رابطه میزان غلظت برخی عناصر با شاخص‌های رشد در بافت‌های کبد و عضله ماهی سیاه کولی (*Vimba persa*) در فصول مختلف از سواحل جنوب غربی دریای خزر

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

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

۲- گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۲۳

چکیده

در این مطالعه غلظت ۳۶ عنصر مختلف ازجمله عناصر سمی و غیر سمی در بافت کبد و عضله سیاه کولی *Vimba persa* بررسی شد. همچنین، ارتباط بین تجمع این عناصر با شاخص‌های رشد (درازا، وزن، ضریب چاقی و شاخص کبدی) بررسی شد. تعداد ۸۲ قطعه ماهی در فصول صیادی (پاییز ۱۳۹۶ - بهار ۱۳۹۷) از سه ایستگاه آستارا، انزلی و کیاشهر در سواحل جنوب غربی دریای خزر تهیه شد. اندازه‌گیری عناصر با استفاده از دستگاه ICP- OES انجام شد. در بین عناصر اندازه‌گیری شده در بافت عضله و کبد، بالاترین مقدار مربوط به فلز فسفر بود که به‌ترتیب (۳۴۹/۵۴±۱۱۴/۶۳) ppm و (۱۹۱/۵۸±۹۸/۴۵) ppm بود. پس از فسفر در بافت کبد بیشترین میانگین عناصر به ترتیب مربوط به گوگرد (۱۴۴/۷۷)، پتاسیم (۱۴۱/۱۹)، سدیم (۷۱/۵۶)، کلسیم (۵۰/۱۵)، منیزیم (۲۰/۵۲) به‌دست آمد. بررسی رابطه مقدار عناصر بافت با درازای ماهی نشان داد در تعدادی از عناصر رابطه معنی‌دار بود و همچنین، بین غلظت عناصر با وزن، ضریب چاقی و شاخص کبدی ارتباط معنی‌دار وجود داشت ($P<0.05$). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده Ag، Ba، Be، Bi، Ce، La، Li، Mn، Mo، Sc، Sn، Th، Ti، W، Y در هر سه فصل پایین‌تر از حد تشخیص بودند.

کلمات کلیدی: عناصر کمیاب، شاخص‌های رشد، ماهی سیاه کولی، دریای خزر.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). msattari647@gmail.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.3.10.2]

مقدمه

دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه بسته جهان است که بیش از ۴۰ درصد آب‌های داخلی جهان را دارا می‌باشد. پنج کشور آذربایجان، ایران، قزاقستان، روسیه و ترکمنستان در حوضه این دریا قرار دارند و به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی (عمدتاً سواحل ایران) تقسیم می‌شود (Aubrey *et al*., 1994). از بین کشورهای حاشیه خزر، روسیه، آذربایجان و ایران به‌ترتیب بیشترین حجم آلودگی را وارد خزر می‌کنند. دریای خزر به دلیل فرایندهای تکنولوژیک صنایع فعال در پهنه آبی و ساحلی، تخلیه آب توازن کشتی، عدم کنترل ورود پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری و پیشروی غیراصولی خشکی در دریا، در معرض آلودگی شدید می‌باشد (امینی رنجبر ، ۱۳۷۳).

رود ولگا و انشعابات آن عامل بیش از ۹۰٪ آلودگی‌های خزر است. غلظت مواد آلاینده همچون هیدروکربن‌های نفتی و برخی عناصر کمیاب در این رودخانه به بیش از ۱۰ برابر حد مجاز استانداردهای جهانی می‌رسد (UNEP, 2006). به دلیل محصور بودن دریای خزر، زمان ماندگاری آلاینده‌های مختلف ورودی بسیار طولانی است، به‌گونه‌ای که تصفیه آلاینده‌ها به‌کندی صورت می‌گیرد. به همین دلیل، دریای خزر ازنظر بوم شناسی موقعیت حساس و آسیب‌پذیری دارد (Yaghobzadeh *et al*., 2014). سیاه کولی (*Vimba persa*) به خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) تعلق داشته، بومی دریای خزر است که در تمامی سواحل از شمال تا جنوب و از شرق تا غرب مشاهده می‌شود (Berg, 1949). این‌گونه طبق طبقه‌بندی IUCN[1] یکی از ذخایر در معرض تهدید دریای خزر است (کیابی و همکاران، ۱۳۷۸). این‌گونه در آب‌های شیرین و لب‌شور زندگی می‌کند (Ried, 2004).

زیستگاه اصلی آن در حوضه‌های آبریز دریای سیاه، بالتیک، آزوف، دریای شمال و دریای خزر می‌باشد (Cazemier and Hessen, 1989; Hesse, 2000). در سواحل استان گیلان و مخصوصاً تالاب انزلی مقدار آن بیشتر از مناطق جنوب شرقی دریای خزر است (کیابی و همکاران، ۱۳۷۸). به‌طورکلی ماهی و دیگر جانداران دریایی برای سوخت و ساز طبیعی خود عناصر ضروری مورد نیاز را از آب، غذا یا رسوبات جذب می‌کنند. در این فرایند عناصر سنگین غیرضروری نیز جذب و در بافت‌های ماهی ذخیره می‌شود (Pourang, 1995 و Saei-Dehkordi, 2011). عناصر سنگین به‌عنوان یکی از آلاینده‌های محیطی سبب کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و مرگ‌ومیر در آبزیان می‌شوند. این اثرات سبب زوال زیستی آبزیان می‌شود. نابودی یا کاهش گونه‌ای خاص، سبب تغییر در بوم‌سازگان آبی شده و توازن آن‌ها را بر هم می‌زند (Mance, 1990)؛ لذا با مصرف جانوران و آبزیانی که در معرض این عناصر زندگی می‌کنند، انسان مبتلابه انواع بیماری‌های شناخته‌شده و یا ناشناخته می‌شود. بیماری‌هایی مانند سرطان، بیماری‌های اعصاب، همچنین آسیب‌هایی مانند سقط و ناقص‌الخلقه شدن جنین، آسیب به اسپرم و کاهش باروری ازجمله مشکلاتی هستند که توسط عناصر سنگین ایجاد می‌شوند (Watterson, 1998). مطالعاتی در این زمینه انجام‌شده

1 - IUCN: International Union for Conservation of Nature

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]

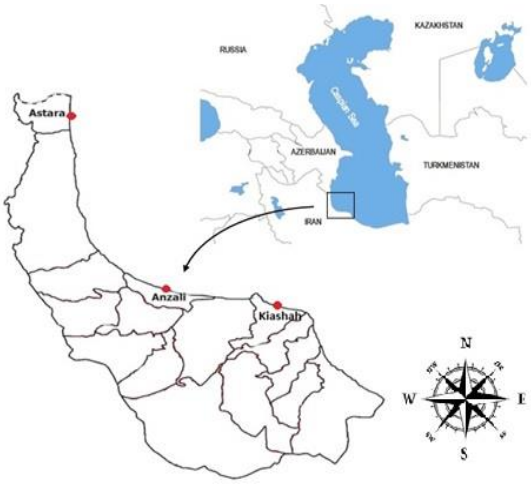
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.3.10.2]

اســـت کـه در این میـان می‌توان بـه مطـالعـه Anan و همکـاران در ســـال ۲۰۰۵، Canli و همکاران در ســـال ۲۰۰۳، Burger و همکاران در ســـال ۲۰۰۷، Gašpić و همکـاران در ســـال ۲۰۰۲ و عبدالمالکی و همکاران در سال ۱۳۸۵ اشاره کرد.

افزایش آلودگی‌ها در دریای خزر و اثرات مخرب آلاینده‌های سمی که بیشتر در آب‌های طبیعی یافت می شـوند، به‌خصـوص عناصـر سـنگین مانند سرب، کادمیم که ازنظر امکان بروز تلفات در ماهیان از بقیه عناصـر نقش بیشـتری دارند. بر همین اسـاس، مطالعه و بررسـی غلظت این عناصـر بافت‌های عضـله (به سـبب نقش مهم در تغذیه انسـان و لزوم اطمینان از سـلامت آن) و کبد (به دلیل نقش کلیدی که در سوخت‌وساز بدن دارد) در سـیـاه کولی (*V. persa*) که از گونه‌های باارزش و آسیب‌پذیر در دریای خزر و نیازمند حفاظت می‌باشد، ضرورت دارد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این بررسـی تعداد ۸۲ قطعه سـیاه کولی خزری (*V. persa*) طی سـه فصـل و از سـه منطقه انزلی (طـول جـغـرافـیـایی ۴۹ درجـه و ۲۸ دقیقـه و عرض جـغرافـیـایی ۳۷ درجـه و ۲۸ دقیقـه)، آسـتـارا (طول جغرافیـایی ۴۸ درجه و ۸۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه) و کیاشـهر (طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۹۸ دقیقـه و عرض جغرافیـایی ۳۷ درجـه و ۴۲ دقیقـه) توسـط تور پره صـید شـدند. پس ازآن نمونه‌های ماهی در دمای ۴ درجه به آزمایشگاه منتقل شدند.



شکل ۱: مناطق نمونه‌برداری سیاه کولی

ماهیان صیدشده پس‌از انتقال به آزمایشگاه برای حذف هر نوع آلودگی با آب مقطر شسته شده و زیست سنجی شدند. برای تعیین سن تعدادی فلس از نمونه‌ها جدا شد. تعیین جنسیت ماهیان با توجه به نوع گنادهای (غدد) جنسی پس از کالبد گشایی در زیر میکروسکوپ Olympus (کمپانی Olympus، توکیو، ژاپن) انجام شد. پس از تخلیه امعاواحشا، بافت کبد و قسمتی از عضله ماهی (از ناحیه زیر باله پشتی و بالای خط جانبی) برای سنجش عناصر جدا شد. نمونه‌های جداشده پس از قرارگیری در داخل پلاستیک‌های Zipbag، تا انجام مراحل آزمایشگاهی و شروع سنجش‌ها در دمای ۲۰°C- نگهداری شدند (Lavilla *et al*, 2008).

برای آماده‌سازی نمونه‌ها به منظور هضم شیمیایی، بافت کبد و قسمتی از بافت عضله (بدون پوست و فلس) ماهی و سپس برای سنجش و تعیین سطوح عناصر برداشته شد و به‌طور جداگانه به داخل پتری دیش گذاشته شدند و پس از ثبت مشخصات کامل (Lavilla *et al*., 2008) در آون ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت، خشک شدند. سپس نمونه‌های خشک‌شده، در داخل هاون چینی کاملاً کوبیده شدند و به‌صورت پودر و یکنواخت درآمدند

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.3.10.2]

(لکزایی و همکاران؛ ۱۳۹۴). برای هضم شیمیایی نمونه‌ها در مورد تعیین عناصر سرب و کادمیم تا حدود نیم گرم از هر نمونه‌ی پودر شده، با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) توزین شده و در داخل ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری قرار داده شد. برای هضم شیمیایی نمونه‌ها از اسید نیتریک (HNO_3, Merck, 65%) استفاده شد (ارشد و همکاران؛ ۱۳۹۳). به طوری که به یک گرم از هر یک از بافت‌ها، ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ اضافه‌شده و در دمای آزمایشگاه به مدت ۵ ساعت برای هضم مقدماتی نگهداری شدند. سپس برای فیلتر کردن نمونه‌های هضم شده از کاغذ صافی (42-Wathman) استفاده شد و با آب دو بار تقطیر حجم نمونه‌ها را در بالن ژوژه به ۲۵ میلی لیتر رساندیم. پس از این مراحل، غلظت عناصر سنگین (Al، Ag، As، Ba، Be، Bi، Ca، Cd، Ce، Co، Cr، Cu، Fe، K، La، Li، Mg، Mn، Mo، Na، Ni، P، Pb، Rb، Sb، S، Si، Sn، Sr، Th، Ti، V، W ، Y و Zn) نمونه‌های آماده‌شده، توسط دستگاه طیف‌سنج گسیل نوری (ICP- OES) سنجش شد. ظروف مورداستفاده در این آزمایش پس‌ازانجام هر آزمایش با اسید نیتریک ۵ ٪ و سپس برای به حداقل رساندن آلودگی‌ها با آب دیونیزه شستشو شدند.

پیش از انجام تجزیه و تحلیل آماری، برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد. برای مقایسه مقدار عناصر (Pb و Cd) در بافت کبد و عضله از آزمون One-Way ANOVA و برای تعیین رابطه میزان تجمع عناصر سنگین با درازا، وزن، ضریب چاقی و شاخص کبد از ضریب همبستگی Pearson استفاده شد. تأثیر تفاوت منطقه‌ای بین تجمع عناصر در بافت بر اساس آزمون ANOVA ارزیابی شد. در این آزمون، نوع منطقه به‌عنوان عامل مستقل و تجمع عناصر موردبررسی، به‌عنوان عامل وابسته در نظر گرفته شدند و همچنین، با توجه به تأثیر درازای ماهیان در میزان تجمع عناصر، این فاکتور به‌عنوان covariate در نظر گرفته شد.

اثر وضعیت ماهی بر مقدار تجمع عناصر با استفاده از ضریب چاقی تعیین (فرمول ۲-۱) و همچنین شاخص کبدی برای بررسی اثر عناصر بر سلامت ماهی استفاده شد (فرمول ۲-۲).

ضریب چاقی Condition Factor (CF)
(Hung *et al*., 2002)

$$CF = \frac{W}{L^3} \times 100$$ (معادله ۱)

W = وزن ماهی (بر حسب گرم)

L = درازای ماهی (بر حسب سانتی متر)

CF = فاکتور وضعیت (ضریب چاقی)

- شاخص کبدی Hepatosomatic Index (HSI)
(Wahli, 2002)

$$HSI = \frac{w}{W} \times 100$$ (معادله ۲)

HSI =شاخص کبدی (گرم)

w = وزن کبد (گرم)

W = وزن ماهی (گرم)

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزار SPSS (version 22) و Excel (2013) استفاده شد و سطح معنی‌دار بودن $P<0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

رابطه غلظت با شاخص‌های رشد ارزیابی شد. ماهیان صیدشده در این مطالعه در دامنه سنی (۰+-۳+) سال قرار داشتند که نسبت جنسی ماده به نر ۱/۶۱ به ۱ و غالبیت با جنس ماده بود (جدول ۱).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]

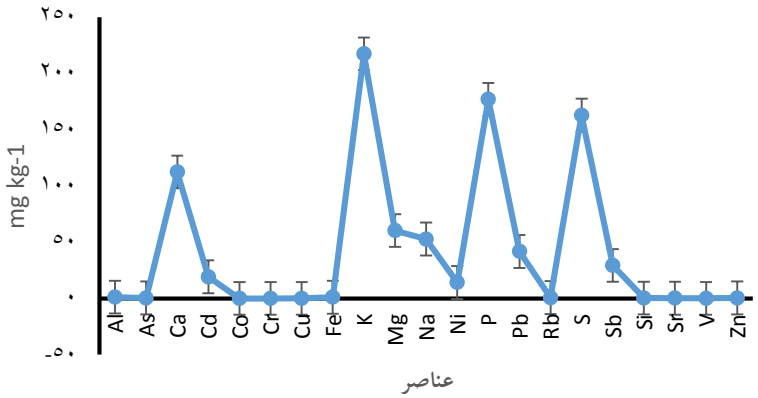
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.3.10.2]

جدول ۱- نتایج حاصل از زیست سنجی و مقادیر ضریب چاقی و شاخص کبدی در سیاه کولی صیدشده از سواحل جنوب غربی دریای خزر

تعداد	سن	درازای کل (cm)	وزن (g)	ضریب چاقی	شاخص کبدی (٪)
	(±SE میانگین)	(±SE میانگین)	(±SE میانگین)	(±SE میانگین)	(±SE میانگین)
۷۳	۰/۵ ± ۲/۷۵	۲/۳۸ ± ۱۸/۰۵	۳۳/۹۸ ± ۶۵/۶۲	۰/۱ ± ۱/۰۴	۰/۵۱ ± ۰/۹۸
	*(۲ -۳)	(۱۴ -۲۵)	(۳۰ - ۲۰۵)	(۰/۸۱ -۱/۳۱)	(۰/۱۶ - ۳/۱۱)

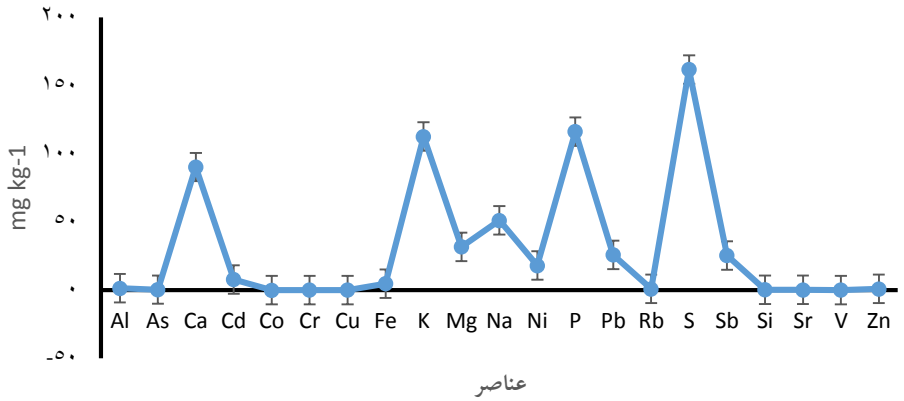
*(اعداد داخل پرانتز دامنه مقادیر ذکرشده را بیان می کند.)

میانگین عناصر در عضله



شکل ۲: میانگین غلظت عناصر در عضله سیاه کولی

میانگین عناصر در کبد



شکل ۳: میانگین غلظت عناصر در کبد سیاه کولی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]

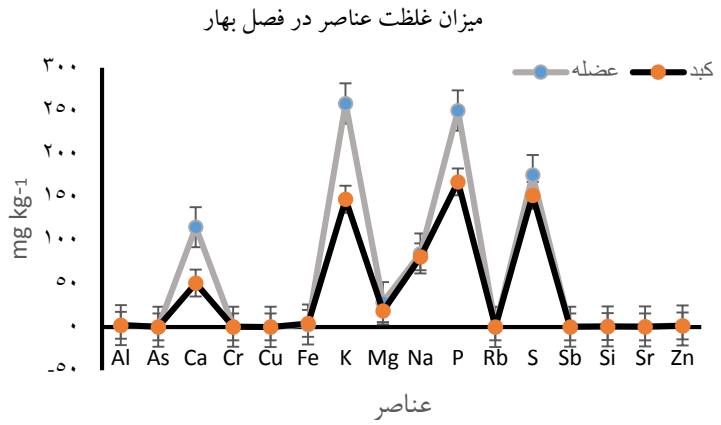
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.3.10.2]

جدول ۲- غلظت عناصر (SE ± میانگین) برحسب mg/kg وزن خشک، در بافت کبد و عضله سیاه کولی صیدشده از سواحل جنوب غربی دریای خزر

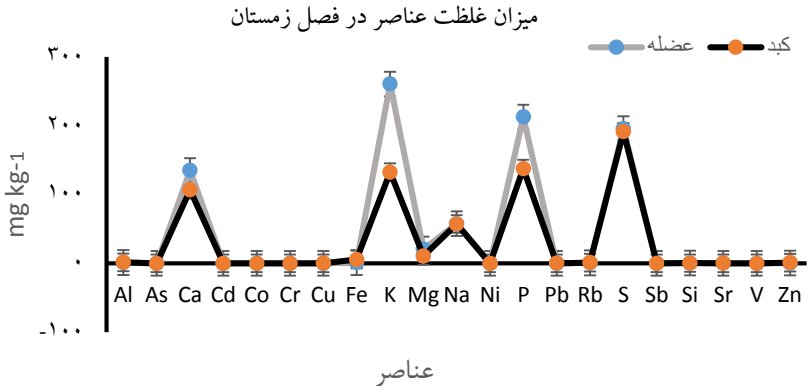
عناصر	درمجموع	کبد	عضله
نقره (Ag)	ND	ND	ND
آلومینیوم (Al)	۱/۹۱±۰/۹۶	۱/۹۴±۱/۱۷	۱/۸۷±۰/۷۳
آرسنیک (As)	۰/۰۶۲±۰/۰۳	۰/۰۳۸±۰/۰۱	۰/۰۷±۰/۰۳
باریم (Ba)	ND	ND	ND
بریلیم (Be)	ND	ND	ND
بیسموت (Bi)	ND	ND	ND
کلسیم (Ca)	۱۵۹/۳۶±۱۷۵/۳۵	۵۰/۱۵±۳۴/۰۱ b	۲۶۸/۵۷±۱۹۲/۵۱ a
کادمیم (Cd)	۰/۰۲±۰/۰۳	۰/۰۱±۰/۰۰۱	۰/۰۵±۰/۰۵
سزیم (Ce)	ND	ND	ND
کبالت (Co)	۰/۰۲±۰/۰۱	۰/۰۱±۰/۰۰۱	۰/۰۲±۰/۰۲
کروم (Cr)	۰/۱۳±۰/۰۲۶	۰/۱۹±۰/۰۳۶ b	۰/۰۷±۰/۰۲ a
مس (Cu)	۰/۲۵±۰/۰۲۷	۰/۳۹±۰/۲۹	۰/۰۷±۰/۰۳
آهن (Fe)	۷/۲۱±۱/۰۱	۱۳/۰۲±۷/۷۷ a	۱/۴۱±۰/۳۹ b
پتاسیم (K)	۱۸۹/۵۹±۷۵/۳۳	۱۴۱/۱۹±۴۶/۸۹	۲۳۷/۹۸±۶۷/۴۵
لانتانوم (La)	ND	ND	ND
لیتیم (Li)	ND	ND	ND
منیزیم (Mg)	۲۵/۴±۱۱/۱۲	۲۰/۵۲±۱۰/۹۱	۳۰/۲۹±۹/۳۳
منگنز (Mn)	ND	ND	ND
مولیبدن (Mo)	ND	ND	ND
سدیم (Na)	۶۸/۸±۳۱/۸۱	۷۱/۵۶±۳۹/۱۶	۶۶/۰۳±۲۳/۶
نیکل (Ni)	۰/۰۵±۰/۰۵	۰/۰۶±۰/۰۶	۰/۰۳±۰/۰۳
فسفر (P)	۲۷۰/۵۶±۱۳۲/۰۹	۱۹۱/۵۸±۹۸/۴۵	۳۴۹/۵۴±۱۱۴/۶۳
سرب (Pb)	۰/۰۶±۰/۰۴	۰/۰۹±۰/۰۵	۰/۰۳±۰/۰۱
روبیدیوم (Rb)	۰/۵۲±۰/۳۴	۰/۵۴±۰/۴۱	۰/۴۹±۰/۲۵
گوگرد (S)	۱۷۳/۱۵±۶۹/۳۴	۱۴۴/۷۷±۶۴/۷۶ b	۲۰۱/۵۴±۶۳/۸۶ a
آنتیموآن (Sb)	۰/۰۶±۰/۰۳	۰/۰۶±۰/۰۳	۰/۰۶±۰/۰۴
اسکاندینیوم (Sc)	ND	ND	ND
سیلیسیم (Si)	۰/۳۵±۰/۱۷	۰/۳۹±۰/۱۸	۰/۳±۰/۱۶
قلع (Sn)	ND	ND	ND
استرانسیم (Sr)	۱/۳۵±۱/۶۸	۰/۲۹±۰/۱۹ b	۲/۴۱±۱/۸۳ a
توریم (Th)	ND	ND	ND
تیتانیوم (Ti)	ND	ND	ND
وانادیوم (V)	ND	ND	ND
تنگستن (W)	ND	ND	ND
یتریوم (Y)	ND	ND	ND
روی (Zn)	۱/۲۸±۰/۷۳	۱/۵۶±۰/۹۲	۰/۹۹±۰/۳۱

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]

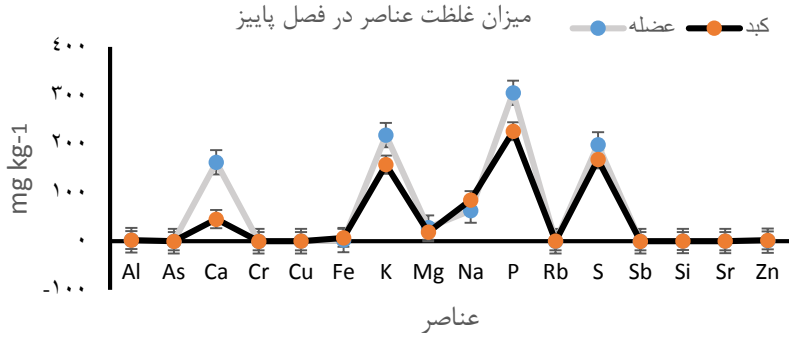
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.3.10.2]



شکل ۴: میزان غلظت عناصر در عضله و کبد سیاه کولی در فصل بهار



شکل ۵: میزان غلظت عناصر در عضله و کبد سیاه کولی در فصل زمستان



شکل ۶: میزان غلظت عناصر در عضله و کبد سیاه کولی در فصل پاییز

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.3.10.2]

نمونه‌برداری از ماهیان به‌صورت فصلی انجام شد و غلظت عناصر در کبد و عضله نیز به‌صورت فصلی تعیین شد (اشکال ۴، ۵، ۶).

بحث

در بین عناصر اندازه‌گیری شده در بافت عضله و کبد، بالاترین مقدار مربوط به عنصر فسفر بود که به ترتیب ۱۱۴/۶۳±۳۴۹/۵۴) و۹۸/۴۵±۱۹۱/۵۸ میلی گرم در لیتر بود (جدول ۲ و اشکال ۲و ۳). پس از فسفر در بافت کبد بیشترین میانگین عناصر به ترتیب مربوط به گوگرد، پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، آهن، آلومینیوم و روی گزارش شد. پس از فسفر در بافت عضله بیشترین میانگین عناصر به ترتیب مربوط به کلسیم، پتاسیم، گوگرد، سدیم، منیزیم، استرانسیم، آلومینیوم، آهن، روی، روبیدیوم، سیلیسیم، منگنز، آرسنیک، مس، کروم و قلع بود. در بین بافت‌ها اختلاف معنی‌داری از مقدار عناصر کلسیم، گوگرد، کروم، استرونسیم و آهن وجود داشت. بررسی رابطه مقدار عناصر در بافت با طول ماهی نشان داد که طول بر روی غلظت عناصر آلومینیوم، آرسنیک، باریم ، کلسیم ، کادمیم، کبالت، پتاسیم، آنتیموآن، سیلیسیم و روی تأثیری نداشته است. به‌عبارت‌دیگر، بین افزایش طول با میزان تجمع این عناصر رابطه‌ی معناداری وجود نداشته است (P>0.05) در بقیه عناصر این رابطه معنی‌دار بود (P<0.05).

بررسی رابطه مقدار عناصر در بافت با وزن ماهی نشان داد که در مورد آلومینیوم، آرسنیک، باریم، کلسیم، کادمیم، کبالت، پتاسیم، سیلیسیم و روی، وزن ماهی تأثیری نداشته است. به‌عبارت‌دیگر، بین افزایش وزن با میزان تجمع این عناصر رابطه معنی‌داری وجود نداشته است (P> 0.05). در مورد بقیه عناصر این رابطه معنی‌دار بود (P<0.05).

نتایج Anan و همکاران (2005) بر روی ماهیان استخوانی دریای خزر نشان می‌دهد که به‌طورکلی با افزایش اندازه ماهیان از مقدار تجمع فلزات در بافت عضله کاسته می‌شود. Anan این رابطه را تحت تأثیر فاکتورهای مختلفی مانند نرخ سوخت و ساز بدن و یا رقیق‌شدگی فلزات (dilution) در اثر رشد می‌داند. اما اگر غلظت فلزات در آب افزایش یابد نه‌تنها این کاهش غلظت فلزات در بافت ناشی از رشد و یا کاهش فعالیت سوخت و سازی بدن مشاهده نمی‌شود، بلکه تجمع فلزات در بافت ادامه یافته و ممکن است بین غلظت فلزات در بافت و اندازه ماهی رابطه مثبت برقرار شود (Canli *et al.*, 2003). با وجود این، اگر نرخ رشد موجود زنده سریع‌تر از میزان تجمع فلزات باشد، با افزایش سن و وزن، حتی اگر آلودگی در محیط افزایش یابد، مقدار فلزات در بدن کاهش می‌یابد (Gašpić *et al.*, 2002). بنابراین، می‌توان بیان نمود در این مطالعه افزایش تجمع فلزات در ماهیان همراه با افزایش اندازه، می‌تواند به علت افزایش میزان برخی از آلاینده‌های فلزی در دریای خزر (Anan *et al.*, 2005) و همچنین کاهش نرخ رشد ماهی به دلایلی همچون صید بی‌رویه، تکثیر مصنوعی و از دست رفتن ذخایر ژنتیکی ناشی از آن باشد (عبدالملکی، ۱۳۸۵). همچنین، این ارتباط می‌تواند به دلیل تغییر در رژیم غذایی ماهیان با افزایش سن و روش تغذیه benthopelagic نیز باشد. ازآنجا که برخی از گروه‌های گیاهی و جانوری مانند سخت‌پوستان و نرم‌تنان قابلیت بالایی برای تجمع فلزات و دیگر آلاینده‌ها دارند، لذا می‌توانند به‌عنوان مواد غذایی حامل سبب انتقال فلزات به بدن ماهیان شوند (Burger *et al.*,

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.3.10.2]

2007). با وجود این، عدم وجود رابطه در بدن می‌تواند به دلیل غلظت‌های متفاوت این فلز در مناطق مختلف و همچنین، پایین بودن مقدار آن فلز در بدن ماهی باشد (Alonso *et al*., 2000).

Henry و همکاران (2004) عدم وجود ارتباط بین غلظت فلزات در بافت کبد و اندازه ماهی را ناشی از عوامل مختلفی همچون تفاوت در سوخت و ساز فلزات در گونه‌های مختلف ماهیان و بافت موردبررسی، رقابت، اثرات متقابل بین سن و رشد اندام‌ها و همچنین، میزان در دسترس بودن فلزات در محیط دانستند. اما به‌طورکلی در گونه‌هایی از ماهیان که دارای اندازه‌های کوچک یا متوسط هستند، افزایش اندازه ماهی غالباً تأثیری در غلظت فلزات در بافت‌ها ندارد (Gašpić *et al*., 2002 ;).

بررسی رابطه مقدار عناصر در بافت با ضریب چاقی ماهی نشان داد که در آلومینیوم، آرسنیک، باریم، کلسیم، کادمیم، کبالت، پتاسیم، سیلیسیم، روی و مس بین افزایش ضریب چاقی با میزان تجمع عناصر رابطه معنی‌داری وجود نداشت ($P>0.05$). در بقیه عناصر این رابطه معنی‌دار بود ($P<0.05$).

در مطالعه حاضر بین غلظت فلزات مس و سرب در بافت کبد و مقدار CF رابطه مستقیم ضعیفی مشاهده شد. در مطالعه Farkas و همکاران (2003) بین مقدار ضریب چاقی(CF) و تجمع فلزات مس و سرب در بافت ماهی سیم رابطه منفی وجود داشت که با نتایج این مطالعه هماهنگی ندارد. در مطالعه حاضر بین غلظت فلزات کروم و آهن در بافت کبد و مقدار CF رابطه عکس ضعیفی مشاهده شد. بیان‌شده است که وجود رابطه منفی بین مقدار فلزات در بافت ها و ضریب چاقی (شاخص وضعیت = CF) به اثر رقیق‌سازی محتویات چربی بافت‌ها مربوط است. این فرضیه به‌خوبی با این حقیقت که چربی درصدی از وزن بدن را تشکیل می‌دهد که در ماهیان جوان‌تر کمتر بوده و در طول فصل تخم‌ریزی و زمستان کاهش می‌یابد و در انتهای دوره اصلی تغذیه به بالاترین حد خود می‌رسد، حمایت می‌شود (Shul'man, 1974;Weatherly and Gill, 1987). این تغییرات شاید وجود رابطه منفی بین غلظت فلزات و ضریب چاقی را توجیه کند.

بررسی رابطه مقدار عناصر در بافت با شاخص کبدی ماهی نشان داد که در تمام عناصر رابطه معنی‌دار بوده، به‌طوری‌که تغییرات شاخص کبدی در میزان عناصر زیر به‌ترتیب به صورت زیر بود: در کبالت، بین افزایش شاخص کبدی با میزان تجمع عنصر رابطه معنی‌داری وجود نداشت ($P>0.05$). در بقیه عناصر این رابطه معنی‌دار بود ($P<0.05$). Fernandes (2008) گزارش کرد که افزایش برخی از فلزات همچون کروم سبب کاهش HSI می‌شود که با نتایج مطالعه حاضر هماهنگی دارد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده Ag، Ba، Be، Bi، Ce، La، Li، Mn، Mo، Sc، Sn، Th، Ti، W، Y در هر سه فصل پایین‌تر از حد تشخیص بودند. عناصر Co، Cd، Na، Pb و V در فصل پاییز و بهار پایین‌تر از حد تشخیص گزارش شد، ولی در فصل زمستان غلظتی از این عناصر گزارش شد. علت این امر را احتمالاً می‌توان به شرایط مختلف محیط دریا در فصول مختلف، رژیم غذایی، منبع تغذیه، سن و نزدیکی محیط زندگی این ماهیان به منابع آلوده‌کننده مربوط دانست.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.3.10.2]

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر-دانشگاه گیلان به شماره ۲۱۱۹۵۱۷۰ است.

منابع

۱. امینی رنجبر، غ.، ۱۳۷۳. بررسی میزان تجمع فلزات سنگین (Zn, Cd, Pb, Ni, Cu) در رسوبات سطحی تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران، ۳: ۵-۲۶.

۲. لکزایی، ف.، بابائی، ه.، خداپرست، س. ح.، ۱۳۹۴. سنجش فلزات سنگین (سرب، کادمیم، روی و مس) در بافت کبد و عضله ماهی کفال طلائی در دو منطقه حوضه جنوب غربی دریای خزر (کیاشهر و تالش). نشریه توسعه آبزی پروری، ۹ (۳) :۵۱-۵۸.

۳. ارشد عما، صادقی راد مرجان، علی اکبر علیرضا، چوبیان فروزان.، ۱۳۹۳. بررسی فلزات سنگین (مس، سرب، کادمیوم و روی) آب در مراحل مختلف تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری مجتمع شهید دکتر بهشتی. نشریه توسعه آبزی پروری، ۸ (۲) :۱-۸.

۴. عبدالملکی، ش. ۱۳۸۵. بررسی روند تغییرات ذخایر ماهی سفید دریای خزر(ایران). مجله علمی شیلات ایران، ۱۵(۲)، ۱۰۰-۸۷.

5. Alonso, D., Pineda, P., Olivera, J., Gonzalz, H., Compos, N., 2000. Mercury levels in muscle of two fish species and sediments from the Cartagena Bay and Cienage Grand the Santa Marta Colombia. Environmental pullotion, 109: 157- 163.
6. Anan, Y., Kunito, T., Tanabe, S., Mitrofanov, I., Aubrey, D.G., 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 51, 882-888. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.06.038
7. Aubrey, D. G., Glushko, T. A., Ivanov, V.A., 1994. North Caspian Basin: Environmental status and oil and gas operational, 650th ed., Mobil-Oil, Moscow.
8. Berg, L.S., 1949. Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries. Trady institute Acad, U.S.S.R. (Translated to English in 1962). 2: 469 p.
9. Burger, J., Gochfeld, M., 2007. Risk to consumers from mercury in pacific cod (Godus macrocephalus) from the Aleutians: Fish age and size effect .Environmental Research. 105: 276-284.
10. Canli, M., 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: 129–136.
11. Cazemier, W. G., Hessen, M.J., 1989. First record of *Vimba vimba* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Cyprinidae) in the Nederlands. Bull. Zool. Museum. 12: 97-100.
12. Farkas, A., Salánki, J., 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.
13. Fernandes, D., Bebianno, M.J., Porte, C., 2008. Hepatic levels of metal and metallothioneins in two commercial fish species of the Northern Iberian shelf. Science of the Total Environment, 391: 159-167.
14. Gašpić, Z. K., Zvonarić, T., Vrgoč, N., Odžak, N., Barič, A., 2002.Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea.Water Research. 36: 5023-5028.
15. Henry, F., Amara, R., Courcot, L., Lacouture, D., 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: 675-683.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.3.10.2]

16. Hesse, T., 2000. *Vimba vimba* (L.). In: Freshwater fish of Poland. M. Brylinska (Ed.). PWN, Warsaw, Poland, 521 p.
17. 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.
18. Lavilla, I., Vilas, P. and Bendicho, C., 2008. Fast determination of arsenic, selenium, nickel and vanadium in fish and shellfish by electrothermal atomic absorption spectrometry following ultrasound-assisted extraction. Food Chemistry, 106: 403-409.
19. Mance, G., 1990. Polluted threat of heavy metals in aquatic environments, Elsevier Applied Science, London, UK, 372 p.
20. Pourang, N., 1995. Heavy metal Bioaccumulation in different tissues of two fish species with regards to their feeding habits and tropic levels. Environmental Monitoring and Assessment, 35: 207-216.
21. Riede, K., 2004. Global register of migratory species from global to regional scales. Final Report of the R and D-Project 80805081, Federal Agency for Natural Conservation, Bonn, Germany, 329 p.
22. Saei-Dehkordi S.S., Fallah A.A., 2011. Determination of copper, lead, cadmium and zinc content in commercially valuable fish species from the Persian Gulf using derivative potentiometric stripping analysis. Microchemical Journal, 98: 156-162.
23. Shul'man, G.E., 1974. Life cycles of fish. Wiley, New York, 258 p.
24. United Nations Environment Programme (UNEP)., 2006. Stolberg, F., Borysova, O., Mitrofanov, I., Barannik, V. Eghtesadi, P. Caspian Sea, GIWA Regional assessment 23. University of Kalmar, Kalmar, Sweden, 92 p.
25. Wahli, T., 2002. Approaches to investigate environmental impacts on fish health Bull. Europ. Association of Fish Pathology, 22:126- 132.
26. Watterson, A., 1998. Toxicology in the working environment. Environment Toxicology: Current Development, Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam, pp. 225-252.
27. Weatherly, A.H., Gill, H.S., 1987. The biology of fish growth. Orlando, FL: Academic Press, 443 p.
28. Yaghobzadeh, Y., Hossein-Nezhad, M., Asadi-Shiran, G., Pourali, M., 2014. An investigation of lead concentration in *Rutilus frisii kutum* form the Caspian Sea: Case study of Bandar Anzali and Roodsar, Iran. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 23(110), 102–108 [In Persian].

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1399.14.3.10.2]