانی ندارد. این ارتباط احتمالاً می‌تواند به دلیل تغییر در رژیم غذایی ماهیان با افزایش سن و روش تغذیه benthopelagic نیز باشد. طی بررسی بهروز (۱۳۹۷) رژیم غذایی ماهی سفید شامل دوکفه‌ای‌ها، خرچنگ‌ها، تخم ماهی و رشته‌ای جلبکی بود و از آنجایی که برخی از گروه‌های گیاهی و جانوری مانند نرم‌تنان و سخت‌پوستان قابلیت بالایی برای تجمع فلزات و سایر آلاینده‌ها دارند، لذا می‌توانند به عنوان مواد غذایی حامل سبب انتقال فلزات سنگین به بدن ماهیان شوند (دوستدار، ۱۳۹۷).

Henry و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که بین غلظت فلزات مس و سرب در بافت کبد و اندازه ماهی ارتباطی وجود نداردکه با مطالعه حاضر همخوانی ندارد. آنها دلیل این مسئله را ناشی از عوامل مختلفی همچون تفاوت در متابولیسم فلزات در گونه‌های

مختلف ماهیان و بافت مورد بررسی، رقابت، اثرات متقابل بین سن و رشد اندام‌ها و همچنین میزان در دسترس بودن فلزات در محیط دانستند. اما بر اساس نظر Gašpić و همکاران (۲۰۰۲) به طور کلی، در گونه‌هایی از ماهیان که دارای اندازه‌های کوچک یا متوسط هستند، افزایش اندازه ماهی غالباً تأثیری در غلظت فلزات در بافت‌ها ندارد. نتایج مطالعه Anan و همکاران (۲۰۰۵) بر ماهیان استخوانی دریای خزر نشان داد که با افزایش اندازه در ماهیان از مقدار تجمع فلزات کاسته می‌شود. اما در تحقیق حاضر رابطه‌ای میزان تجمع فلزات و طول ماهی وجود نداشت. نتایج مطالعات Canli و همکاران (۲۰۰۳) نیز در دریای مدیترانه بر ۶ گونه ماهی نشان داد که بین طول و وزن ماهیان با تجمع فلزات (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb) رابطه معکوس وجود دارد.Nussey و همکاران (۲۰۰۰) نیز نشان دادند که با افزایش طول ماهی *Labeo umbratus* تجمع فلزات (Cr, Mn, Ni, Pb) کاهش می‌یابد. Anan و همکاران (۲۰۰۵) این رابطه را تحت تأثیر پدیده رقیق‌شدگی فلزات یا نرخ متابولیسم بدن در اثر رشد ماهی می‌دانند. Widianarko و همکاران (۲۰۰۰) نیز معتقدند که ماهیان جوان فعالیت متابولیسمی بالاتری نسبت به ماهیان مسن‌تر دارند بطوریکه اگر میزان غلظت فلزات در آب افزایش یابد، نه تنها کاهش فعالیت متابولیک بدن و کاهش غلظت فلزات در بافت‌های مختلف بواسطه رشد ماهی مشاهده نمی‌شود، بلکه این تجمع در بافت‌های مختلف ادامه می‌یابد و بین غلطت فلزات در بافت با اندازه ماهی رابطه معنی‌داری برقرار می‌شود (Canli *et al.*, 2003). در صورتی که اگر نرخ رشد ارگانیسم سریع‌تر از میزان تجمع فلزات باشد، حتی اگر آلودگی با افزایش وزن و سن در محیط افزایش یابد، مقدار فلزات در بدن ماهی کاهش می‌یابد (Gašpić *et al.*, 2002). در بررسی حاضر، همبستگی منفی بین فلزات کادمیم، نیکل، تیتانیوم، تنگستن، توریوم و اورانیوم با شاخص کبدی (HSI) ماهیان وجود داشت و در سایر فلزات همبستگی مثبت بود بطوریکه با افزایش شاخص کبدی غلظت فلزات افزایش یافت. ارتباط منفی معنی‌دار بین شاخص کبدی و تجمع کادمیوم در بافت کبد می‌تواند احتمالاً ناشی از سم‌زدایی فلز کادمیوم در کبد از طریق ایجاد پیوند Metallothionein با کادمیم و تشکیل کمپلکس CdMt باشد (Yujing *et al.*, 2005). Fernandes و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که افزایش برخی فلزات ازجمله کروم (Cr) سبب کاهش شاخص کبدی می‌شود، زیرا اثرات سمی این نوع فلز منجر به کاهش اندازه کبد به دلیل از دست دادن ذخایر چربی و یا گلیکوژن می‌شود. علاوه بر این، نوع فلزات، زمان قرارگیری ماهی در معرض آلاینده‌های مختلف و مقدار آلودگی می‌تواند پاسخ‌های متفاوتی را به اثرات سمی فلزات در گونه‌های مختلف ماهیان در پی داشته باشد. اگرچه در مطالعه حاضر، همبستگی منفی بین کادمیم با شاخص کبدی وجود داشت، اما van Dyk و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که یکی از اثرات آلودگی‌های فلزی بویژه کادمیوم در کبد، تغییر در وضعیت سلول‌های کبدی، ازجمله افزایش حجم این سلول‌هاست که می‌تواند به علت اختلال در فعالیت آنزیم ATPase و تغییر در تنظیمات یونی سلول‌ها در اثر قرار گرفتن در معرض کادمیوم باشد. در چنین شرایطی با افزایش غلظت کادمیوم، وزن کبد نیز افزایش می‌یابد. عوامل متعددی بخصوص فصول مختلف، موقعیت جغرافیایی، آب و هوا، تغذیه و توسعه گنادها ممکن است ضریب چاقی یک ماهی را تحت تأثیر قرار دهند (Froese, 2006). در بررسی حاضر بین غلظت فلز کادمیوم در بافت‌ها و ضریب چاقی رابطه مثبت مشاهده شد که بر خلاف نتایج Farkas و همکاران (۲۰۰۳) بود. آنها بین ضریب چاقی و تجمع فلزات در بافت‌های ماهی سیم رابطه منفی مشاهده کردند و دلیل این امر را وجود محتویات چربی بافت‌ها و اثرات حاصل از آن بر رقیق کردن مقدار فلزات بیان کردند. در مطالعه حاضر، بیشترین میزان همبستگی بین عناصر در بافت کبد و سپس در بافت عضله مشاهده شد و عناصر مختلف در سایر بافت‌ها همبستگی کم یا فاقد همبستگی بودند. Raeisi و همکاران (۲۰۱۴) غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، روی و مس را در ماهی سفید در اندام‌های مختلف شامل آبشش، عضله، کلیه و کبد در خلیج گرگان مورد مطالعه قرار دادند. در مطالعه آنها بیشترین مقدار فلز مس مربوط به بافت کبد و پس از آن عضله بود و بالاترین غلظت سرب در کبد و کلیه و بیشترین غلظت کادمیم در کبد و کلیه و بالاترین غلظت روی در ماهیچه و کبد بود. در حالیکه در مطالعه حاضر بیشترین مقدار فلز کادمیم در کلیه، مس در کبد، سرب در گناد، روی در کلیه بدست آمد که با مقادیر گزارش‌شده مشابه نمی‌باشد که اختلاف احتمالاً در اثر متفاوت بودن مکان نمونه‌برداری و همچین میزان آلودگی متفاوت آن مناطق است. الصاق (۱۳۸۹) میانگین غلظت فلزات سنگین روی، کادمیوم، آهن و مس در بافت خوراکی ماهی سفید بررسی کردند و غلظت فلزات سنگین در عضله ماهی سفید بدین ترتیب بدست آمد (آهن > روی > مس > کادمیم) در صورتی که در مطالعه حاضر میزان غلظت فلزات مس آهن، کادمیم و روی در بافت عضله بترتیب ۰/۰۵±۰/۱، ۱/۶±۲/۰۵،

۰/۱±۰/۱، ۱/۵±۱/۰۵ بدست آمد که با بررسی الصاق (۱۳۸۹) همخوانی ندارد. نوروزی و همکاران (۱۳۹۵) غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، کروم، آرسنیک را در بافت‌های ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) در منطقه آستارا و انزلی گزارش کردند که نتایج آن با مطالعه حاضر متفاوت بوده است (جدول ۹).

جدول ۹: مقایسه برخی از عناصر در ماهیچه ماهی سفید در مطالعه حاضر با سایر مطالعات

Table 9: Comparison of some elements in muscle in the present study with other studies

منابع	As	Cu	Pb	Mn	Ni	Fe	Zn	عناصر / گونه ماهی
	میانگین							
Anan 2005		۱/۰۱		۰/۴۵			۱۷/۲	*R. kutum*
Foroughi Fard *et al* 2008		۲/۷					۲۲/۳	*R. kutum*
Monsefrad *et al* 2012							۱۵/۴	*R. kutum*
Fallah *et al* 2011					۰/۵۲			*R. kutum*
Eslami *et al* 2011		۱/۶۸		۰/۷۸	۲/۵۶	۵/۶	۰/۶۳	*R. kutum*
Varedi 2011		۰/۰۱۳				۰/۰۸	۰/۴	*R. kutum*
Mirzajani *et al* 2016			۰/۲۲	۲/۶	۰/۸۱	۱۴۰/۱	۲۶/۸	*R. kutum*
Present study	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۴۱	۰/۳	*R. kutum*

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت ماهیان بخصوص ماهی سفید در سبد غذایی خانواده‌ها بررسی میزان عناصر بخصوص عناصر با عنوان فلزات سنگین یا عناصر سمی در بافت‌های مختلف این ماهیان بسیار مهم است. با توجه به مناطق نمونه‌برداری، میزان آلودگی هر منطقه، روش آنالیز متفاوت نمونه‌ها در آزمایشگاه و رژیم غذایی متنوع این ماهیان ممکن است در نتایج بدست‌آمده در تحقیقات مختلف اختلاف‌هایی وجود داشته باشد. از سویی، اثر آنتاگونستی عناصر ممکن است در حضور و فقدان این عناصر در بافت‌های مختلف نقش داشته باشد. در واقع، این تحقیق گزارش جدیدی از میزان این عناصر در بافت‌های مختلف این ماهی است که می‌تواند در زمینه بهداشتی برای مصرف انسانی و نیز بررسی میزان آلودگی مناطق نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی با حمایت پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر-دانشگاه گیلان با شماره طرح ۲۱۱۹۵۱۷۰ می‌باشد.

منابع

الصاق، ا. ۱۳۸۹. سنجش میزان تجمع فلزات سنگین در ماهیان سفید (*Rutilus frisii kutum*) و کپور (*Cyprinus carpio*) دریای خزر. مجله پژوهش های علوم و فنون دریایی، ۵ (۲) : ۱۰۰-۹۱

بهروز م، نوروزی م. ۱۳۹۷. بررسی برخی عناصر فلزی (Al, V, Ni, Zn, Tl, Sn)در بافت‌های مختلف ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) و ارتباط آن با جنسیت و شاخص وزن و طولی . مجله علمی شیلات ایران. ۲۷ (۴) :۳۷-۴۶. URL: http://isfj.ir/article-1-1725-fa-html

دوستدار، م، رامین، م، نصرالله زاده، ح، افرایی، م، رحمتی، ر. ۱۳۹۷. بررسی و تعیین میزان برخی عناصر فلزی درماهیان رودخانه ارس در محدوده استان آذربایجان شرقی (۹۵-۱۳۹۴). مجله علمی شیلات ایران. ۲۷ (۳) :۴۱-۴۹. URL: http://isfj.ir/article- 1-1877-fa-html

رضوی صیاد، ب. ۱۳۶۸. روش های تعیین سن و ارزیابی اقتصادی. مرکز تحقیقات شیلات بندر انزلی. ۵۸ صفحه.

موسوی، ر. ۱۳۸۰. زمین شناسی دریای خزر؛ سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

Al-Yousuf , M.H., El-Shahawi, M.S. and 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(2-3): 87-94. DOI:10.1016/S0048-9697(99)00363-0

Anan, Y., Kunito, T., Tanabe, S., Mitrofanov, I.G. and Aubrey, D., 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 51(8-12): 882-888. DOI:10.1016/ j.marpolbul.2005.06.038

Canli, M. and Atli, G., 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, 121,129-105,276-284. DOI:10.1016/S0269-7491(02) 00194-X

De Mora, S., Sheikholeslami, M.R., Wyse, E., Azemard, S. and Cassi, R., 2004. An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 48: 61-77. DOI:10.1016/ S0025-326X(03)00285-6

Dias, J.F., Fernandez, W.S., Boufleur, L.A., dos Santos, C.E.I., Amaral, L., Yoneama, M.L. and Dias J.F., 2009. Biomonitoring study of seasonal anthropogenic influence at the Itamambuca beach (SP, Brazil), *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 267: 1960–1964. DOI:10.1016/j.nimb.2009. 03.100

Eslami, S., Moghaddam, A.H., Jafari, N., Nabavi, S.F., Nabavi, S.M. and Ebrahimzadeh, M.A., 2011. Trace element level in different tissues of *Rutilus frisii kutum* collected from Tajan River, Iran. *Biological Trace Element Research*, 143, 965-973. DOI:10.1007/s12011-010-8885-9

Fallah, A.A., Zeynali, F., SaeiDehkordi, S.S., Rahnama, M. and Jafari, T., 2011. Seasonal bioaccumulation of toxic trace elements in economically important fish species from the Caspian Sea using GFAAS. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 6, 367-374. DOI:10.1007/s00003-011-0666-7

Farkas, A., Salánki, J. and Specziár, A., 2003. Age- and size-specific patterns of heavy metal in the organs of freshwater fish Abramis brama L. populating a low-contaminated site. *Water research*, 37, 959- 964. DOI:10.1016/ S0043-1354(02)00447-5

Fernandes, D., Bebianno, M.J. and Porte, C., 2008. Hepatic levels of metal and metallothioneins in two commercial fish species of the Northern lberian shelf. *Science of the total environment*, 391, 159-167. DOI:10.1016/j.scitotenv.2007.10.057

Foroughi Fard, R., Esmaeli Sari, A. and Ghasempouri, S.M., 2008. The correlation of length and weight of Kutum (*Rutilus frisii kutum*) in the central south of Caspian Sea with copper and zinc concentration in muscle and liver tissues. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16 (4), 121-128.

Froese, R., 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, metaanalysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 241-251. DOI:10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x.

Gašpić, Z.K., Zvonarić, T., Vrgoč, N., Odžak, N. and Barič, A., 2002. Cadmium and lead in

sea, Iran. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(6): 2162-2172.

Van Dyk, J.C., Pieterse, G.M. and van Vuren, J.H.J., 2007. Review: Histological changes in the liver of Oreochromis mossambicus (Cichlidae) after exposure to cadmium and zinc. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66, 432–440. DOI:10.1016/j .ecoenv. 2005.10.012

Varedi, S.E., 2011. Survey on envirnomental pollutants (heavy metals, hydrocarbons, surfactant and chlorinated pesticides) in southern part of the Caspian Sea. *Iranian Fisheries research organization, Caspian Sea Ecology Research Center*, Sari, 200P.

Wahli, T., 2002. Approaches to investigate environmental impacts on fish health Bull. *Europ. Association of Fish Pathology*, 22:126-132.

Widianarko, B., Van Gestel, C.A.M., Verweij, R.A. and Van Straalen, N.M., 2000. Associations between trace metals in sediment, water, and guppy, Poecilia reticulata (Peters), from urban streams of Semarang, Indonesia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46, 101–107. DOI:10.1006/eesa.1999.1879

Yujing, C., Guan, Y., Zhai, R. and Huang, Y., 2005. Exposure to metal mixtures and human health impacts in a contaminated area in Nanning, China. *Environment International*, 31:784-790. DOI:10.1016/j.envint.2005.05. 025

Zhou, F., Gou, H. and Hao, Z., 2007. Spatial distribution of heavy metals in Hong Kong's marine sediments and their human impacts: A GIS-based chemo metric approach. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1372–1384. DOI:10. 1016/j.marpolbul.2007.05.017

selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea.*Water Research*, 36,5023-5028. DOI:10. 1016/S0043-1354(02)00111-2.

Henry, F., Amara, R., Courcot, L., Lacouture, D., and Bertho, M.L. 2004. Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of the North Sea. *Environment International*, 30(5), 675-683. DOI:10.1016/ j.envint.2003.12.007

Hung, S.S.O. and Deng, D.F., 2002. Sturgeon, Acipenser spp. In: Webster, C.D. Lim, C (Eds), Nurient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. *CABI Publishing, Walligford, UK*: 344-357.

Mirzajani, A.R., Hamidian, A.H., Karami, M., 2016. Metal bioaccumulation in representative organisms from different trophic levels of the Caspian Sea, *Iranian Fisheries Research Organization*, 15(3): 1027- 1043.

Monsef Rad, S.F., Imanpour Namin, J., Heidary, S., Mohammadi, M. and Hosseini, S.M., 2012. Interaction of essential and nonessential metals in tissues of Rutilus frisii kutum from southwestern basins of the Caspian Sea Journal of Fisheries, *Iranian Journal of Natural Resources*, Vol. 65, No. 1, pp.79-87.

Nussey, G., Van Vuren, J.H.J. and du Preez, H.H., 2000. Bioaccumulation of chromium, manganese, nickel and lead in the tissues of the moggel, Labeo umbratus (Cyprinidae), from Witbank dam, Mpumalanga. *Water Sea*, 26, 269–284.

Raeisi, S., Sharifi Rad, J., Sharifi Rad, M. and Zakariaei, H., 2014. Analysis of heavy metals content in water, sediments and fish from the Gorgan bay, southeastern Caspian

Investigation of metal element concentrations in tissue of *Rutilus frisii* in the Southwest Caspian Sea

Sattari M. [1, 2*]; Imanpour Namin J.[1]; Bibak M.[1]; Forouhar Vajargajh M.[1]; Kosravi A.[1]

[*]msattari@guilan.ac.ir

1- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran.
2- Department of Marine Sciences, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran.

Abstract

Caspian kutum, *Rutilus frisii* Kamensky 1901, is a commercially important fish species in the southern part of the Caspian Sea. All of the metal entered in the Caspian Sea. The pollution of this metal cause To create environmental problem. To address the issue, some 51 *R. frisii* specimens were caught at five different fishing regions (including Astara, Anzali, Kiashahr,) of the southern shoreline of the Caspian Sea from September 2017 through January 2018. An inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) was used to measure heavy metals concentrations in fish tissues. The highest concentrations of calcium, manganese in muscle tissue, aluminum, barium, cadmium, cobalt, iron, potassium, sodium, sulfur, tin, tungsten and zinc in kidney tissues, arsenic, nickel, lead and rubidium in gonads, chromium, lithium, Magnesium, phosphorus, antimony, silicon, strontium, thorium and titanium in skin tissue, copper and uranium in liver tissue. The lowest correlation between Ni and Sr with the other elements reported in liver tissue and the lowest correlation between Sb, Ni and Mn with another elements reported in liver tissue.

Keywords: *Rutilus frisii*, Growth factors, Heavy metals, ICP-OES

[*]Corresponding author