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

باقر تیموری[۱*]، شیلا صفائیان[۲] ،سید محمد باقر نبوی[۳] و سید هادی خاتمی[۴]

۱و۲–گروه بیولوژی دریا دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی.
۳و۴- سازمان حفاظت محیط زیست .

چکیده

پژوهش حاضر به منظور تعیین سطوح PCBs در بافت پوست و عضله ماهی کپور و اردک ماهی تـالاب انزلـی در فصل پاییز (آذرماه ۱۳۸۸) انجام شد.۴ ایستگاه جهت برداشـت نمونـه آب، رسـوب و ذرات معلـق و صـید مـاهی در بخش آبکنار تالاب انزلی تعیین شد. از هر نوع ماهی ۹ عدد صید و بیومتری(تعیـین وزن و طـول کـل و اسـتاندارد) شدند. نمونه های آب، رسوب و ذرات معلق آب و نمونه ماهیان به آزمایشـگاه انتقـال یافـت. بافـت پوسـت و عضـله ماهیان کپور و اردک ماهی بر اساس Moopam جدا شده و پس از آمـاده سـازی، اسـتخراج و Clean Up، آنـالیز PCBsبا استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی(GC - ECD) و دتکتور بـا اشـعه یـونیزان نیکـل ۶۳ (Ni63) انجـام گردید. میانگین غلظت PCBs در پوست و عضله اردک ماهی به ترتیب برابر ۲۴/۳۶ و ۱۴/۳۶ نانو گرم در گـرم وزن خشک، در پوست و عضله ماهی کپور به ترتیب برابر ۲۱/۸۲ برابر ۲۰/۸۶ نانو گرم در گرم وزن خشـک بدسـت آمـد. میزان ضریب تغییرات میانگین(CV) غلظت PCBs در پوست اردک ماهی بیشتر از سایر بافـت هـا بـود. بـر اسـاس آزمون آماری این اختلاف بین بافت عضله وپوست اردک ماهی و عضله و پوست ماهی کپـور معنـی دار بـود(n=۹; $p < ۰,۰۰۰۱$).همچنین اختلاف معنی داری بین غلظتPCBs آب با میزان PCBs رسـوب (n=۱۲; $p < ۰/۰۰۰۱$) و ذرات معلق فیلترشده در آب مشاهده گردیـد (n=۱۲; $P < ۰/۰۰۰۱$). همبسـتگی مثبـت قوی بین بافت عضله ماهی کپور و ذرات معلـق فیلتـر شـده در آب (n= ۹ ; r^2 = ٪۷۶ ; $r = ۰/۸۵۱$; $p = ۰/۰۰۴$) و همبستگی مثبت خیلی قوی بین غلظـت PCBs آب و ذرات معلـق فیلتـر شـده در آب وجـود داشت(n= ۱۲ ; r^2 = ٪۹۶ ; $r = ۰,۹۸۰$; $p = ۰/۰۰۰۱$) . میزان تجمع زیستی (بر حسبppb) در بافت پوست اردک ماهی برابر۵۸۳۵/۶۹، در بافت عضله اردک ماهی۳۴۴۰/۵۸، در بافت پوست ماهی کپور برابـر۵۲۳۲/۲۸ و در بافت عضله ماهی کپور برابر۴۹۹۷/۶۳ میکروگرم در گرم وزن خشک محاسبه گردید. میزان مـاکزیمم میـانگین واقعی (با ۹۵در صد اطمینان) PCBs بدست آمده در بافت ماهیان (پوسـت اردک مـاهی و کپـور و عضـله کپـور) (مـاکزیمم ppm ۰/۰۳۶۵۳ و مینـیمم ppm ۰/۰۱۰۲۵) کمتـر از اسـتاندارد FDI و اسـتاندارد Food Standards Australia/NZ MRL و بیشتر از استاندارد USEPAبود.

واژگان کلیدی: ماهی کپور، اردک ماهی، تالاب انزلی،PCB تجمع زیستی. ضریب تغییراتCV

* مسئول مکاتبه: teimouri47@yahoo.com

مقدمه

تالاب ها محیط های آبی هستند که دارای ارزش های اقتصادی ، اجتماعی، علمی، تفریحی و تفرجی می باشـند. همچنین زیستگاه جانوران و رویشگاه گیاهان هستند. به عنوان ذخیره گاه ژنی گیاهان و جانوران در روی زمـین مـی 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 سـاکن دارای زمـان چرخش طولانی می باشند، آلاینده های ناشی از صنایع پـس از وارد شـدن بـه تـالاب در آن تجمـع نمـوده و اغلـب آلاینده ها فرصت فعل و انفعالات شیمیایی را پیدا نموده و آلاینده های قابل ته نشینی در بسـتر تـالاب رسـوب مـی نمایند (بهروزی راد، ۱۳۸۶).

عمده ترین آلودگی تالاب بین المللی انزلـی از طریـق رودخانـه پیربـازار کـه از دو رودخانـه کـوچکتر گـوهرود 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 مـی ریزنـد. عـلاوه بـر فاضـلاب هـای شـهری، سـموم کشاورزی شالیزارهای روستاهای پیرامون تالاب انزلی نیز از طریق زهکش ها به طـور مسـتقیم وارد ایـن تـالاب مـی 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. PCBs 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. چسـبندگی و چگالی آن با میزان کلر شدیداً افزایش و حلالیت منحصر آنها کاهش می یابد ولی براحتی در چربی ها حل می شـوند (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). این ترکیبات اغلب از طریق گوارش(بیشترین جذب را دارا می باشند)، تـنفس و پوسـت نیز قابل جذب می باشند. انسان ها اغلب از طریق ماهی و نرم تنان صدفدار(که می تواننـد انباشـتگی زیـادی از ایـن ترکیبات را داشته باشند)در معرض PCBs قرار می گیرند. جذب روده ای این مـواد خیلـی سـریع انجـام مـی شـود. PCBs از خون وارد بافت های چربی شده و در آنجا می مانند و یا توسط کبد تبدیل بـه اشـکال مختلـف و از طریـق ادرار یا صفرا دفع می شوند. علاوه بر بافت چربی، بیشترین مقدار PCBs در کلیه، کبدو 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 مطالعـه ای بـرای سطوح PCB برای ماهیان و نرمتنان دریای آدریاتیک انجام داده و مطالعات آنها نشان داد که ماکزیمم سـطح PCB در ماهیان منطقه زاگرب از ۰/۰۲ میلی گرم در کیلوگرم وزن تا ۰/۰۵میلی گرم در کیلوگرم وزن بوده است همچنـین Bosnir و همکاران در سال ۲۰۰۴ مطالعه ای در جهـت انـدازه گیـری سـطوح ۶ مشـتقات PCB در ماهیـان آب شیرین در ناحیه زاگرب داشته اند، بالاترین سطح بین اندازه های ۰/۰۲تا ۰/۰۵میلی گرم بر کیلوگرم بسـته بـه نـوع مشتقات بود هرچند که مجموع سطح مشتقات اندازه گیری شده کمتر از مقدار ماکزیمم سطح مجاز ۲ میلی گرم بـر کیلوگرم وزن بوده. هدف از انجام این تحقیق، دستیابی بـه میـزان واقعـی سـطوح PCBs در بافـت پوسـت و عضـله ماهیان کپور و اردک ماهی بخش آبکنار تالاب انزلی است که بدلیل آزاد بودن صید ماهی در این منطقه صید و بهـره 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 ایسـتگاه های نمونه برداری بر روی آن اقدام نموده و پـس از آمـاده نمـودن ظـروف نمونـه بـرداری بـر اسـاس اسـتاندارد (

Moopam , 2005) در آذر ماه سال ۱۳۸۸نمونه بـرداری از آب، ذرات معلـق در آب، رسـوب و مـاهی کپـور و اردک ماهی انجام گردید.

تعیین ایستگاه های نمونه برداری :

چهار ایستگاه در بخش آبکنار تالاب انزلی در نظر گرفته شد(شکل۱) مختصات ایستگاه ها به ترتیب زیر بود:

ایستگاه۱- N:37° 26' 57.33" E: 49° 23' 22.13" ایستگاه۲- N:37° 28' 19.78" E: 49° 20' 52.64"

ایستگاه ۳- N:37° 29' 50.73" E: 49° 18' 14.37" ایستگاه۴- N:37° 26' 4.23" E: 49° 26' 5.60"

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

نمونه برداری از آب :

برای نمونه برداری از آب ظروف از جنس شیشه انتخاب گردید و قسـمت داخلـی درِ شیشـه هـا از فویـل آلومنیـومی پوشانده شدند تا واکنشی با مواد آلاینده مورد نظر انجام نگیرد. قبل از نمونه برداری شیشه ها با مواد پاک کننـده کـاملاً شسته و سپس چند مرتبه با آب مقطر شستشو و در نهایت به آن هگـزان زده و در آون در دمـای ۱۸۰ درجـه خشـک گردیدند. نمونه برداری در ۳ تکرار توسط نمونه بردار آب در عمق یک متری انجام شد(حجـم نمونـه بـرداری بـرای هـر نمونه بمیزان ۲ لیتر بود ه است). به نمونه های آب پس از فیلتر، نمودن موادثابت کننده شـامل مخلـوط هگـزان بـا دی کلرو متان به نسبت ۷۰ به ۳۰ اضافه نموده و به آزمایشگاه موسسه تحقیقات پیشرفته فراوری مواد معدنی ایـران منتقـل گردیدند(Moopam , 2005).

نمونه برداری ذرات معلق در آب :

ذرات معلق داخل آب را پس از برداشت نمونه های آب، بلافاصله توسط فیلتر ۰/۴۵ میکرون از جنس تفلـونی یـا پلـی تتـرا فلـورو اتـیلن (PTFE)جـدا نمـوده و در ظـرف آلومنیـومی منجمـد نمـوده و بـه آزمایشـگاه انتقـال داده شدند(Moopam , 2005).

نمونه برداری از رسوب :

رسوب توسط نمونه بردار رسوب یا گرپ سمپلر با ظرفیت ۵ کیلو گرمی مـدل Hydro Bios برداشـته شـده و در ظرف های فلزی که قبلاً با مواد پاک کننده کاملاً شسته و سپس چند مرتبه با آب مقطر شستشو و در نهایت بـه آن هگزان زده و در آون در دمای ۱۸۰ درجه خشـک شـده بودنـد، قـرار داده و پـس از منجمـد نمـودن در همـانروز بـه آزمایشگاه منتقل شدند(Moopam , 2005).

نمونه برداری از ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و اردک ماهی (*Esox lucius*) :

تعداد ۹ قطعه از هر گونه ماهی با تور ماهیگیری صید گردیده، 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 دقّت ۱ گرم) در دمای۲۰- درجه سانتی گراد منجمد وجهت 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.

مراحل آنالیز دستگاهی:

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 همبسـتگی و تجزیـه و تحلیـل آمـاری صـورت گرفت.

نتایج

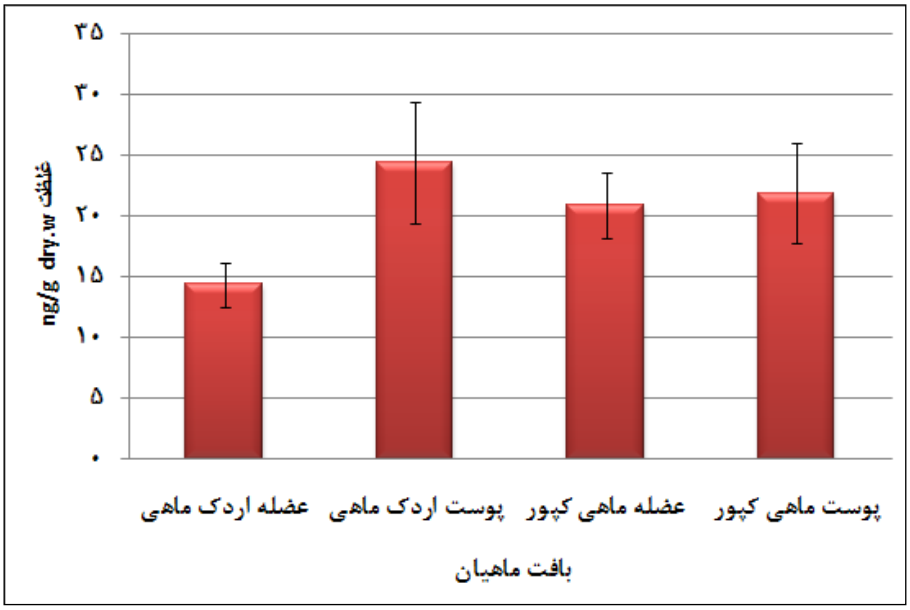
بر اساس محاسبات صورت گرفته با استفاده از قوانین حاکم بـر روش آمـار پارامتریـک (خـاتمی ، ۱۳۸۲) میـزان حداقل و حداکثر غلظت PCBs در محیط های گوناگون و بافت های ماهیان کپور و اردک ماهی بخش آبکنـار تـالاب انزلی در جدول شماره(۱) ارائه گردیده است.

جدول ۱- نتایج حاصل از سنجش PCBs در محیط های اندازه گیری شده و بافت ماهیان- بخش آبکنار تالاب انزلی آذرماه۱۳۸۸ (ng/g dry.w)

ردیف	محیط اندازه گیری PCBs	حداقل میانگین واقعی جامعه با ۹۵٪اطمینان	میانگین نمونه	حداکثرمیانگین 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.



شکل۱-نمودار مقایسه میانگین واقعی PCBs در بافت پوست و عضله جامعه ماهیان بخش آبکنار تالاب انزلی در آذر ماه ۱۳۸۸ (±S.E)

میانگین واقعی PCBs در بافت پوست اردک ماهی و کپور بیشتر از بافت عضله ماهیان مذکور می باشد. وغلظت 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($p<۰/۰۵$). شکل(۲) میانگین واقعی PCBs در آب، رسوب و ذرات معلق در آب ارائه شده است.

شکل۲- نمودار مقایسه میانگین واقعی PCBsجامعه محیط های اندازه گیری شده بخش آبکنار تالاب انزلی – آذر ماه ۱۳۸۸(±S.E)

شکل(۲) بیشترین میانگین واقعی PCBs را در ذرات معلق در آب نشان می دهـد. غلظـت آلاینـده مـذکور 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 ضـریب تغییـرات را در عضـله اردک ماهی نشان می دهد. در مجموع می توان گفت بیشترین ضریب تغببرات در پوست ماهیـان و کمتـرین ضـریب تغییرات در عضله ماهیان مورد نظر می باشد (جدول۲).

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 شماره ۳ نتایج حاصل از تجمع زیستی در بافت ماهیان کپور و اردک ماهی را نشان می دهد، بیشترین تجمـع زیستی در پوست اردک ماهی و کمتـرین تجمـع زیسـتی در عضـله اردک مـاهی مـی باشـد. در مجمـوع مـی تـوان گفت،تجمع زیستی در پوست ماهیان بیشتر از عضله ماهیان بدست آمده است.

جدول ۳- نتایج حاصل ازتجمع زیستی در بافت های ماهیان

بافت ماهیان	تجمع زیستی($BCF=C_{tissue\ ppb}/C_{w\ ppb}$)
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 انـدازه گیـری شـده نشـان مـی 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=-0.323 P=0.305 N=12					
آب	R=-0.356 P=0.257 N=12	R=0.980 P=0.0001 R^2=%96 N=12				
پوست ماهی کپور	R=-0.549 P=0.126 N=9	R=-0.260 P=0.499 N=9	R=-0.203 P=0.600 N=9			
عضله ماهی کپور	R=0.356 P=0.347 N=9	R=0.851 P=0.004 R^2=%72 N=9	R=-0.126 P=0.747 N=9	R=-0.142 P=0.715 N=9		
وزن ماهی کپور	R=-0.383 P=0.308 N=9	R=-0.089 P=0.820 N=9	R=-0.227 P=0.558 N=9	R=0.878 P=0.002 R2=%77 N=9	R=0.070 P=0.858 N=9	
طول ماهی کپور	R=-0.347 P=0.360 N=9	R=-0.131 P=0.737 N=9	R=-0.220 P=0.570 N=9	R=0.903 P=0.001 R^2=%81 N=9	R=0.057 P=0.885 N=9	R=0.978 P=0.001 R^2=%96 N=9

نتایج نشان دهنده ی همبستگی مثبت قوی بـین غلظـت PCBs در عضـله مـاهی کپـور بـا ذرات معلـق در آب، همبستگی مثبت خیلی قوی بین غلظت PCBs در پوست ماهی کپور بـا وزن و طـول مـاهی کپـور، همبسـتگی مثبت خیلی قوی بین طول و وزن ماهی کپور و همبستگی مثبت خیلی قوی بـین غلظـت 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=-0.323 P=0.305 N=12					
آب	R=-0.356 P=0.257 N=12	R=0.980 P=0.0001 R^2=%96 N=12				
پوست اردک ماهی	R=0.169 P=0.663 N=9	R=-0.162 P=0.677 N=9	R=-0.365 P=0.334 N=9			
عضله اردک ماهی	R=0.442 P=0.233 N=9	R=-0.228 P=0.555 N=9	R=-0.395 P=0.293 N=9	R=0.127 P=0.745 N=9		
وزن اردک ماهی	R=-0.468 P=0.204 N=9	R=0.030 P=0.938 N=9	R=-0.032 P=0.934 N=9	R= -0.662 P=0.052 N=9	R=0.100 p=0.799 N=9	
طول اردک ماهی	R=-0.313 P=0.413 N=9	R=-0.005 P=0.989 N=9	R=-0.330 P=0.386 N=9	R=-0.294 P=0.442 N=9	R=0.402 P=0.284 N=9	R=0.871 P=0.002 R^2=%76 N=9

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

بحث و نتیجه گیری

همانطوری که در جدول (۱) ملاحظه می گردد، میزان میانگین غلظت PCBs در پوسـت اردک مـاهی۲۴/۳۶ نـانو گـرم درگرم وزن خشک بیشتر از غلظت PCBs در پوست ۲۱/۸۴و عضله ماهی کپور ۲۰/۸۶و بافت عضله اردک ماهی ۱۴/۳۶ نـانو گرم در گرم وزن خشک می باشد. علت آن به نوع تغذیه اردک ماهی مربوط می شود، از آنجائیکه اردک ماهی در آخـرین زنجیره غذایی و قبل از آخرین مصرف کننده (توسط انسان) قراردارد و با توجه به نوع تغذیه آن، که از ماهیان کـوچکتر و نرم تنان و موجودات پایین تر زنجیره غذایی خود (که آنها هم از فیتوپلانکتون و ذرات معلق در آب و بنتوزها تغذیـه مـی 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 بـر حسـب دمـای آب اردیبهشـت تـا تیرمـاه اسـت(وثـوقی ، ۱۳۸۱) انباشتگی کمتری نسبت به اردک ماهی در فصل پاییز داراست، زیرا زمان تخم ریزی اردک مـاهی در مـاه هـای بهمـن تـا فروردین می باشد (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷) و فرصت بیشتری نسبت به ماهی کپور جهت انباشـتگی ایـن آلاینـده را دارد. همچنین افزایش PCBs در پوست ماهیان نسبت به عضله آنان به علت تجمع بیشتر چربی در زیر پوست و انحلال نسـبتاً بالای آن در چربی می باشد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱)،

بر اساس محاسبات صورت گرفته با استفاده از آزمون ANOVA اختلاف معنی داری را بـین بافـت عضـله 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 نرمتنان دریای آدریاتیک انجـام داده و مطالعات آنها نشان داد که ماکزیمم سطح PCB در ماهیان منطقـه زاگـرب از ۰/۰۲ میلـی گـرم در کیلـوگرم وزن تا ۰/۰۵میلی گرم در کیلوگرم وزن بوده است.

نتایج نشان داد کـه همبسـتگی مثبـت قـوی بـین بافـت عضـله مـاهی کپـور و ذرات معلـق فیلتـر شـده در آب ($p=0.004;r=0.851;r^2=76\%;n=9$) وجود دارد، که می تواند بدلیل نوع رژیم غذایی مـاهی کپـور کـه از ذرات معلـق موجود در آب شامل فیتو ، زئوپلانکتون و بنتوز ها تغذیه می نماید باشد، با افزایش غلظت PCBs در ذرات معلـق 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 قـرار دارد کـه علـت 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 شـده،اختلاف معنـی داری بین غلظت PCB ها درآب با میزان PCB ها در رسوب ($p<0.0001$; $n=12$) و ذرات معلـق فیلتـر شـده 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 درآب و ذرات معلق فیلتـر شـده در آب وجـود دارد ($p=0.0001$ $n=12$; $r^2=96\%$; $r=0.980$;)بیانگر این مطلب می تواند باشد که با افزایش غلظت ایـن آلاینـده در آب، غلظـت آن در ذرات معلق در آب هم افزایش می یابد، زیرا آلودگی مورد نظر جذب ذرات معلق و موجودات معلق فیتـو پلانکتـونی و زئوپلانکتونی(از طریق فیلتر نمودن آب) در آب می گردد.

میـزان PCBs بدسـت آمـده در بافـت ماهیـان (حـداکثر ۰/۰۳۶۵۳ ppm و حـداقل ۰/۰۱۰۲۵ppm) کمتـر از اسـتانداردFDI Guidelines(۲ ppm) و اسـتاندارد Food Standards Australia/NZ MRL(۰/۵ میلـی گـرم بـر کیلـوگرم) و بیشـتر از اسـتاندارد (Recommended values as per USEPA Guidelines)USEPA values (۰/۰۲mg/kg) بوده است(بافت پوست ماهی اردک ماهی و عضله و پوست ماهی کپور).

همچنین میزان ماکزیمم میانگین واقعی(با ۹۵٪ اطمینان) PCBs بدست آمده در محیط های اندازه گیری شـده در بخش آبکنار تالاب انزلی (آب و رسوب) در فصل پاییز کمتر از استاندارد های توصیه شده آمریکا و کانادا بوده است ، (Recommended Water Quality Criteria E.P.A, 2010 و sediment quality guidelines Interim Canadian)

منابع

اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۱.آلاینده ها ، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر، تهران، ایران .

زاهد، محمد علی. ۱۳۷۶. شناسایی و اندازه‌گیری PCB_S 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 وآلودگی آن ها ۲۳تا ۲۵ اسفند ۱۳۸۶. دوره آموزشی کارشناسـان محیط زیست. تهران، ایران.

عبدلی،ا . و نادری، م. ۱۳۸۷. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات علمی آبزیان. تهـران، 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 s 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.