

بررسی میزان جیوه، سرب، روی و مس در بافت عضله و کبد ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) در دو ناحیه آبکنار و شیجان از تالاب انزلی در فصل بهار

آریا اشجع اردلان^۱، محمود رضا سهرابی^۲، سید مهدی میرحیدری^۱ و هومن عبدالله بیگی^{۳*}

۱- دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی

۲- دانشکده شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی

۳- باشگاه پژوهشگران جوان، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی

تاریخ پذیرش: ۸۸/۵/۱

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۱۰

چکیده

تالاب انزلی یکی از بوم سازگان های مهم آبی ایران است که در جنوب غربی دریای خزر قرار دارد. این تالاب زیستگاه ماهیان و آبزیان با ارزشی است که نقش بسیار مهمی را در چرخه زیستی این تالاب دارند.

این مطالعه بر روی ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) در بهار سال ۱۳۸۷ در آبکنار (بخش غربی تالاب انزلی) و شیجان (بخش شرقی تالاب انزلی) صورت گرفته است. هدف از این تحقیق، بررسی میزان فلزات سنگین (مس، سرب، روی و جیوه) در بافت عضله و کبد این ماهی بود.

از میان ماهیان صید شده در فصل بهار، تعداد ۹ عدد ماهی سوف حاجی طرخان (۱ تا ۲+ ساله) انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصله نشان دادند که در بافت عضله و کبد نمونه های آبکنار، میانگین میزان مس به ترتیب برابر ۱/۷۴ و ۱۰/۴۳ میکروگرم بر گرم وزن تر، سرب برابر ۰/۶۸ و ۱/۸۲ میکروگرم بر گرم وزن تر و میزان روی برابر ۶/۸۴ و ۲۵/۲۷ میکروگرم بر گرم وزن تر و میزان فلز جیوه ۰/۱۳ و ۰/۲۴ میکروگرم بر گرم وزن تر بود.

همچنین در بافت عضله و کبد نمونه های منطقه شیجان، میزان مس به ترتیب برابر ۱/۲۳ و ۸/۷۲ میکروگرم بر گرم وزن تر، سرب برابر ۰/۴۳ و ۱/۲۴ میکروگرم بر گرم وزن تر و میزان روی برابر ۵/۳۲ و ۲۱/۳۶ میکروگرم بر گرم وزن تر و میزان فلز جیوه ۰/۲۴ و ۰/۳۱ میکروگرم بر گرم وزن تر بدست آمد. مقایسه نتایج حاصله با تی- تست نشان داد که میزان فلزات سنگین (جیوه، سرب، روی و مس) بین بافت عضله و کبد نمونه های هر دو منطقه دارای اختلاف معنی داری بود ($P < 0.05$).

واژگان کلیدی

فلزات سنگین، سوف حاجی طرخان، *Perca fluviatilis*، تالاب انزلی، دریای خزر

Determination of Hg, Pb, Zn, Cu in muscle and liver of tissue of European perch (*Perca fluviatilis*) in areas of Abkenar and Sheyjan of Anzali Lagoon in spring

Ashja Ardalan, A.¹; Sohrabi, M.R.²; Mirheydari¹ S.M & Abdollah Beigi, H.^{3*}

1. Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch

2. Faculty of Chemistry, North Tehran Branch, Islamic Azad University

3. Young Researchers Club, North Tehran Branch, Islamic Azad University

Abstract

Anzali Lagoon is one of the most important aquatic ecosystems of Iran located in south-west of the Caspian Sea. This Lagoon is a habitat for valuable fishes and aquatic animals which have an important role in life cycle of this ecosystem.

In this study, sampling from European perch (*Perca fluviatilis*) was conducted in two areas of Abkenar (from western basin of the Anzali Lagoon) and Sheyjan (from eastern basin) in spring 2008. The aim of this investigation was to determination of heavy metals (Hg, Pb, Zn, Cu) in muscle and liver of Perch.

9 specimens of perch (1- +2 years) were sampled and transferred to laboratory for relevant analyses. During this investigation, the results in these areas were compared. The results showed that in muscle and liver of samples in Abkenar Cu determination 1.74 and 10.43 μg per gr wet weight, respectively, Pb determination was 0.68 and 1.82 μg per gr wet weight, Zn determination was 6.84 and 25.27 μg per gr wet weight and Hg determination was 0.013 and 0.024 μg per gr wet weight.

Also in muscle and liver of samples in Sheyjan Cu determination was 1.23 and 8.72 μg per gr wet weight, respectively, Pb determination was 0.43 and 1.24 μg per gr wet weight, Zn determination was 5.32 and 21.36 μg per gr wet weight and Hg determination was 0.024 and 0.031 μg per gr wet weight. Results revealed significant difference using t-test between determination of heavy metals (Hg, Pb, Zn & Cu) in muscle and liver tissue samples of the two areas ($P < 0.05$).

Keywords: Heavy metals, European perch, *Perca fluviatilis*, Anzali Lagoon, Caspian Sea

* مسئول مکاتبه HoomanBeygi@yahoo.com

مقدمه

افزایش جمعیت و کمبود مواد غذایی به خصوص پروتئین با کیفیت بالا (High quality protein) سبب گردید تا در دو دهه اخیر توجه خاصی به منابع خوراکی دریایی گردد. همچنین نیاز بشر به مواد غذایی و عدم امکان زندگی بدون غذا همیشه بخش مهمی از توان اقتصادی، تحقیقاتی و فناوری جامعه بشر را هدف مطالعه بررسی و اجرای پروژه هایی کرده است که بتواند مواد غذایی را با کیفیت بالاتر در دسترس مصرف کنندگان قرار دهد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

سوف حاجی طرخان با نام علمی *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) از ماهیان شکارگر آب شیرین می باشد که به واسطه داشتن گوشت سفید و خوشمزه، مورد علاقه و توجه مصرف کنندگان اروپایی قرار گرفته است (Orban *et al.*, 2007). این ماهی از راسته سوف شکلان (Perciformes) و خانواده سوف ماهیان (Percidae) است (ستاری و همکاران، ۱۳۸۲)، در اوراسیا و آمریکای شمالی پراکنش دارد و همچنین به آفریقای جنوبی، استرالیا و نیوزیلند معرفی شده است (Spanovskaja, 1983; Craig, 2000). در ایران هم در حوضه جنوبی دریای خزر (کازانچف، ۱۹۸۱)، تالاب انزلی (عباسی و همکاران، ۱۳۷۸؛ کریمپور، ۱۳۷۷) و تالاب امیرکلايه لاهیجان (نظامی و خارا، ۱۳۸۲) وجود دارد. این ماهی از زئوپلانکتون ها و لارو حشرات (Spanovskaja, 1983) تغذیه می کند.

ماهی سوف حاجی طرخان از ماهیان اقتصادی محسوب می شود (Psuty & Owska, 1998) و یکی از ماهیان با ارزش تالاب انزلی است که همه ساله مقداری از آن صید می شود و دارای ارزش صید ورزشی نیز می باشد (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷). این ماهی در تالاب و قسمت های پایینی رودخانه ها زندگی می کند و کمبود اکسیژن و آلودگی آب را تا حدی تحمل می نماید. در حوضه جنوبی دریای خزر در ۲ تا ۳ سالگی بالغ می شوند و تولید مثل در تالاب انزلی از اواخر اسفند ماه تا اوایل فروردین ماه انجام می گیرد (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷).

در سال ۱۹۹۴، توزیع و پراکنش سوف حاجی طرخان در اولین سال زندگیشان در دریاچه ای مورد مطالعه قرار گرفت (Wang & Eckmann, 1994). همچنین رژیم غذایی و رشد لارو این ماهی در تحقیق دیگری بررسی شد (Wang & Appenzeller, 1998).

در سال ۲۰۰۶، در مطالعه ای تأثیرات سیستم پرورشی و فصول بر روی کیفیت غذایی سوف حاجی طرخان مورد بررسی قرار گرفت (Mairesse, *et al.*, 2006). مطالعات دیگری نیز با موضوعات بررسی کیفیت غذایی سوف حاجی طرخان و بررسی رشد و عوامل مؤثر بر آن در مناطق مختلف انجام شده است (Karas, 1990; Fontaine *et al.*, 1996; Vlavonou *et al.*, 1999; Kestemont *et al.*, 2001; Fiogbe & Kestemont, 2003; Orban *et al.*, 2007; Mairesse, *et al.*, 2007).

ماهی بخش مهمی از رژیم غذایی انسان است و به همین دلیل تحقیقات متعددی در مورد مطالعه تجمع فلزات سنگین در بافتهای مختلف ماهی در جهان و تعدادی در ایران صورت گرفته است (Lewis, 2002; Usero *et al.*, 2003). به عنوان نمونه تحقیقاتی در زمینه بررسی میزان فلزات سنگین بر روی ماهی سوف حاجی طرخان در دریای بالتیک انجام گرفته است که می توان به مطالعه Szefer و همکاران بر روی بررسی تجمع فلزات سنگین و ارتباط بین این فلزات بر یکدیگر در بافت های عضله و کبد این ماهی اشاره کرد (Szefer *et al.*, 2003). تحقیقات مشابه دیگری نیز بر روی همین ماهی صورت گرفته است (Gajewska & Nabrzyski, 1977; Falandysz, 1992; Szefer, 2002).

تحقیقات زیر، مهم ترین مطالعاتی هستند که در مورد بررسی میزان فلزات سنگین در محدوده تالاب انزلی انجام پذیرفته است:

- در سال ۱۳۷۳، امینی رنجبر میزان تجمع فلزات سنگین را در رسوبات سطحی تالاب انزلی مورد مطالعه قرار داد.

- در سال ۱۳۷۵، صادقی راد میزان غلظت برخی از فلزات سنگین را در چند گونه از ماهیان خوراکی تالاب انزلی مشخص نمود.

- در سال ۱۳۸۰، پایدار، تأثیر آلودگی عناصر سنگین در تالاب انزلی و رودخانه های اطراف را بر عضله و پوست خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus loeptoctylus*) بررسی کرد.

- در سال ۱۳۸۰، بابایی به بررسی میزان فلزات سنگین در آبهای مناطق مختلف تالاب انزلی پرداخت.

- در سال ۱۳۸۳، بابایی سیاهگل و در سال ۱۳۸۴، خوشخو میزان فلزات سنگین (سرب، روی، مس، کادمیوم و جیوه) را در بافت نرم دوکفه ای (*Anodonta cygnea*) در تالاب انزلی تعیین نمودند.

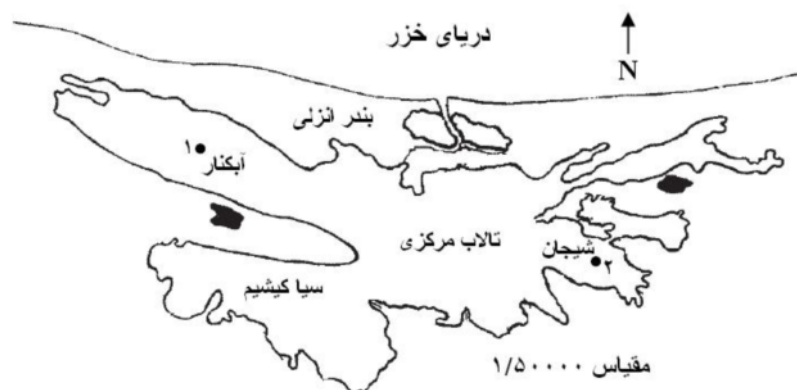
- در سال ۱۳۸۶، کرمی میزان غلظت فلزات سنگین (سرب، روی، مس و جیوه) را در اردک ماهی (*Esox lucius*) تالاب انزلی مورد مطالعه قرار داد.

مجاورت مستمر ماهیان تالاب انزلی با آب حاوی فلزات سنگین موجب تجمع این فلزات در اعضای بدن آنها شده است که با مصرف این ماهیان ممکن است علائم مسمومیت در جمعیت های انسانی به ویژه کودکان ظاهر شود. از آنجا که تاکنون هیچ گونه مطالعه ای بر روی بررسی میزان فلزات سنگین در اندام های سوف حاجی طرخان انجام نشده است، لذا در این مطالعه سعی شده است که وضعیت آلودگی آنها به فلزات سنگین مشخص شود.

در ایران مطالعات محدودی بر روی ماهی سوف حاجی طرخان انجام شده است. زیست سنجی و بررسی جمعیت ماهی سوف حاجی طرخان در بخش مرکزی تالاب انزلی (پورغلامی مقدم، ۱۳۷۶)؛ بررسی رژیم غذایی سوف حاجی طرخان تالاب امیرکلایه لاهیجان (نظامی و همکاران ۱۳۸۳)؛ بررسی میزان شیوع و شدت آلودگی های انگلی سوف حاجی طرخان در تالاب امیرکلایه لاهیجان (خارا و همکاران، ۱۳۸۴) از جمله این مطالعات است. هدف از انجام این مطالعه، بررسی میزان فلزات سنگین (مس، سرب، روی و جیوه) در بافت عضله و کبد ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) در فصل بهار سال ۱۳۸۷ در دو منطقه غرب و شرق تالاب انزلی بوده است.

مواد و روش کار

در این بررسی، میزان فلزات سنگین (مس، سرب، روی و جیوه) در بافت عضله و کبد ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) در فصل بهار سال ۱۳۸۷ در دو منطقه تالاب انزلی در بخش غربی (آبکنار) و شرقی تالاب (شیجان) مورد مطالعه قرار گرفت. تالاب انزلی و مناطق نمونه برداری در (شکل ۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت تالاب انزلی و ایستگاه های نمونه برداری (مکارمی و همکاران، ۱۳۸۵)

تالاب انزلی با مساحت ۲۱۸ کیلومتر مربع با عمق ۰/۵ تا ۲/۵ متر در جنوب غربی دریای خزر واقع شده است و بیشتر قسمت‌های آن پوشیده از گیاهان آبی غوطه ور، شناور و حاشیه ای می باشد و به وسیله ۱۱ رودخانه نسبتاً مهم آبدهی شده و با ۵ کانال خروجی به دریای خزر متصل می باشد (Nezami & Khodaparast, 1996).

روش صید به صورت اتفاقی و با استفاده از دام گوشگیر، پره و سالیک انجام شد. ماهیان صید شده بلافاصله منجمد گردیدند و به تهران منتقل شدند و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند. بعد از خارج کردن نمونه ها از حالت انجماد، ابتدا زیست سنجی و تعیین سن صورت گرفت. بدین روش که فلس ها پس از پاکسازی در زیر لوپ با بزرگنمایی ۵۰ مورد مطالعه قرار گرفته و حلقه های سالیانه آن شمارش گردید (Chugunova, 1959). سپس از میان نمونه های صید شده در هر منطقه، ۹ عدد ماهی (۱ تا ۲+ ساله) انتخاب و مورد آزمایش قرار گرفتند.

برای تعیین میزان فلزات سنگین ابتدا باید نمونه ها آماده سازی می شدند که برای آماده سازی نمونه بافت عضله و کبد، حدود ۲ تا ۳ گرم از هر نمونه داخل بشر قرار داده شد و به آنها ۴ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه گردید و سپس درون حمام آب با دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت قرار داده شد. بعد از سرد شدن با آب مقطر به حجم مشخص رسانده که در نتیجه برای اندازه گیری فلزات مس، سرب و روی آماده شدند و برای اندازه گیری فلز جیوه حدود ۲ تا ۳ گرم نمونه را در ظروف تفلونی قرار داده و به آن ۴۵ میلی گرم V_2O_5 و ۵ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه گردید و سپس به مدت ۳ ساعت درون حمام آب قرار داده شد. پس از سرد شدن، ۰/۵ میلی لیتر $SnCl_2$ به آن اضافه گردید و پس از به حجم رساندن نمونه ها، اندازه گیری صورت پذیرفت (MOOPAM, 1999). برای اندازه گیری عناصر مس، سرب و روی از دستگاه جذب اتمی با شعله مدل GBC آوانته و برای سنجش جیوه از دستگاه جذب اتمی با تکنیک تولید بخار سرد مدل ۴۰۰A ساخت کشور انگلستان از شرکت BUCK Scientific Inc استفاده گردید.

همه حلال ها با بالاترین درجه خلوص که از شرکت مرک تهیه شدند، آب مقطر بدون یون، ظروف تفلونی در دار کوچک، هیتر و آون جهت هضم نمونه استفاده شد. به منظور تهیه محلول های استاندارد از آمپول های تیترازول، ترکیبات عناصر فوق با درجه خلوص بالا از کارخانه مرک آلمان استفاده شد که محلول های استاندارد مصرفی از استاندارد مادر با غلظت ۱۰۰۰ ppm تهیه گردید (کلیه وسایل و ظروف استفاده شده به وسیله اسید نیتریک ۱۰ درصد شستشو داده شدند).

کلیه آنالیزهای آزمایشگاهی با سه تکرار انجام شد و تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار Spss v.15 انجام گرفت. همگن بودن واریانس به وسیله آزمون Levene تأیید شد و برای مقایسه کلی داده ها از Independent-Sample T-Test استفاده گردید.

نتایج

نتایج زیست سنجی مربوط به نمونه های مورد مطالعه به تفکیک مناطق نمونه برداری در جدول (۱) ارائه گردید.

جدول ۱- نتایج طول و وزن ماهیان سوف حاجی طرخان در منطقه های نمونه برداری (میانگین \pm انحراف معیار) (بهار ۱۳۸۷)

| شاخص | آبکنار | شیجان |
|------------------------|------------------|------------------|
| طول کل (سانتی متر) | $17/01 \pm 2/68$ | $15/93 \pm 1/34$ |
| طول چنگالی (سانتی متر) | $15/42 \pm 2/73$ | $14/56 \pm 1/47$ |
| وزن (گرم) | $57/24 \pm 2/36$ | $55/32 \pm 2/15$ |

میزان غلظت فلزات سنگین در بافت های عضله و کبد ماهی سوف حاجی طرخان در منطقه آبکنار و شیجان در جدول های (۲ و ۳) ارائه گردیده است.

جدول ۲- میانگین میزان فلزات سنگین مورد سنجش به میکروگرم بر گرم وزن تر در بافت های عضله و کبد ماهی سوف حاجی طرخان در منطقه آبکنار (میانگین \pm انحراف معیار) (بهار ۱۳۸۷)

| Hg (ppm) | Zn (ppm) | Pb (ppm) | Cu (ppm) | فلز بافت |
|-------------------|------------------|-----------------|------------------|----------|
| 0.013 ± 0.002 | $6/84 \pm 0/38$ | $0/68 \pm 0/21$ | $1/74 \pm 0/01$ | عضله |
| 0.024 ± 0.003 | $25/27 \pm 0/82$ | $1/82 \pm 0/07$ | $10/43 \pm 0/63$ | کبد |

با توجه به نتایج به دست آمده، مشخص گردید که میزان فلزات مس، سرب و روی در بافت عضله نمونه های منطقه آبکنار به ترتیب (۱/۷۴، ۰/۶۸ و ۶/۸۴ میکروگرم بر گرم وزن تر) از نمونه های منطقه شیجان (۱/۲۳، ۰/۴۳ و ۵/۳۲ میکروگرم بر گرم وزن تر) بیشتر است. غلظت فلزات مس، سرب و روی در بافت کبد نمونه های منطقه آبکنار نیز به ترتیب (۱۰/۴۳، ۱/۸۲ و ۲۵/۲۷ میکروگرم بر گرم وزن تر) از نمونه های منطقه شیجان (۸/۷۲، ۱/۲۴ و ۲۱/۳۶ میکروگرم بر گرم وزن تر) بیشتر است. در مقایسه بین غلظت فلزات مورد مطالعه در دو بافت عضله و کبد مشاهده گردید که در تمامی نمونه ها غلظت این فلزات در بافت کبد بیشتر از بافت عضله می باشد.

جدول ۳- غلظت فلزات سنگین به میکروگرم بر گرم وزن تر در بافت های عضله و کبد ماهی سوف حاجی طرخان در منطقه شیجان (میانگین \pm انحراف معیار) (بهار ۱۳۸۷)

| Hg (ppm) | Zn (ppm) | Pb (ppm) | Cu (ppm) | فلز بافت |
|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------|
| 0.024 ± 0.003 | $5/32 \pm 0/13$ | $0/43 \pm 0/01$ | $1/23 \pm 0/02$ | عضله |
| 0.031 ± 0.004 | $21/36 \pm 0/37$ | $1/24 \pm 0/04$ | $8/72 \pm 0/51$ | کبد |

نتایج غلظت فلز جیوه نشان داد که غلظت این فلز در بافت عضله و کبد نمونه های منطقه شیجان به ترتیب (۰/۰۲۴ و ۰/۰۳۱ میکروگرم بر گرم وزن تر) از نمونه های منطقه آبکنار (۰/۰۱۳ و ۰/۰۲۴ میکروگرم بر گرم وزن تر) بیشتر است.

بحث و نتیجه گیری

از بین فلزات سنگین مورد بررسی در این پژوهش، سرب و جیوه صرفاً سمی بوده و روی و مس جزو عناصر ضروری محسوب می گردد که در غلظت های معینی می توانند خواص سمی از خود بروز دهند (Anderson & Morel, 1978). جیوه و سرب از آلاینده های مهم محیط آبی می باشند (Rehulka, 2002). ثبات، پایداری و همچنین تجمع زیستی عناصر سنگین در بدن موجودات زنده و انتقال آن به حلقه های بعد زنجیره غذایی سبب گردید تا مطالعه الگوهای مختلف تجمع و پراکنش این فلزات در بافت های خوراکی و غیر خوراکی آبزیان از دیدگاههای مختلف، به خصوص سلامت غذایی مصرف کننده حایز اهمیت باشد (Amini Ranjbar, 1994; Sadeghi, 1997; Pourang & Dennis, 2005).

نتایج به دست آمده مشخص نمود که مقادیر فلزات مس و روی در نمونه های منطقه آبکنار بطور معنی داری با منطقه شیجان متفاوت بود ($P < 0.05$) ولی بین میزان فلزات سرب و جیوه نمونه های منطقه آبکنار با شیجان اختلاف معنی

داری وجود نداشت ($P > 0.05$). نتایج حاصل از آنالیز نمونه های بافت عضله و کبد ماهی سوف حاجی طرخان بیانگر آن است که غلظت فلز مس در منطقه آبکنار بیشتر از منطقه شیجان است. بیشترین غلظت فلز مس در نمونه های مورد مطالعه در بافت کبد نمونه های منطقه آبکنار می باشد. طبق تحقیقات انجام گرفته، مس در کبد ذخیره می شود (Kuoreshima, 1992; Olsson, 1998). تحقیقات Wagemann & Muir نشان می دهد غلظت فلزات روی و مس در بافت های یکسان از گونه های متفاوت می توانند تغییرات زیادی داشته باشند (Wagemann & Muir, 1984). مسمومیت با مس سبب آسیب به سیستم عصبی، سیستم تنفسی، فعالیت کبد و سیستم ایمنی ماهیان می شود. این فلز بر مراحل مختلف زندگی ماهیان نیز تأثیر مخرب دارد، اما تأثیر آن بر مولدین و تخم های جنین دار شدیدتر است (Reid & McDonald, 1988).

حد مجاز فلز مس در گوشت ماهیان مورد مصرف انسان ۱۰ ppm (NSW, 2001) می باشد که با توجه به این مقدار، تنها نمونه کبد ماهیان سوف حاجی طرخان منطقه آبکنار، بالاتر از این حد می باشد که مصرف آن می تواند برای سلامتی مصرف کننده خطرناکی را داشته باشد که عموماً کبد ماهی هم مصرف خوراکی ندارد. در تحقیقی که توسط Usero و همکاران در سال ۲۰۰۳ روی سه گونه صید شده از سواحل جنوبی دریای آتلانتیک انجام شد، مشخص گردید که غلظت برخی فلزات در عضله کمتر از حد استاندارد تعیین شده جهت مصرف انسانی بود اما در کبد بالای حد مجاز بود (Usero et al., 2003). علت تفاوت غلظت در این دو اندام، تفاوت عملکرد فیزیولوژیک این دو بافت است (Henry et al., 2004).

بیشترین میزان غلظت فلز سرب در بافت کبد ماهیهای سوف منطقه آبکنار مشاهده گردیده است. حداکثر غلظت مجاز این فلز (MPC)، بر اساس استاندارد NSW، ۰/۵ ppm وزن تر می باشد که با مقایسه نتایج، میزان این فلز در بافت عضله و کبد نمونه های آبکنار و کبد نمونه های شیجان بیشتر از حد مجاز می باشد. میزان سرب در کبد نمونه های مورد مطالعه حدوداً ۳ برابر میزان آن در عضله بود که وضعیت مشابهی در سایر گونه ها تا حدود ۴ برابر (Ray, 1978) (*Salmo salar*) و حتی تا ۱۱ برابر (*Anarhichas minor*) (Bollingberg & Johanson, 1979) نیز گزارش گردیده است.

بیشترین غلظت روی مربوط به کبد نمونه های منطقه آبکنار است. حداکثر غلظت مجاز این فلز بر اساس استاندارد NSW، ۴۰ ppm است که در نمونه های مورد آزمایش با اختلاف زیاد، کمتر از این مقدار می باشد. میزان روی در کبد نمونه های مورد مطالعه، حدوداً ۴ برابر میزان آن در عضله ماهی می باشد که در کبد ماهی کفال (*Liza aurata*) سواحل جنوبی دریای خزر حدود ۸ برابر میزان آن در عضله گزارش شده است (فاضلی و همکاران، ۱۳۸۴). بیشترین غلظت در بین فلزات سنگین مورد مطالعه، در هر دو منطقه نمونه برداری مربوط به فلز روی می باشد چون از آنجا که عنصر روی نسبت به سایر عناصر در پوسته زمین بیشتر است و از حلالیت بالاتری برخوردار می باشد (Forstner & Wittman, 1979).

همچنین غلظت فلز جیوه در هر دو بافت عضله و کبد نمونه های منطقه شیجان از نمونه های منطقه آبکنار بیشتر است. از آنجایی که سطوح مختلف جذب یک فلز منعکس کننده تفاوت در رژیم غذایی است و مطالعات زیادی ارتباط سطوح فلزات در ماهیان و مکان های تغذیه را ثابت کرده است (Mathis & Cummings, 1973; Murphy, 1982; Badsha & Goldspink, 1978) می توان تفاوت در نتایج دست آمده در دو ناحیه را به آن نسبت داد. غلظت جیوه در تمام نمونه های مورد آزمایش کمتر از بیشترین حد مجاز بود. بیشترین حد مجاز برای جیوه بر اساس استاندارد NSW، ۱ ppm و بر اساس استاندارد FAO (Burger & Gochfeld, 2006)، ۰/۵ ppm گزارش گردیده است.

مقایسه غلظت فلزات روی و مس در عضله با حد مجاز تعیین شده توسط FAO (Zn:۵۰ و Cu:۱۰ میکروگرم بر گرم) (Burger & Gochfeld, 2006) مشخص گردید که غلظت فلزات در عضله پایین تر از حد مجاز می باشد. جدول ۴، مقایسه حداکثر غلظت های مجاز فلزات سنگین مس، سرب، روی و جیوه در غذاهای دریایی جهت مصرف انسانی و مقادیر به دست آمده در این تحقیق را نشان می دهد. همانطوری که ملاحظه می شود در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی WHO مقادیر به دست آمده بسیار پائین تر از حد مجاز می باشد.

جدول ۴- مقایسه حداکثر غلظت های مجاز ($\mu\text{g/g}$ وزن تر) مس، سرب، روی و جیوه در غذاهای دریایی جهت مصرف انسانی با میانگین های به دست آمده ماهی سوف حاجی طرخان تالاب انزلی ($\mu\text{g/g}$ وزن تر)

| منابع | Hg | Pb | Cu | Zn | استانداردها |
|---|-------|------|------|------|------------------------------|
| WHO, 1991; Madany <i>et al.</i> , 1996 | ۰/۵ | --- | ۱۰ | ۱۰۰۰ | WHO ¹ |
| Maher, 1986 | --- | ۱/۵ | ۱۰ | ۱۵۰ | NHMRC ² |
| Anon, 1993; Collings <i>et al.</i> , 1996 | --- | ۲ | ۲۰ | ۵۰ | MAFF ³ (انگلستان) |
| Burger & Gochfeld, 2006 | ۰/۵ | --- | ۱۰ | ۵۰ | FAO ⁴ |
| NSW, 2001 | ۱ | ۰/۵ | ۱۰ | ۴۰ | NSW |
| تحقیق حاضر | ۰/۰۱۸ | ۰/۵۵ | ۱/۴۸ | ۶/۰۸ | <i>Perca fluviatilis</i> |

1. World Health Organization
2. Australian National Health and Medical Research Council
3. Ministry of Agriculture Fisheries and Food
4. Food and Agriculture Organization

بررسی نتایج نشان داد که تجمع فلزات در بافتهای عضله و کبد هر دو منطقه مورد بررسی، به صورت $\text{Hg} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Zn}$ می باشد (Popova, 1999) و تجمع این فلزات در بافت کبد بیشتر از بافت عضله است (Mackay, 1975). اغلب تحقیقات انجام شده در این راستا در دیگر نقاط جهان نیز این روند جذب و تجمع را تأیید می کنند و بیشترین میزان تجمع را در کبد تعیین کرده اند (Dixon *et al.*, 1996; Laimanso *et al.*, 1999). علت بالا بودن غلظت در کبد، انباشت فلزات به صورت متالوتیونین بیان شد (Romeo *et al.*, 1999). در این مطالعات پژوهشگران بدین نکته اشاره نمودند که کبد اندام ذخیره سازی و سم زدایی این فلزات می باشد (Carpene & Vasak, 1989; Kargin & Erdem, 1991). جدول ۵، میزان غلظت چند فلز سنگین را در آبزیان تالاب انزلی نشان می دهد.

جدول ۵- میزان غلظت چند فلز سنگین در آبزیان تالاب انزلی

| منبع | Hg | Zn | Pb | گونه |
|-----------------|-------|-------|------|------------------------------------|
| صادقی راد، ۱۳۷۵ | ۰/۳ | ۱۹ | ۱/۱۳ | <i>Carassius auratus</i> |
| صادقی راد، ۱۳۷۵ | ۰/۲۹ | ۱۷/۵ | ۱/۱۰ | <i>Cyprinus carpio</i> |
| صادقی راد، ۱۳۷۵ | ۰/۲ | ۹ | ۰/۹۸ | <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> |
| صادقی راد، ۱۳۷۵ | ۰/۳۸ | ۲۰/۰۸ | ۰/۷۵ | <i>Esox lucius</i> |
| کریمی، ۱۳۸۶ | ۰/۰۳۷ | ۶/۸۹ | ۰/۹ | <i>Esox lucius</i> |
| تحقیق حاضر | ۰/۰۱۸ | ۶/۰۸ | ۰/۵۵ | <i>Perca fluviatilis</i> (متوسط) |

تجمع فلزات سنگین در ماهی سوف حاجی طرخان در مقایسه با سایر ماهیان شکارچی این تالاب از جمله اردک ماهی به مراتب کمتر است. به رغم اینکه هر دو ماهی فوق الذکر شکارگر هستند، اما از آنجا که بیشینه طول و وزن سوف حاجی طرخان به ترتیب ۵۱۰ میلی متر و ۴/۷۵ کیلوگرم گزارش شده است (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷) در حالی که در مورد اردک ماهی به یک متر و ۸ کیلوگرم می رسد، کم بودن غلظت فلزات سنگین در سوف حاجی طرخان نسبت به اردک ماهی قابل تفسیر است (خارا و همکاران، ۱۳۸۴). کوچکتر بودن اندازه سوف حاجی طرخان (که به آن اصطلاحاً بچه سوف نیز می گویند) نسبت به اردک ماهی باعث می شود که این ماهی قادر به تغذیه از ماهیانی مثل کپور ماهیان نباشد (خارا و همکاران، ۱۳۸۴). لازم به توضیح است که سوف حاجی طرخان از جانوران بسیار ریز آبی از جمله کرم ها، سخت پوستان ریز، لارو حشرات و تخم ماهیان دیگر یا نوزاد آنها تغذیه می کند (نظامی و همکاران، ۱۳۸۳).

نتایج تحقیقات نشان می دهد که روی با سرعت خیلی بیشتری نسبت به جیوه در ماهیان آب شیرین جذب می شود و چنین تفاوت هایی از نظر میزان جذب، بین فلزات مختلف نیز ممکن است وجود داشته باشد (Heath, 1987).

مطالعات آزمایشگاهی و میدانی نشان می دهند که تجمع فلزات سنگین در بافت ها به طور اساسی تابع عادات غذایی گونه (Rask & Metsala, 1991; Lockhart et al., 2005)، مدت زمان قرار گرفتن در معرض فلزات (Roesijadi & Robinson, 1994; Kalay & Canli, 2000)، میزان و نوع مواد آلی در آب و pH (Porvari, 1998)، دمای آب (Roesijadi & Robinson, 1994)، سن و وزن (Rehulka, 2002) می باشد. فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می کنند. این نکته، علت تجمع بیشتر فلزات در بافت هایی نظیر کبد، کلیه و آبشش ها را در مقایسه با بافت ماهیچه (با فعالیت متابولیک پایین) تفسیر می نماید (Filazi et al., 2003). با توجه به نتایج موجود در این بررسی، بافت عضله به عنوان اصلی ترین بخش خوراکی ماهی، دارای کمترین میزان تجمع فلزات سنگین می باشد. این نتیجه گیری، یعنی حداقل میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در عضله آبزیان، توسط دیگر محققان نیز نشان داده شده است (Ray, 1978; Van den Broek, 1979; Wlicker & Gantt, 1994; Laimanso et al, 1999). جدول های (۶ و ۷)، غلظت فلزات سنگین را در چند گونه از ماهیان آب شیرین نشان می دهند.

جدول ۶- میزان غلظت فلزات سنگین در چند گونه از ماهیان آب شیرین

| منبع | Cu (ppm) | Pb(ppm) | Zn (ppm) | نام گونه |
|---------------|----------|---------|----------|----------------------------------|
| Rehulka, 2002 | ۰/۳۶ | < ۰/۱۰ | ۳/۱۶ | <i>Oncorhynchus mykiss</i> |
| Rehulka, 2002 | ۰/۳۰ | < ۰/۱۰ | ۱۲/۳۵ | <i>Rutilus rutilus</i> |
| Rehulka, 2002 | ۰/۳۱ | < ۰/۱۰ | ۸/۱۵ | <i>Tinca tinca</i> |
| Rehulka, 2002 | ۰/۲۵ | < ۰/۱۰ | ۴/۲۱ | <i>Abramis brama</i> |
| Rehulka, 2002 | ۰/۵۵ | < ۰/۱۰ | ۱۱/۲۷ | <i>Carassius carassius</i> |
| Rehulka, 2002 | ۰/۵۴ | < ۰/۱۰ | ۴/۹۹ | <i>Leuciscus cephalus</i> |
| Rehulka, 2002 | ۰/۳۸ | < ۰/۱۰ | ۳/۶۸ | <i>Salmo trutta</i> |
| Rehulka, 2002 | ۰/۲۲ | < ۰/۱۰ | ۶/۰۶ | <i>Perca fluviatilis</i> |
| تحقیق حاضر | ۱/۴۸ | ۰/۵۵ | ۶/۰۸ | <i>Perca fluviatilis</i> (متوسط) |

جدول ۷- میزان غلظت جیوه در چند گونه از ماهیان آب شیرین

| منبع | غلظت جیوه (mgL^{-1}) | نام گونه |
|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Rask & Metsala, 1991 | ۰/۱۵ | <i>Esox lucius</i> |
| Porvari, 1998 | ۰/۴ | <i>Esox lucius</i> |
| Porvari, 1998 | ۰/۲ | <i>Perca fluviatilis</i> |
| Rehulka, 2002 | ۱/۱ | <i>Esox lucius</i> |
| Lockhart et al., 2005 | ۰/۴ | <i>Stizostedion vitreum</i> |
| Lockhart et al., 2005 | ۰/۳ | <i>Salvelinus namaycush</i> |
| Lockhart et al., 2005 | ۰/۴ | <i>Esox lucius</i> |
| تحقیق حاضر | ۰/۰۱۸ | <i>Perca fluviatilis</i> (متوسط) |

نتایج به دست آمده، بیانگر سالم بودن نسبی ماهی سوف حاجی طرخان و عدم آلودگی شدید این ماهی به عناصر سرب، مس، روی و جیوه می باشد به ویژه که حداقل میزان جذب و تجمع این عناصر در عضله ماهی یعنی عضو مصرفی در تغذیه مردم صورت می گیرد. امید است با بررسی های بیشتر بر روی سایر آبزیان تالاب انزلی، بتوان برآورد دقیقی از میزان فلزات سنگین موجود در منطقه جهت استفاده بهینه از آبزیان داشت و نیز راهکارهایی برای جلوگیری از افزایش آلودگی این اکوسیستم ارائه نمود.

تشکر و قدردانی

نهایت تشکر و سپاس خود را از همکاریهای صمیمانه مدیریت محترم پژوهشکده آبی پروری آب های داخلی، جناب آقای دکتر شهرام عبدالملکی و کارشناس ارزنده جناب آقای مهندس رضا نهرور به دلیل مساعدت های ایشان در تهیه نمونه ها و تعیین سن آنها، اعلام می نمایم. همچنین از مسئولین محترم آزمایشگاه دکتر صمیمی دانشکده شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، سرکار خانم مهندس فراهانی و سرکار خانم مهندس پورمند و کارشناس محترم سازمان انرژی اتمی جناب آقای مهندس افلاکی تشکر و قدردانی می گردد.

فهرست منابع

- امینی رنجبر، غلامرضا. ۱۳۷۳. بررسی میزان تجمع فلزات سنگین (Zn, Cd, Pb, Ni, Cu) در رسوبات سطحی تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران، ۳: ۲۶-۵.
- بابایی سیاهگل، هادی. ۱۳۸۰. بررسی آلودگی فلزات سنگین در آب رودخانه های غرب گیلان (شفارود، گرگان رود، حویق). گزارش نهایی پروژه، مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان. رشت. ایران.
- بابایی سیاهگل، هادی. ۱۳۸۳. بررسی جذب فلزات سنگین در صدفهای آنادونت (*Anodonta cygnea*) تالاب بین المللی انزلی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی. ایران.
- پایدار، مریم. ۱۳۸۰. تأثیر آلودگی عناصر سنگین در تالاب انزلی بر عضله و پوست شاه میگوی (*Astacus leptodactylus*). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.
- پورغلامی مقدم، ا. ۱۳۷۶. زیست سنجی و بررسی جمعیت ماهی سوف حاجی طرخان در بخش مرکزی تالاب انزلی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی. ایران.

- جلالی، بهیار. ۱۳۷۲. دستورالعمل استفاده از دارو و سموم در مزارع پرورش ماهی (نمک و سولفات مس). مجله آبی پرور. فصلنامه معاونت تکثیر و پرورش آبزیان شیلات ایران. ۲: ۴۸-۵۰.
- خارا، حسین.؛ نظامی، شعبانعلی؛ ستاری، مسعود.؛ موسوی، ع.؛ موسی پور، م.؛ حاجی پور، ع. ۱۳۸۴. بررسی میزان شیوع و شدت آلودگی های انگلی ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) در تالاب امیرکلاهی لاهیجان. پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، ۶۷: ۱۰۳-۹۲.
- خوشخو، ژاله. ۱۳۸۴. تعیین ارزش غذایی و بررسی میزان فلزات سنگین (مس، سرب، روی، کادمیوم و جیوه) در بافت نرم دوکفه ای (*Anodonta cygnea*) در تالاب انزلی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی. ایران.
- رضوی شیرازی، حسن. ۱۳۸۶. تکنولوژی فرآورده های دریایی، اصول نگهداری و عمل آوری (۱). انتشارات پارس نگار. تهران، ایران.
- ستاری، مسعود.؛ شاهسونی، داور. و شفیعی، شهنام. ۱۳۸۲. ماهی شناسی (۲) سیستماتیک. انتشارات حق شناس. رشت، ایران.
- صادقی راد، مرجان. ۱۳۷۵. بررسی و تعیین میزان فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب، روی و کبالت) در چند گونه از ماهیان خوراکی تالاب انزلی (کیور، اردک ماهی، کاراس، فیتوفاگ). مجله علمی شیلات ایران، ۴: ۱۴-۲.
- عباسی، کیوان؛ ولی پور، ع؛ طالبی، د؛ سرپناه، علینقی. و نظامی، شعبانعلی. ۱۳۷۸. اطلس ماهیان رودخانه سفید رود و تالاب انزلی، مرکز تحقیقات شیلاتی گیلان. رشت، ایران.
- عبدلی، اصغر. و نادری، مهدی. ۱۳۸۷. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات علمی آبزیان. تهران، ایران.
- فاضلی، محمد شریف؛ ابطحی، بهروز. و صباغ کاشانی، آذر. ۱۳۸۴. سنجش تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافت های ماهی کفال (*Liza aurata*) سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۱۴: ۶۵-۷۸.
- کازانچف، ان. ۱۹۸۱. ماهیان دریای خزر و حوضه آبریز آن. ترجمه: شریعتی، ابوالقاسم. ۱۳۷۱. شرکت سهامی شیلات گیلان. بندرانزلی، ایران.
- کرمی، بابک. ۱۳۸۶. تعیین ارزش غذایی و بررسی میزان فلزات سنگین (مس، سرب، روی و جیوه) در بافت عضله، تخمدان و کبد اردک ماهی (*Esox lucius*) در تالاب انزلی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی. ایران.
- کریمپور، م. ۱۳۷۷. ماهیان تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران، ۷: ۸۳-۹۴.
- نظامی، شعبانعلی و خارا، حسین. ۱۳۸۲. بررسی ترکیب گونه ای و فراوانی ماهیان تالاب امیرکلاهی لاهیجان. مجله علمی شیلات ایران، ۱۲: ۱۹۳-۲۰۶.
- نظامی، شعبانعلی؛ خارا، حسین و پاوند، پریسا. ۱۳۸۳. بررسی رژیم غذایی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) تالاب امیرکلاهی لاهیجان. مجله علمی شیلات ایران، ۱۳: ۲۲۰-۲۰۱.
- Amini Ranjbar, G. 1994. Mercury bioaccumulation in muscle tissue of *carcarinus dussumieri*. Iranian Scientific Fisheries Journal, 2: 47-56.
- Anderson, D.M. & Morel, F.M. 1978. Copper sensitivity of *Gonyaulax tamarensis*. Limnol. Oceanogr, 23: 283-295.
- Anon, J. 1993. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of waste at the sea.

- Aquatic environment monitoring report. No. 36, Ministry of Agriculture, Fisheries & Food, Lowestoft, 78 pp.
- Badsha, K.S. & Goldspink, C.R. 1982. Preliminary observation on the heavy metal content of species of freshwater fish in NW England. *Journal of Fish Biology*, 21: 251-267.
- Bollingberg, H.J. & Johanson, P. 1979. Lead in Spotted Wolffish, *Anarhichas minor*, near mine in Greenland. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36: 1023-1028.
- Burger, J. & Gochfeld, M. 2006. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environmental Research*. 5: 82-92.
- Chugunova, N.I., 1959. Age and growth studies in fish. Translated by, D. Yasski. 1963. Washington D.C., National Science Foundation. USA.
- Carpene, E. & Vasak, M. 1989. Hepatic Metallothionein from Goldfish (*Carassius auratus*). *Comp Biochem Physiol.*, 92: 8-463.
- Collings, S.E.; Johnson, M.S. & Leach, R.T. 1996. Metal contamination of Angler-caughtfish from the Mersey estuary. *Marine environmental research*, 41(3): 281-297.
- Craig, J.F. 2000. Percid fishes. systematic, ecology and exploitation.
- Dixon, H.; Gil, A.; Gubala, C.; Lasorsa, B.; Crecelius, E. & Curtis, L.R. 1996. Heavy metal accumulation in sediment and freshwater fish in U.S. Arctic Lakes. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16(4): 726- 733.
- Falandysz, J. 1992. Metale w mięśniach i wątrobie okoni *Perca fluviatilis* z Zatoki Gdańskie (Metals content in the muscular tissue and liver of perch *Perca fluviatilis* from the Gulf of Gdańsk). *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XXV, 333–335 (in Polish, with English abstract).
- Filazi, A.; Baskaya, R. & Kum, C. 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. *Human & Experimental Toxicology*. www.hetjournal.com. 22: 85-87.
- Fiogbe, E.D. & Kestemont, P. 2003. Optimum daily ration for Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared at its optimum growing temperature. *Aquaculture*, 216: 243–252.
- Fontaine, P., Tamazouzt, L. & Capdeville, B. 1996. Growth of the Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) reared in floating cages and in water recirculation system: first results. *J. Appl. Ichthyol.*, 12: 181–184.
- Forstner, U. & Wittman, G.T.W. 1979. *Metal pollution in the aquatic Environment*, Springer Verlag, N.Y.
- Gajewska, R., & Nabrzyski, M. 1977. Zawartość rtęci, kadmu i ołowiu w rybach morskich i śródlądowych. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 38: 215–224.
- Heath, A.G. 1987. *Water pollution and fish physiology*. CRC.Press. Boston, USA. .
- 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.
- Kalay, M. & Canli, M. 2000. Elimination of essential (Cu, Zn) and non- essential (Cd,Pb) metals from tissues of a freshwater fish *Tilapia zillii* following an uptake protocol. *Tr. J. Zoology*, 24: 429-436.

- Karas, P., 1990. Seasonal changes in growth and standard metabolic rate of juvenile perch, *Perca fluviatilis* L. *J. Fish. Biol.* 3: 913-920.
- Kargin, F. & Erdem, C. 1991. Accumulation of copper in liver, spleen, stomach, intestine, gill and muscle of *Cyprinus carpio*. *Doga, Turk J. Zoolog.*, 15: 14-306.
- Kestemont, P., Vandeloise, E., Méléard, C., Fontaine, P. & Brown, P.B. 2001. Growth and nutritional status of Eurasian perch *Perca fluviatilis* fed graded levels of dietary lipids with or without added ethoxyquin. *Aquaculture*, 203: 85-99.
- Kuoreshima, R. 1992. Cadmium accumulation in the mummichog (*Fundulus heteroclitus*) adapted to various salinities. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 49: 680-685.
- Laimanso, R. Cheung, Y. & Chan, K.M. 1999. Metal concentrations in the tissues of Rabbitfish (*Siganus oramin*) collected from Tolo Harbour and Victoria Harbour in Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, 39: 234-230.
- Lewis, A. 2002. Fish tissue quality in near coastal areas of the Gulf of Mexico receiving point source discharges. *Sci. Total Environ.* 284:249-261.
- Lockhart, W.L.; Stern, G.A. & Handzel, M. 2005. A history of total mercury in edible muscle of fish from lakes in northern Canada. *Science of the Total Environment*, 351: 427-463.
- Mackay N.J. 1975. Selenium and heavy metals in black marlin. *Marine pollution Bulletin*, 6: 57-60.
- Madany, C.M.; Wahab, A.A.A. & Al-Alawi, Z. 1996. Trace metals concentrations in marine organisms from the coastal areas of Bahrain, Arabian Gulf. *Water, Air & Soil Pollution*, 91: 233-248.
- Maher, W.A. 1986. Trace metals concentrations in marine organisms from St. Vincent Gulf, South Australia. *Water, Air & Soil Pollution*, 29: 77-84.
- Mairesse, G.; Thomas, M.; Gardeur, J-N. & Brun-Bellut, J. 2006. Effects of geographic source, rearing system, and season on the nutritional quality of wild and farmed *Perca fluviatilis*. *Lipids*, 41: 221-229.
- Mairesse, G., Thomas, M., Gardeur, J-N., & Brun-Bellut, J. 2007. Effects of dietary factors, stocking biomass and domestication on the nutritional and technological quality of the Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture*, 262: 86-94.
- Mathis, B.J. & Cummings, T.F. 1973. Selected metals in sediment, water and biota in the Illinois River. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 45: 1573-1583.
- MOOPAM, 1999. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods. Third Edition. Regional Organization for the Protection of the Marine Environment. Kuwait.
- Murphy, B.R.; Atchison, G.J. & McIntosh, A.W. 1978. Cadmium and zinc content of fish frogman in doctrinally contaminated lake. *Journal of Fish Biology*, 13: 327-335.
- Nezami, S., & Khodaparast, H. 1996. Survey on Organic matter accumulation in the Anzali Lagoon. *Iranian Fisheries Scientific Journal*, 5(2): 1-10.
- NSW. 2001. Metal contamination of major NSW Fish Species available for human consumption. Better Health center-publications Warehouse. Australia.

- Olsson, P.E. 1998. Disorders associated with heavy metal pollution. In: Fish diseases and disorders. (Vol 2). Non infectious disorders. Leather land J.F; Woo P.T.K. (eds). CAB International Publishing. Oxford, England.
- Orban, E.; Navigato, T.; Masci, M.; Di Lena, G.; Casini, I.; Caproni, R.; Gambelli, L.; De Angelis, P. & Rampacci, M. 2007. Nutritional quality and safety of European perch (*Perca fluviatilis*) from three lakes of Central Italy. *Food Chemistry*, 100: 482–490.
- Popova, P.A. 1999. Heavy metals content in the fish of the Obrever. *Science of the Total Environment*.
- Porvari, P. 1998. Development of fish mercury concentrations in finfish reservoirs from 1979 to 1994. *The scientific of the total Environment*, 213: 279-290.
- Pourang, N. & Dennis. H. 2005. Distribution of trace element in tissues of two shrimp species from the Persian Gulf and roles of metallothionein. In redistribution. *Environmental International*, 31:325-341.
- Psuty, I., & Garbacik-Weso_Owska, A. 1998. Species composition and fish distribution in the Pomeranian bay and Szczecin lagoon. *Bulletin of Sea Fishery Institute*, 3: 3–20.
- Rask, M. & Metsala, T.R. 1991. Mercury concentrations in northern pike, *Esox lucius* L. , in small lakes of Evo areas, southern Finland.
- Ray, S. 1978. Bioaccumulation of lead in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 19: 631-636.
- Reid, S.D. & McDonald, D.G. 1988. Effects of cadmium, copper and low pH on Ion fluxes in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45: 244- 253.
- Rehulka, J. 2002. Content of inorganic and organic pollutants in the fish from the Slezska Harta reservoir. *Czech J. Anim Science*, 1:30-44.
- Romeo, M.; Siau, Y. Sidoumou, Z. & Gnassia-Braelli, M. 1999. Heavy metal distribution in different fish from the Mauritania coast. *The Science of the Total Environment*, 232: 169-175.
- Rooesijadi, G. & Robinson, W.E. 1994. Metal regulation in aquatic animals: mechanism of uptake accumulation and release. In :(eds. D.C. Manils and G.K. Ostrander), *Aquatic Toxicology (Molecular, Biochemical and Cellular Perspectives)*. Lewis Publishers, London. UK.
- Sadeghi, M. 1997. Heavy Metal Concentrations in Edible Fishes from Anzali Wetland, *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 4:1- 16.
- Spanovskaja, W. D. 1983. Smiejstvo Okunievyie (Percidae). In T. S. Rass (Ed.), *Zhizn' Zhivotnyh—Lancetniki-Krug_orotnyie— Chrashchebyie Ryby—Kostnyie Ryby (The life of animals—Fish) vol. 4. (Izdatelstvo,Moscow): Prosveshchenie (in Russian)*.
- Szefer, P. 2002. Metals, metalloids and radionuclide in the Baltic Sea ecosystem. Elsevier Science. Amsterdam.
- Szefer, P.; Wieloszewska, D.; Warzocha, J.; Garbacik, O. & Ciesielski, T. 2003. Distribution and relationships of mercury, lead, cadmium, copper and zinc in perch (*Perca fluviatilis*) from the Pomeranian Bay and Szczecin Lagoon, southern Baltic. *Food Chemistry*, 81: 73-83.

- Usero, J.; Izquierdo, C.; Morillo, J. & Gracia, I. 2003. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris* , *Anguila anguila* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. *Environment International*, 29: 949-956.
- Van den Broek, W.L.F. 1979. Seasonal levels of chlorinated hydrocarbons and heavy metals in fish and brown shrimps from the Medway Estuary, Kent. *Environmental pollution*, 19: 2138 P.
- Vlavourou, R.S.; Masson, G. & Moreau, J.C. 1999. Growth of *Perca fluviatilis* larvae fed with *Artemia* spp. Nauplii and the effects of initial starvation. *J. Appl. Ichthyol.*, 15: 29– 33.
- Wagemann, R. & Muir, D.C.G. 1984. Concentration of heavy metals and organochlorines in marine mammals of northern waters overview and evaluation. *Can. Tech. Rep. Fish. Aq. Sci.*, No 1279.
- Wang, N. & Eckmann, R. 1994. Distribution of perch (*Perca fluviatilis*) during their first year of life in Lake Constance. *Hydrobiologia*, 277: 135–143.
- Wang, N. & Appenzeller, A. 1998. Abundance, depth distribution, diet composition and growth of perch (*Perca fluviatilis*) and burbot (*Lota lota*) larvae and juveniles in the pelagic zone of Lake Constance. *Ecol. Freshw. Fish*, 7: 176–183.
- WHO, 1991. Safety; International Programme on Chemical Environmental Health Criteria 118 for Inorganic Mercury. Geneva.
- Wlicker, A.M. & Gantt, L.K. 1994. Contaminant assessment of fish Rangia clams and sediments in the Lower Pamlico River, North Carolina, U.S Fish and Wildlife Ecological Services.USA.