

## تعیین سطوح PCBs در بافت پوست و عضله ماهی کپور و اردک ماهی تالاب انزلی ( آبکنار )

باقر تیموری<sup>۱\*</sup>، شیلا صفائیان<sup>۲</sup>، سید محمد باقر نبوی<sup>۳</sup> و سید هادی خاتمی<sup>۴</sup>

۱ و ۲- گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی.

۳ و ۴- سازمان حفاظت محیط زیست .

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۶/۲۴

### چکیده

پژوهش حاضر به منظور تعیین سطوح PCBs در بافت پوست و عضله ماهی کپور و اردک ماهی تالاب انزلی در فصل پاییز (آذرماه ۱۳۸۸) انجام شد. ۴ ایستگاه جهت برداشت نمونه آب، رسوب و ذرات معلق و صید ماهی در بخش آبکنار تالاب انزلی تعیین شد. از هر نوع ماهی ۹ عدد صید و بیومتری (تعیین وزن و طول کل و استاندارد) شدند. نمونه‌های آب، رسوب و ذرات معلق آب و نمونه ماهیان به آزمایشگاه انتقال یافت. بافت پوست و عضله ماهیان کپور و اردک ماهی بر اساس Moopam جدا شده و پس از آماده سازی، استخراج و Clean Up، آنالیز PCBs با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC - ECD) و دکتور با اشعه یونیزان نیکل ۶۳ (Ni63) انجام گردید. میانگین غلظت PCBs در پوست و عضله اردک ماهی به ترتیب برابر ۲۴/۳۶ و ۱۴/۳۶ نانو گرم در گرم وزن خشک، در پوست و عضله ماهی کپور به ترتیب برابر ۲۱/۸۲ برابر ۲۰/۸۶ نانو گرم در گرم وزن خشک بدست آمد. میزان ضریب تغییرات میانگین (CV) غلظت PCBs در پوست اردک ماهی بیشتر از سایر بافت ها بود. بر اساس آزمون آماري این اختلاف بین بافت عضله و پوست اردک ماهی و عضله و پوست ماهی کپور معنی دار بود ( $n=9$ ;  $p < 0.0001$ ). همچنین اختلاف معنی داری بین غلظت PCBs آب با میزان PCBs رسوب ( $n=12$ ;  $p < 0.0001$ ) و ذرات معلق فیلترشده در آب مشاهده گردید ( $n=12$ ;  $p < 0.0001$ ). همبستگی مثبت قوی بین بافت عضله ماهی کپور و ذرات معلق فیلتر شده در آب ( $n=9$ ;  $r^2 = 0.76$ ;  $r = 0.851$ ;  $p = 0.004$ ) و همبستگی مثبت خیلی قوی بین غلظت PCBs آب و ذرات معلق فیلتر شده در آب وجود داشت ( $n=12$ ;  $r^2 = 0.96$ ;  $r = 0.98$ ;  $p = 0.0001$ ). میزان تجمع زیستی (بر حسب ppb) در بافت پوست اردک ماهی برابر ۵۸۳۵/۶۹، در بافت عضله اردک ماهی ۳۴۴۰/۵۸، در بافت پوست ماهی کپور برابر ۵۲۳۲/۲۸ و در بافت عضله ماهی کپور برابر ۴۹۹۷/۶۳ میکروگرم در گرم وزن خشک محاسبه گردید. میزان ماکزیمم میانگین واقعی (با ۹۵ درصد اطمینان) PCBs بدست آمده در بافت ماهیان (پوست اردک ماهی و کپور و عضله کپور) (ماکزیمم ۰/۰۳۶۵۳ ppm و مینیمم ۰/۰۱۰۲۵ ppm) کمتر از استاندارد FDI و استاندارد Food Standards Australia/NZ MRL و بیشتر از استاندارد USEPA بود.

### واژگان کلیدی

ماهی کپور، اردک ماهی، تالاب انزلی، PCB تجمع زیستی، ضریب تغییرات CV

### Determination of PCB levels in Fishes (*Cyprinus carpio* and *Esox lucius*) in Anzali Wetland (Abkenar)

Teimouri<sup>1\*</sup>, B., Safaiean<sup>2</sup>, S., Nabavi<sup>3</sup>, S.M.B. & Khatami<sup>4</sup>, S.H.

1,2. Dep. Of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University.  
3,4. Department of the Environment.

### Abstract

To determine level of PCBs in skin and muscle of *Cyprinus carpio* and *Esox lucius* fishes in the west part of Anzali Wetland in Abkenar in autumn (Dec.2010)

4 sampling stations were selected. Samples of water, sediment, suspended particles in water, *C. carpio* and *E. lucius* fishes were collected from Abkenar, Anzali Wetland. Nine fish samples were caught from each species. Collected samples of water, sediment, suspended particles and fish were transferred to laboratory. After preparation, extract and clean up of the samples, analyses of PCBs were carried out using Gas Chromatography (GC-ECD) with Ni63 ionization detector. PCB average concentration was 24.36 ng/g (dried weight) in *Esox lucius* skin, 14.36 ng/g in *E. lucius* mussel tissue, 21.82 ng/g *C. carpio* skin and 20.86 ng/g in *C. carpio* mussel tissue. Coefficient Variation (CV) of average concentration PCBs in *E. lucius* skin tissue was higher than other tissues. Based on statistical analysis, there were significant differences between *E. lucius* mussels & skin tissue & *C. carpio* mussels & skin tissue ( $p < 0.01$ ;  $n=9$ ). There were also significant difference between PCBs concentration in water with PCBs concentration in sediment ( $p < 0.01$ ,  $n=12$ ) and with filtered suspended particles in water ( $p < 0.01$ ,  $n=12$ ). A strong positive correlation between *C. carpio* tissue and filtered suspended particles in water was seen ( $p < 0.05$ ,  $r=0.851$ ,  $r^2=76\%$ ,  $n=9$ ) and a very strong positive correlation was found between PCBs concentration in water and filtered suspended particles in water ( $p < 0.01$ ,  $r=0.98$ ,  $r^2=96\%$ ,  $n=12$ ). BCF in *E. lucius* skin tissue was 5835.69  $\mu\text{g/g}$ , in *E. lucius* mussels tissue was 3440.58  $\mu\text{g/g}$ , in *C. carpio* skin tissue was 5232.28  $\mu\text{g/g}$  and in *C. carpio* mussels tissue was 4997.63  $\mu\text{g/g}$ . The real average (with accuracy of 95%) of PCBs in fish tissues (Max. 0.03653 ppm and Min. 0.01025 ppm) in autumn was less than FDI Standards and Australia Food / NZ MRL standards and more than USEPA standard.

**Keywords:** PCBs, *Cyprinus carpio*, *Esox lucius*, Anzali Wetland, CV.

## مقدمه

تالاب ها محیط های آبی هستند که دارای ارزش های اقتصادی، اجتماعی، علمی، تفریحی و تفرجی می باشند. همچنین زیستگاه جانوران و رویشگاه گیاهان هستند. به عنوان ذخیره گاه ژنی گیاهان و جانوران در روی زمین می باشند. ولی امروزه شاهد آلودگی و تخریب تالاب ها هستیم. یکی از عمده ترین فاکتور های نابودی تالاب ها و کاهش کارکرد های اکولوژیکی آن ها، انواع آلودگی می باشد. از آنجایی که تالاب ها خصوصاً تالاب های ساکن دارای زمان چرخش طولانی می باشند، آلاینده های ناشی از صنایع پس از وارد شدن به تالاب در آن تجمع نموده و اغلب آلاینده ها فرصت فعل و انفعالات شیمیایی را پیدا نموده و آلاینده های قابل ته نشینی در بستر تالاب رسوب می نمایند ( بهروزی راد، ۱۳۸۶).

عمده ترین آلودگی تالاب بین المللی انزلی از طریق رودخانه پیربازار که از دو رودخانه کوچکتر گوهرود و زرجوب داخل شهر رشت منشا می گیرد، منتقل می شود. فاضلاب ها و آلاینده های خانگی و صنعتی شهرستان های بندرانزلی، فومن، صومعه سرا، رشت و ماسال نیز به این تالاب می ریزند. علاوه بر فاضلاب های شهری، سموم کشاورزی شالیزارهای روستاهای پیرامون تالاب انزلی نیز از طریق زهکش ها به طور مستقیم وارد این تالاب می شوند. یکی از این آلاینده ها که دارای پایداری بسیار زیاد می باشد، ترکیبات پلی کلره بی فنیل ( Poly Chlorinated Biphenyls) که اختصاراً PCBs نامیده می شوند می باشد. گروهی از مواد شیمیایی آلی سنتزی هستند که در حالت خالص، سفیدرنگ و کریستاله می باشند و ترکیبات صنعتی آن، به صورت محلول بی رنگ است. چسبندگی و چگالی آن با میزان کلر شدیداً افزایش و حلالیت منحصر آنها کاهش می یابد ولی براحتی در چربی ها حل می شوند (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). این ترکیبات اغلب از طریق گوارش (بیشترین جذب را دارا می باشند)، تنفس و پوست نیز قابل جذب می باشند. انسان ها اغلب از طریق ماهی و نرم تنان صدفدار (که می توانند انباشتگی زیادی از این ترکیبات را داشته باشند) در معرض PCBs قرار می گیرند. جذب روده ای این مواد خیلی سریع انجام می شود. PCBs از خون وارد بافت های چربی شده و در آنجا می مانند و یا توسط کبد تبدیل به اشکال مختلف و از طریق ادرار یا صفرا دفع می شوند. علاوه بر بافت چربی، بیشترین مقدار PCBs در کلیه، کبد و مغز و کمترین آن در عضلات گزارش داده شده است. این ترکیبات با افزایش تعداد اتم کلر پایدارتر هستند و میزان دفع این ترکیبات با افزایش اتم های کلر کاهش پیدا می کند (Bosnir et al., 2004). Sagratini و همکاران در سال ۲۰۰۸ مطالعه ای برای سطوح PCB برای ماهیان و نرمتنان دریای آدریاتیک انجام داده و مطالعات آنها نشان داد که ماکزیمم سطح PCB در ماهیان منطقه زاگرب از ۰/۰۲ میلی گرم در کیلوگرم وزن تا ۰/۰۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن بوده است همچنین Bosnir و همکاران در سال ۲۰۰۴ مطالعه ای در جهت اندازه گیری سطوح ۶ مشتقات PCB در ماهیان آب شیرین در ناحیه زاگرب داشته اند، بالاترین سطح بین اندازه های ۰/۰۲ تا ۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم بسته به نوع مشتقات بود هرچند که مجموع سطح مشتقات اندازه گیری شده کمتر از مقدار ماکزیمم سطح مجاز ۲ میلی گرم بر کیلوگرم وزن بوده. هدف از انجام این تحقیق، دستیابی به میزان واقعی سطوح PCBs در بافت پوست و عضله ماهیان کپور و اردک ماهی بخش آبکنار تالاب انزلی است که بدلیل آزاد بودن صید ماهی در این منطقه صید و بهره برداری از ماهیان توسط بومیان منطقه به شدت امه دارد.

## مواد و روش کار

در این تحقیق پس از بازدید میدانی و شناسایی محل مورد مطالعه نسبت به تهیه عکس هوایی و تعیین ایستگاه های نمونه برداری بر روی آن اقدام نموده و پس از آماده نمودن ظروف نمونه برداری بر اساس استاندارد

(MOOPAM, 2005) در آذر ماه سال ۱۳۸۸ نمونه برداری از آب، ذرات معلق در آب، رسوب و ماهی کپور و اردک ماهی انجام گردید.

چهار ایستگاه در بخش آبکنار تالاب انزلی در نظر گرفته شد (شکل ۱) مختصات ایستگاه ها به ترتیب زیر بود:

ایستگاه ۱- N:37° 26' 57.33" E: 49° 23' 22.13" ایستگاه ۲- N:37° 28' 19.78" E: 49° 20' 52.64"

ایستگاه ۳- N:37° 29' 50.73" E: 49° 18' 14.37" ایستگاه ۴- N:37° 26' 4.23" E: 49° 26' 5.60"



شکل ۱ - ایستگاه های نمونه برداری در بخش غربی تالاب انزلی - آبکنار

برای نمونه برداری از آب ظروف از جنس شیشه انتخاب گردید و قسمت داخلی در شیشه ها از فویل آلومنیومی پوشانده شدند تا واکنشی با مواد آلاینده مورد نظر انجام نگیرد. قبل از نمونه برداری شیشه ها با مواد پاک کننده کاملاً شسته و سپس چند مرتبه با آب مقطر شستشو و در نهایت به آن هگزان زده و در آون در دمای ۱۸۰ درجه خشک گردیدند. نمونه برداری در ۳ تکرار توسط نمونه بردار آب در عمق یک متری انجام شد (حجم نمونه برداری برای هر نمونه بمیزان ۲ لیتر بود ه است). به نمونه های آب پس از فیلتر، نمودن مواد ثابت کننده شامل مخلوط هگزان با دی کلرو متان به نسبت ۷۰ به ۳۰ اضافه نموده و به آزمایشگاه موسسه تحقیقات پیشرفته فراوری مواد معدنی ایران منتقل گردیدند (MOOPAM, 2005).

ذرات معلق داخل آب را پس از برداشت نمونه های آب، بلافاصله توسط فیلتر ۰/۴۵ میکرون از جنس تفلونی یا پلی تترا فلورو اتیلن (PTFE) جدا نموده و در ظرف آلومنیومی منجمد نموده و به آزمایشگاه انتقال داده شدند (MOOPAM, 2005).

رسوب توسط نمونه بردار رسوب (یاگروپ سمپلر) با ظرفیت ۵ کیلو گرمی مدل Hydro Bios برداشته شده و در ظرف های فلزی که قبلاً با مواد پاک کننده کاملاً شسته و سپس چند مرتبه با آب مقطر شستشو و در نهایت به آن هگزان زده و در آون در دمای ۱۸۰ درجه خشک شده بودند، قرار داده و پس از منجمد نمودن در همانروز به آزمایشگاه منتقل شدند (MOOPAM, 2005).

تعداد ۹ قطعه از هر گونه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و اردک ماهی (*Esox lucius*) با تور ماهیگیری صید گردید. ماهیان صید شده پس از بیومتری (اندازه گیری طول استاندارد و کل بر حسب cm با خط کش بیومتری و سنجش وزن بر حسب گرم با ترازوی معمولی ۵ کیلوگرمی با دقت ۱ گرم) در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد منجمد و جهت جداسازی بافت عضله و پوست بمنظور آنالیز PCBs به آزمایشگاه منتقل گردید. جداسازی بافت نمونه های ماهی مورد نظر در آزمایشگاه بر اساس استاندارد (MOOPAM, 2005) انجام گردید.

نمونه های برداشت شده بر اساس استاندارد MOOPAM 2005 آماده سازی شدند و بمنظور آنالیز نمونه ها مراحل استخراج، تغلیظ، سولفورزدایی، جداسازی، تغلیظ مجدد و ... انجام گردید، سپس برای اندازه گیری ترکیبات PCBs در کلیه نمونه های آب رسوب، ذرات معلق در آب و ماهی از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC - ECD) مدل Agilent و دتکتور با اشعه یونیزان نیکل ۶۳ (Ni63) استفاده گردید (Moopam , 2005). در نهایت میزان تجمع زیستی در بافت ماهی به ترتیب زیر محاسبه شد:

$$BCF = C_{\text{tissue ppb}} / C_{\text{w ppb}}$$

سپس با استفاده از نرم افزار آماری Minitab13 واریانس یکطرفه و همبستگی و تجزیه و تحلیل آماری صورت گرفت.

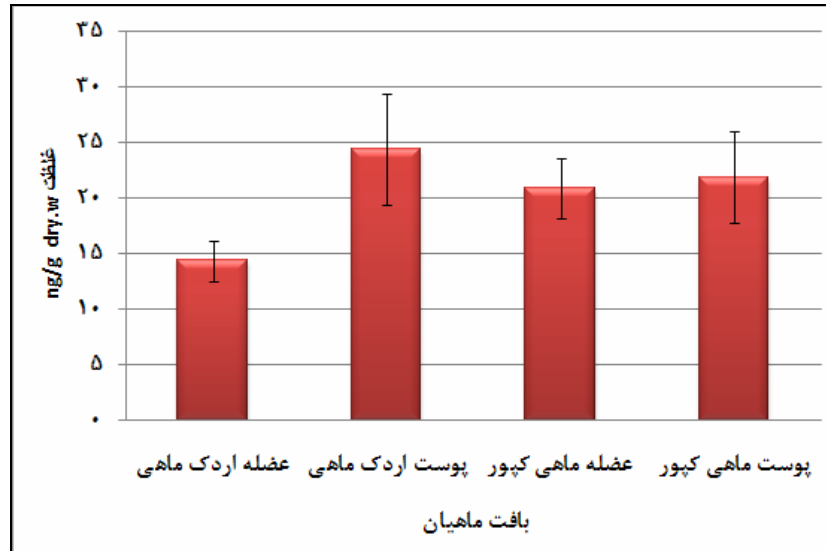
## نتایج

بر اساس محاسبات صورت گرفته با استفاده از قوانین حاکم بر روش آمار پارامتریک (خاتمی، ۱۳۸۲) میزان حداقل و حداکثر غلظت PCBs در محیط های گوناگون و بافت های ماهیان کپور و اردک ماهی بخش آبکنار تالاب انزلی در جدول شماره (۱) ارائه گردیده است.

جدول ۱- نتایج حاصل از سنجش PCBs در محیط های اندازه گیری شده و بافت ماهیان - بخش آبکنار تالاب انزلی  
آذرماه ۱۳۸۸ (ng/g dry.w)

ردیف	محیط اندازه گیری PCBs	حداقل میانگین واقعی جامعه با ۹۵٪ اطمینان	میانگین نمونه	حداکثر میانگین واقعی جامعه با ۹۵٪ اطمینان
۱	پوست ماهی کپور	۱۴/۵۶	۲۱/۸۴	۳۲/۷۶
۲	عضله ماهی کپور	۱۶/۰۴	۲۰/۸۶	۲۷/۱۲
۳	پوست اردک ماهی	۱۶/۲۳	۲۴/۳۶	۳۶/۵۳
۴	عضله اردک ماهی	۱۰/۲۵	۱۴/۳۶	۱۸/۴۶
۵	آب	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۴۲	۰/۰۱۴
۶	ذرات معلق در آب	۰/۹۰	۵/۴۲	۳۲/۵۴
۷	رسوب	۳/۹۴	۰/۸۹۴	۵/۸۳

بیشینه میانگین غلظت PCBs در بافت های ماهیان مربوط به بافت پوست اردک ماهی و کمینه غلظت میانگین آلودگی مربوط به بافت عضله اردک ماهی بدست آمده است. همچنین ماکزیمم غلظت میانگین PCBs در محیط های اندازه گیری شده مربوط به ذرات معلق در آب و مینیمم آن در میانگین غلظت نمونه های آب بوده است. در شکل (۱) نمودار میانگین واقعی PCBs در بافت عضله و پوست ماهیان نشان داده شده است.



شکل ۱- نمودار مقایسه میانگین واقعی PCBs در بافت پوست و عضله جامعه ماهیان بخش آبکنار تالاب انزلی در آذر ماه ۱۳۸۸ ( $\pm$ S.E)

میانگین واقعی PCBs در بافت پوست اردک ماهی و کپور بیشتر از بافت عضله ماهیان مذکور می باشد. و غلظت آلاینده مورد نظر در بافت عضله اردک ماهی اختلاف معنی داری با غلظت آلاینده در بافت پوست اردک ماهی و عضله و پوست ماهی کپور دارد ( $P < 0.05$ ). شکل (۲) میانگین واقعی PCBs در آب، رسوب و ذرات معلق در آب ارائه شده است.



شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین واقعی PCBs جامعه محیط های اندازه گیری شده بخش آبکنار تالاب انزلی - آذر ماه ۱۳۸۸ ( $\pm$ S.E)

شکل (۲) بیشترین میانگین واقعی PCBs را در ذرات معلق در آب نشان می دهد. غلظت آلاینده مذکور در آب اختلاف معنی داری با رسوب و ذرات معلق در آب دارد. نتایج نشان داد که، بیشترین ضریب تغییرات را در پوست ماهی اردک ماهی و کمترین ضریب تغییرات را در عضله اردک ماهی نشان می دهد. در مجموع می توان گفت بیشترین ضریب تغییرات در پوست ماهیان و کمترین ضریب تغییرات در عضله ماهیان مورد نظر می باشد (جدول ۲).

جدول ۲- ضریب تغییرات بافت پوست و عضله ماهیان کپور و اردک ماهی در جذب PCBs

بافت ماهیان	ضریب تغییرات (C.V) در صد
پوست ماهی کپور	۵۶
عضله ماهی کپور	۳۹
پوست اردک ماهی	۶۱
عضله اردک ماهی	۳۷

جدول (۳) نتایج حاصل از انباشت زیستی در بافت ماهیان کپور و اردک ماهی را نشان می دهد، بیشترین تجمع زیستی در پوست اردک ماهی و کمترین تجمع زیستی در عضله اردک ماهی می باشد. در مجموع می توان گفت، انباشت زیستی در پوست ماهیان بیشتر از عضله ماهیان بدست آمده است.

جدول ۳- نتایج حاصل از انباشت زیستی در بافت های ماهیان

بافت ماهیان	انباشت زیستی ( $BCF = C_{\text{tissue ppb}} / C_{\text{w ppb}}$ )
پوست ماهی کپور	۵۲۳۲/۲۸
عضله ماهی کپور	۴۹۹۷/۶۳
پوست اردک ماهی	۵۸۳۵/۶۹
عضله اردک ماهی	۳۴۴۰/۵۸

جدول شماره (۴) همبستگی بین بافت عضله و پوست ماهی کپور با محیط های اندازه گیری شده نشان می دهد.

جدول ۴- همبستگی بین غلظت PCBs در بافت ماهی کپور و محیط های اندازه گیری شده در پاییز ۱۳۸۸

نمونه	رسوب	ذرات معلق در آب	آب	پوست ماهی کپور	عضله ماهی کپور	وزن ماهی کپور
ذرات معلق در آب	R=-۰/۳۲۳ P=۰/۳۰۵ N=۱۲					
آب	R=-۰/۳۵۶ P=۰/۲۵۷ N=۱۲	R=۰/۹۸۰ P=۰/۰۰۰۱ R <sup>2</sup> =%۹۶ N=۱۲				
پوست ماهی کپور	R=-۰/۵۴۹ P=۰/۱۲۶ N=۹	R=-۰/۲۶۰ P=۰/۴۹۹ N=۹	R=-۰/۲۰۳ P=۰/۶۰۰ N=۹			
عضله ماهی کپور	R=۰/۳۵۶ P=۰/۳۴۷ N=۹	R=۰/۸۵۱ P=۰/۰۰۴ R <sup>2</sup> =%۷۲ N=۹	R=-۰/۱۲۶ P=۰/۷۴۷ N=۹	R=-۰/۱۴۲ P=۰/۷۱۵ N=۹		
وزن ماهی کپور	R=-۰/۳۸۳ P=۰/۳۰۸ N=۹	R=-۰/۰۸۹ P=۰/۸۲۰ N=۹	R=-۰/۲۲۷ P=۰/۵۵۸ N=۹	R=۰/۸۷۸ P=۰/۰۰۲ R <sup>2</sup> =%۷۷ N=۹	R=۰/۰۷۰ P=۰/۸۵۸ N=۹	
طول ماهی کپور	R=-۰/۳۴۷ P=۰/۳۶۰ N=۹	R=-۰/۱۳۱ P=۰/۷۳۷ N=۹	R=-۰/۲۲۰ P=۰/۵۷۰ N=۹	R=۰/۹۰۳ P=۰/۰۰۱ R <sup>2</sup> =%۸۱ N=۹	R=۰/۰۵۷ P=۰/۸۸۵ N=۹	R=۰/۹۷۸ P=۰/۰۰۱ R <sup>2</sup> =%۹۶ N=۹

نتایج نشان دهنده ی همبستگی مثبت قوی بین غلظت PCBs در عضله ماهی کپور با ذرات معلق در آب، همبستگی مثبت خیلی قوی بین غلظت PCBs در پوست ماهی کپور با وزن و طول ماهی کپور، همبستگی مثبت خیلی قوی بین طول و وزن ماهی کپور و همبستگی مثبت خیلی قوی بین غلظت PCBs در آب و ذرات معلق در آب می باشد. جدول (۵) همبستگی بین بافت عضله و پوست ماهی اردک ماهی با محیط های اندازه گیری نشان می دهد.

جدول ۵ - همبستگی بین غلظت PCBs در بافت اردک ماهی و محیط های اندازه گیری شده در پاییز ۱۳۸۸

نمونه	رسوب	ذرات معلق در آب	آب	پوست اردک ماهی	عضله اردک ماهی	وزن اردک ماهی
ذرات معلق در آب	R=-۰/۳۲۳ P=۰/۳۰۵ N=۱۲					
آب	R=-۰/۳۵۶ P=۰/۲۵۷ N=۱۲	R=۰/۹۸۰ P=۰/۰۰۱ R <sup>2</sup> =%۹۶ N=۱۲				
پوست اردک ماهی	R=-۰/۱۶۹ P=۰/۶۶۳ N=۹	R=-۰/۱۶۲ P=۰/۶۷۷ N=۹	R=-۰/۳۶۵ P=۰/۳۳۴ N=۹			
عضله اردک ماهی	R=۰/۴۴۲ P=۰/۲۳۳ N=۹	R=-۰/۲۲۸ P=۰/۵۵۵ N=۹	R=-۰/۳۹۵ P=۰/۲۹۳ N=۹	R=۰/۱۲۷ P=۰/۷۴۵ N=۹		
وزن اردک ماهی	R=-۰/۴۶۸ P=۰/۲۰۴ N=۹	R=۰/۰۳۰ P=۰/۹۳۸ N=۹	R=-۰/۰۳۲ P=۰/۹۳۴ N=۹	R=-۰/۶۶۲ P=۰/۰۵۲ N=۹	R=۰/۱۰۰ p=۰/۷۹۹ N=۹	
طول اردک ماهی	R=-۰/۳۱۳ P=۰/۴۱۳ N=۹	R=-۰/۰۰۵ P=۰/۹۸۹ N=۹	R=-۰/۳۳۰ P=۰/۳۸۶ N=۹	R=-۰/۲۹۴ P=۰/۴۴۲ N=۹	R=۰/۴۰۲ P=۰/۲۸۴ N=۹	R=۰/۸۷۱ P=۰/۰۰۲ R <sup>2</sup> =%۷۶ N=۹

این جدول نشان دهنده ی همبستگی مثبت قوی بین طول و وزن ماهی اردک ماهی و همبستگی مثبت خیلی قوی بین غلظت PCBs در آب و ذرات معلق در آب است.

### بحث و نتیجه گیری

همانطور که در جدول (۱) ملاحظه می گردد، میزان میانگین غلظت PCBs در پوست اردک ماهی ۲۴/۳۶ نانو گرم در گرم وزن خشک بیشتر از غلظت PCBs در پوست ۲۱/۸۴ و عضله ماهی کپور ۲۰/۸۶ و بافت عضله اردک ماهی ۱۴/۳۶ نانو گرم در گرم وزن خشک می باشد. علت آن به نوع تغذیه اردک ماهی مربوط می شود، از آنجائیکه اردک ماهی در آخرین زنجیره غذایی و قبل از آخرین مصرف کننده (توسط انسان) قرار دارد و با توجه به نوع تغذیه آن، که از ماهیان کوچکتر و نرم تنان و موجودات پایین تر زنجیره غذایی خود (که آنها هم از فیتوپلانکتون و ذرات معلق در آب و بنتوزها تغذیه می نمایند) به عنوان منبع غذایی استفاده می نماید، این موضوع می تواند باعث انباشتگی بیشتر PCBs در اردک ماهی بشود. همچنین با توجه به زمان تخم ریزی ماهی کپور که بر حسب دمای آب اردیبهشت تا

تیرماه است (وثوقی، ۱۳۸۱) انباشتگی کمتری نسبت به اردک ماهی در فصل پاییز داراست، زیرا زمان تخم ریزی اردک ماهی در ماه های بهمن تا فروردین می باشد (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷) و فرصت بیشتری نسبت به ماهی کپور جهت انباشتگی این آلاینده را دارد. همچنین افزایش PCBs در پوست ماهیان نسبت به عضله آنان به علت تجمع بیشتر چربی در زیر پوست و انحلال نسبتاً بالای آن در چربی می باشد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱).

بر اساس محاسبات صورت گرفته با استفاده از آزمون ANOVA اختلاف معنی داری را بین بافت عضله اردک ماهی با بافت پوست اردک ماهی و همچنین با عضله و پوست ماهی کپور نشان داده است ( $P < 0.0001$ ;  $n=9$ ). میزان ضریب تغییرات (C.V) میانگین غلظت PCBs در پوست اردک ماهی بیشتر از عضله اردک ماهی و پوست و عضله ماهی کپور می باشد. (عضله ماهی اردک > عضله ماهی کپور > پوست ماهی کپور > پوست اردک ماهی) که دلیل آن میزان چربی بسیار بیشتر اردک ماهی نسبت به کپور است و بافت چربی می تواند محل خوبی برای جذب PCBs باشد.

همبستگی مثبت بین طول و وزن ماهی کپور با غلظت PCBs در پوست آن در فصل پاییز بیانگر این مطلب می باشد که با افزایش طول و افزایش وزن ماهی کپور میزان PCBs در پوست آن افزایش می یابد. Sagratini و همکاران در سال ۲۰۰۸ مطالعه ای برای سطوح PCB برای ماهیان و نرم تنان دریای آدریاتیک انجام داده و مطالعات آنها نشان داد که ماکزیمم سطح PCB در ماهیان منطقه زاگرب از ۰/۰۲ میلی گرم در کیلوگرم وزن تا ۰/۰۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن بوده است.

نتایج نشان داد که همبستگی مثبت قوی بین بافت عضله ماهی کپور و ذرات معلق فیلتر شده در آب معلق موجود در آب شامل فیتو، زئوپلانکتون و بنتوزها تغذیه می نماید باشد، با افزایش غلظت PCBs در ذرات معلق آب و تا حدی در رسوب، غلظت این آلاینده در بافت ماهی کپور هم افزایش می یابد.

با توجه به جدول (۳) بیشترین میزان تجمع زیستی در بافت پوست ماهیان و سپس عضله ها قرار دارد که علت آن بخاطر وجود چربی زیاد در بافت پوست و تجمع پذیری زیاد PCBs در بافت چربی می باشد.

بر اساس محاسبات صورت گرفته با استفاده از آزمون ANOVA در محیط های اندازه گیری شده، اختلاف معنی داری بین غلظت PCB ها در آب با میزان PCB ها در رسوب ( $P < 0.0001$ ;  $n=12$ ) و ذرات معلق فیلتر شده در آب وجود دارد ( $P < 0.0001$ ;  $n=12$ ) که این اختلاف می تواند ناشی از جذب PCBs توسط مواد معلق و بقایای موجودات تالاب که دارای انباشت PCBs در رسوب بوده، باشد.

همبستگی مثبت خیلی قوی بین غلظت PCBs در آب و ذرات معلق فیلتر شده در آب وجود دارد ( $P = 0.0001$ ;  $n=12$ ;  $r^2=96\%$ ;  $r=0.980$ ) بیانگر این مطلب می تواند باشد که با افزایش غلظت این آلاینده در آب، غلظت آن در ذرات معلق در آب هم افزایش می یابد، زیرا آلودگی مورد نظر جذب ذرات معلق و موجودات معلق فیتو پلانکتونی و زئوپلانکتونی (از طریق فیلتر نمودن آب) در آب می گردد.

میزان PCBs بدست آمده در بافت ماهیان (حداکثر ۰/۰۳۶۵۳ ppm و حداقل ۰/۰۱۰۲۵ ppm) کمتر از استاندارد FDI Guidelines (۲ ppm) و استاندارد Food Standards Australia/NZ MRL (۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم) و بیشتر از استاندارد USEPA values (Recommended values as per USEPA Guidelines) (۰/۰۲ mg/kg) بوده است (بافت پوست ماهی اردک ماهی و عضله و پوست ماهی کپور).



همچنین میزان ماکزیمم میانگین واقعی (با ۹۵ درصد اطمینان) PCBs بدست آمده در محیط های اندازه گیری شده در بخش آبکنار تالاب انزلی (آب و رسوب) در فصل پاییز کمتر از استاندارد های توصیه شده آمریکا و کانادا بوده است،

(Interim Canadian sediment quality guidelines, Recommended Water Quality Criteria E.P.A, 2010)

#### منابع

- اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۱. آلاینده ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر، تهران، ایران.
- زاهد، محمد علی. ۱۳۷۶. شناسایی و اندازه گیری PCBs در بندر امام خمینی (ره). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی. ایران.
- بهروزی راد، ب. ۱۳۸۶، شناخت تالاب ها و آلودگی آن ها ۲۳ تا ۲۵ اسفند ۱۳۸۶. دوره آموزشی کارشناسان محیط زیست. تهران، ایران.
- عبدلی، ا. و نادری، م. ۱۳۸۷. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات علمی آبریان. تهران، ایران.
- وثوقی، غ. و مستجیر، ب. ۱۳۸۱، ماهیان آب شیرین. انتشارات دانشگاه تهران، ایران.
- خاتمی، س. ه. ۱۳۸۲. آزمون های آماری در علوم زیست محیطی. سازمان حفاظت محیط زیست. ایران.
- Adeyemi, D., Ukpo, G., Anyakora, C. & Uyimadu, J.P. 2009. Polychlorinated biphenyl in fish samples from Lagos Lagoon, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 8 (12): 2811-2815.
- Bosnir, J., Puntari, D., Klari, M. & Šmit, Z. 2004. Polychlorinated biphenyl in fresh water fishes from the Zagreb area. *Arh. Hig. Rada. Toksikol.*, 56:303-309.
- Sagratini, G., Buccioni, M., Ciccarelli, C., Conti, P., Cristalli, G., Giardina, D., Lambertucci, C., Marucci, G., Volpini, R. & Vittori, S. 2008. Levels of polychlorinated biphenyls in fish and shellfish from the Adriatic Sea. *Food Additives and Contaminants: part B*, 1(1):69-77.
- National Recommended Water Quality Criteria US EPA. 2010. Recommended values as per USEPA guidelines. Available in <http://water.epa.gov>.

