بررسی سموم هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدرین در رسوب، ماکروبنتوز و ماهی کاراس (*Carassius carassius*) در تالاب انزلی، ایران

- **مهشید کدخدایی‌الیادرانی*:** گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه دانشگاه آزاد اسلامي واحد تهران شمال، صندوق پستی: 181-19735
- **پریسا نجات‌خواه‌معنوی:** گروه زیست‌شناسی دریا ، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه دانشگاه آزاد اسلامي واحد تهران شمال، صندوق پستی: 181-19735
- **عبدالرحیم وثوقی:** گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه دانشگاه آزاد اسلامي واحد تهران شمال، صندوق پستی: 181-19735

تاریخ دریافت: فروردین 1393 تاریخ پذیرش: تیر 1393

چکیده

آفت‌کش‌های آلی کلره از انواع آلاینده‌هایی هستند که به‌علت حلالیت بالا در چربی و پایداریشان در محیط زیست، قادر به تجمع در بدن موجودات زنده و انتقال از طریق زنجیره‌غذایی می‌باشند. در تحقیق حاضر میزان سموم هپتاکلر و هپتاکلر اپوکسید و آلدرین در رسوب، ماکروبنتوز(شیرونومیده) و ماهی کاراس (*Carassius carassius*) در فصل بهارسال 1392، در 8 ایستگاه (سه ایستگاه در غرب، دو ایستگاه مرکز و سه ایستگاه در شرق) واقع در غرب تالاب انزلی (بخش آبکنار) توسط دستگاه کروماتوگرافی گاز GC-MS ارزیابی شدند. در نمونه‌های رسوب و ماهی، سم هپتاکلر اپوکسید به‌ترتیب با میانگین ppb (6/4±01/42) و (0/41±0/09) بیش‌ترین میزان را از سموم مورد مطالعه داشتند و در نمونه‌های بنتوز(شیرونومیده) بالاترین میانگین را سم آلدرین با میانگین ppb (0/0±16/07) به‌خود اختصاص داده است. در نمونه‌های رسوب، بیش‌ترین تجمع هر سه سم هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدرین در رسوب بخش شرقی آبکنار و در نمونه‌های ماهی بیش‌ترین تجمع این سموم در مرکز و شرق آبکنار بوده است. در نمونه‌های شیرونومیده بیش‌ترین تجمع سم هپتاکلر و آلدرین در غرب و مرکز آبکنار بوده است. روند غلظت سموم مورد بررسی در بخش‌های مختلف آبکنار به‌صورت غرب‌ومرکز‌شرق ارزیابی گردید. در مقایسه با استانداردهای بین المللی، میزان هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و سم آلدرین در رسوبات منطقه مورد مطالعه از استاندارد کشور کانادا (غلظت اثر آستانه) (TEC) بالاتر بوده درحالی‌که در نمونه‌های ماهی، غلظت هیچ‌کدام از سموم مورد بررسی بیش‌تر از میزان استاندارد اتحادیه اروپا EU (پارلمان اروپا) نبوده است. غلظت کلیه سموم در نمونه‌های بنتوز(شیرونومیده) ازحد استاندارد (حد تعریف غلظت سم) LOQ پایین‌تر بودند. هم‌چنین اختلاف معنی‌داری در میزان سم هپتاکلر اپوکسید در رسوب و هپتاکلر در ماهی و آلدرین در شیرونومیده وجود داشت (p <0/05). یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که در زنجیره‌غذایی (رسوب، شیرونومیده و ماهی کاراس)، بزرگ‌نمایی زیستی صورت گرفته است.

کلمات کلیدی: آفت‌کش‌های آلی کلره، تالاب انزلی، رسوب، ماهی (*Carassius carassius*)، شیرونومیده، گاز کروماتوگرافی

مقدمه

رشد جمعیت انسان منجر به رشد صنعت، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دیگر فعالیت‌های انسانی شده است که باعث ورود آلاینده‌ها به محیط زیست می‌شود. در میان آلاینده‌های زیست محیطی نگرانی اصلی در مورد آلاینده‌های آلی پایدار می‌باشد که به اختصار (POPs) خوانده می‌شود (Sudaryanto، 2007). آلاینده‌های آلی کلردار از جمله، آفت‌کش‌های ارگانوکلره (OCPs) مهم‌ترین گروه از آلاینده‌های آلی پایدار هستند که به‌دلیل ویژگی بزرگنمایی زیستی و اثرات سمی آن‌ها در محیط زیست باعث نگرانی جهانیان شده‌اند (Covaci، 2005؛ Law، 2003). آفت‌کش‌های آلی کلره در ساختار شیمیایی خود دارای اتم کربن آلی هستند که با اتم‌های مختلف دیگر پیوند یافته‌اند. اکثراً ترکیباتی چربی‌دوست بوده و در بافت‌های بدن جانوران و خصوصاً انسان تجمع می‌یابند، به‌همین دلیل دفع سریع آن‌ها از بدن به‌ندرت صورت می‌گیرد. این ترکیبات دارای دامنه سمیت بالا بوده و ترکیباتی پایدار هستند که به‌کندی متابولیزه می‌شوند و مدت زمانی که

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: kadkhodaei_mahshid@yahoo.com

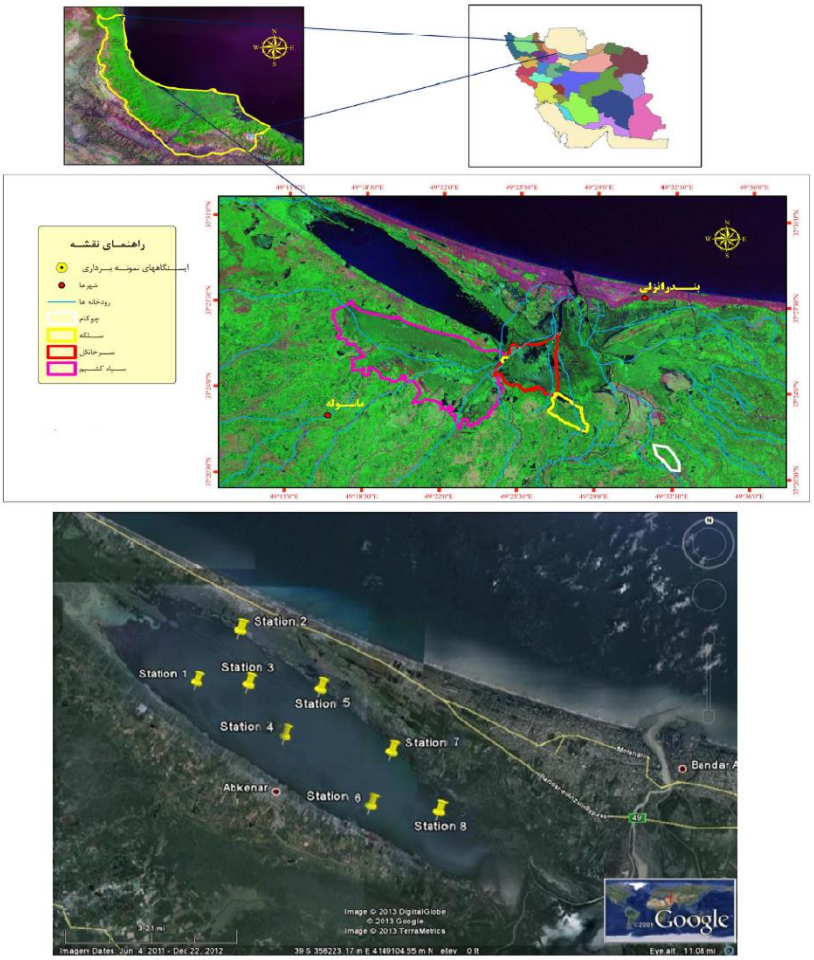
این ترکیبات در محیط باقی می‌مانند بسیار طولانی است (طالبی‌جهری، 1386؛ Sankar، 2006؛ Grudzyev، 1988). این ترکیبات به سه گروه اصلی DDT[1] و ترکیبات آن، حشره‌کش‌های سیکلودین (کلردان، هپتاکلر، آلدرین، دی‌آلدرین، اندوسولفان و...) و HCH[2] و ایزومرهای آن تقسیم می‌شوند (داوودی و همکاران، 1388؛ واکر، 2001). حجم بالای فعالیت‌های کشاورزی در شمال کشور و مصرف 60 درصد کل آفت‌کش‌ها در اطراف تالاب انزلی که یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های ایران و جهان می‌باشد، حفاظت از آن را درمقابل انواع آلاینده‌های زیست محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار کرده است (Heidari، 2003).

تالاب انزلی یکی از 10 تالاب ارزشمند جهان است که از سال 1354 تحت پوشش کنوانسیون رامسر قرار دارد و دارای 4 حوضچه مشخص شرقی، مرکزی، غربی و سیاه کشیم است. این تالاب مهم‌ترین زایشگاه جنوبی ماهیان دریایی خزر است (موسوی، 1381) و به‌علت همجواری با شهر انزلی به‌همین نام خوانده می‌شود (سرتاج و همکاران، 1384). ماهیان مسیر اصلی ورود این آلاینده‌ها به بدن می‌باشد و رسوبات نیز یکی از مهم‌ترین مکان‌ها برای ته‌نشست این سموم درمحیط‌های آبی و ابزاری قابل اعتماد برای ارزیابی آلودگی هستند (Mora، 2004؛ voorspoels و همکاران، 2004). در دو مطالعه بر روی ماهیان و رسوبات تالاب انزلی، در نمونه‌های دو فصل زمستان و بهار، در بین سیکلودین‌ها اندوسولفان و هپتاکلراپوکسید بیشترین و آلدرین کم‌ترین میزان را دارا بودند و غلظت سموم ارگانوکلره در مقایسه با PCBs بالاتر بوده است که این حاکی از غالب بودن فعالیت‌های کشاورزی نسبت به فعالیت‌های صنعتی در آن حوزه بوده است (جاودان‌خرد 1390؛ 1389). بنابراین راه یافتن این سموم به تالاب انزلی و تجمع آن‌ها در بدن جانوران سبب افزایش این ترکیبات در چرخه اکولوژیکی تالاب انزلی شده که این امر علاوه بر سلامت جانداران امنیت و بهداشت غذایی انسان‌ها را نیز به خطر می‌اندازد. لذا هدف از این مطالعه ارزیابی ترکیبات هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدرین از سموم ارگانوکلره در رسوب، ماکروبنتوز و ماهی کاراس (*Carassius carassius*) و ارتباط و همبستگی میزان سموم در رسوب، ماکروبنتوز و ماهی کاراس می‌باشد. هم‌چنین غلظت آفت‌کش‌ها با استانداردهایی بین‌المللی مقایسه شده غلظت آفت‌کش‌ها در بخش‌های مختلف آبکنار مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق نمونه‌برداری از 8 ایستگاه (سه ایستگاه در غرب، دو ایستگاه مرکز و سه ایستگاه شرق) واقع در منطقه غرب تالاب انزلی (آبکنار) در فصل بهار 1392 انجام گرفت. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها به‌کمک دستگاه GPS ثبت گردید (شکل 1). نمونه‌برداری با سه بار تکرار از ماکروبنتوز و نیز رسوبات سطحی از عمق 5 سانتی‌متر با استفاده از دستگاه گرب صورت گرفت و سپس از الک 0/5 میلی‌متری برای جداسازی ماکروبنتوزها استفاده شد و نمونه‌برداری از ماهی کاراس با استفاده از تور ماشک یا سالیک صورت گرفت و اطلاعات زیست‌سنجی آن‌ها (متوسط طول بدن ماهیان 10/20 سانتی‌متر و متوسط وزن بدن ماهیان 66/55 گرم) ثبت و سپس نمونه‌ها در شرایط خنک و درون یخدان حاوی یخ به آزمایشگاه انتقال داده شد. لازم به ذکر است که در هر ایستگاه اسیدیته آب توسط pH Meter و هدایت الکتریکی آب و دما توسط دستگاه EC Meter هم‌زمان با نمونه‌برداری انجام شد.

[1] DDT = Dichloro diphenyl trichloroethane
[2] HCH = Hexachlorocyclohexanes



شکل 1: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در غرب تالاب انزلی، بهار 1392

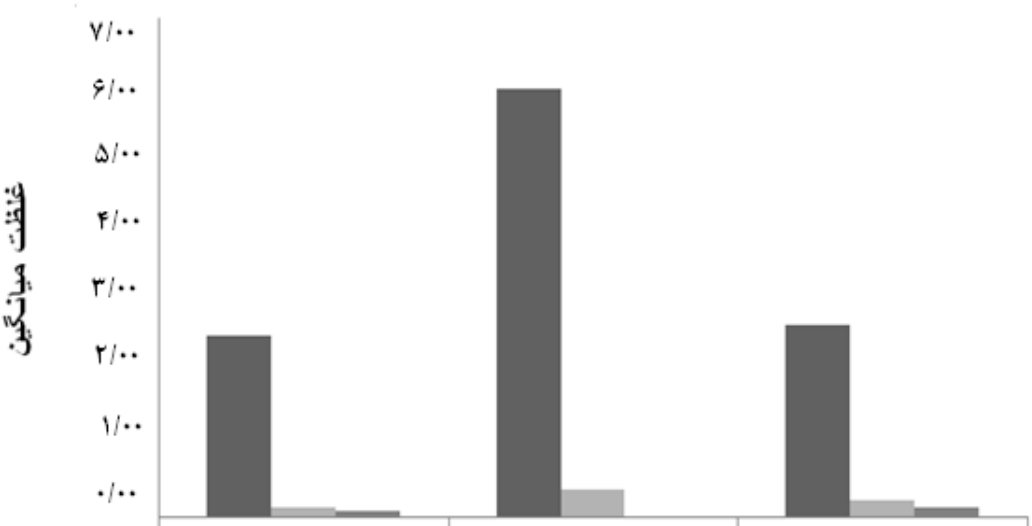
آنالیز نمونه‌ها: آنالیز سموم ارگانوکلره در نمونه‌های رسوب، ماهی و بنتوز با روش MOOPAM (1999) و به‌وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی جرمی مدل GC 7890N، شرکت سازنده Agilent و محصول کشور آمریکا با دتکتور مدل MS 5975C عمل یونیزاسیون به‌روش EI (Electron Ionization) و مجهز به ستون کاپیلاری HP-5MS به طول 30 متر و قطرستون 0/25 میلی‌متر و ضخامت فیلم 0/25 میکرومتر انجام گرفته است.

روش تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار SPSS(Version20) انجام گردید. به‌منظور بررسی اختلاف معنی‌دار در مقدار سموم مورد نظر در ایستگاه‌های مختلف از آزمون One Way ANOVA استفاده گردید. در صورت نرمال بودن داده‌ها ابتدا توسط آزمون Shapiro-Wilk مورد بررسی قرار گرفت و در صورت نرمال نبودن توسط روش لگاریتمی نرمال گردیدند. در مواردی که داده‌ها نرمال نبود، یا امکان نرمال کردن آن‌ها وجود نداشت، برای مقایسهٔ کلی داده‌ها به منظور بررسی اختلاف معنی‌دار در میزان سم، آزمون ناپارامتریک Kruskal–Wallis مورد استفاده قرار گرفت و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون من ویتنی یو استفاده شد. به‌منظور محاسبه ضریب همبستگی، در صورت نرمال نبودن داده‌ها از آزمون همبستگی ناپارامتریک اسپیرمن و در صورت نرمال بودن داده‌ها از

آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید است.

نتایج

نتایج نشان داد که، بیش‌ترین مقدار میانگین سم ارگانوکلره در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه متعلق به هپتاکلر اپوکسید ppb (6/01±4/42) بوده است. دیگر سموم مورد بررسی در این تحقیق یعنی آلدرین و هپتاکلر با مقدار میانگین ppb (2/74±2/36) و ppb (2/56±2/10) دررتبه دوم و سوم قرار داشتند. مقدار میانگین سموم ارگانوکلره آلدرین، هپتاکلراپوکسید و هپتاکلر موجود در بافت ماهی در مجموع ایستگاه‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر به‌ترتیب ppb (0/26±0/13)، ppb (0/41±0/09) و ppb (0/15±0/04) می‌باشد که در این بین سم هپتاکلراپوکسید بیشترین میزان را به‌خود اختصاص داده است. هم‌چنین مقدار سموم ارگانوکلره هپتاکلر و آلدرین اندازه‌گیری شده در نمونه‌های ماکروبنتوز (شیرونومیده) در ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌ترتیب با میانگین ppb (0/11±0/08) و ppb (0/16±0/07) پایین بودند که بیشترین مقدار مربوط به سم آلدرین بود. غلظت سم هپتاکلر اپوکسید در نمونه‌های شیرونومیده کم‌تر از حد شناسایی دستگاه (ppb 1>) بوده است. غلظت هر کدام از این سموم در شکل2 آمده است.



	هپتاکلر	هپتاکلر اپوکسید	آلدرین
رسوب	۲/۵۶	۶/۰۱	۲/۷۰
ماهی	۰/۱۶	۰/۴۱	۰/۲۴
شیرونومید	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۱۶

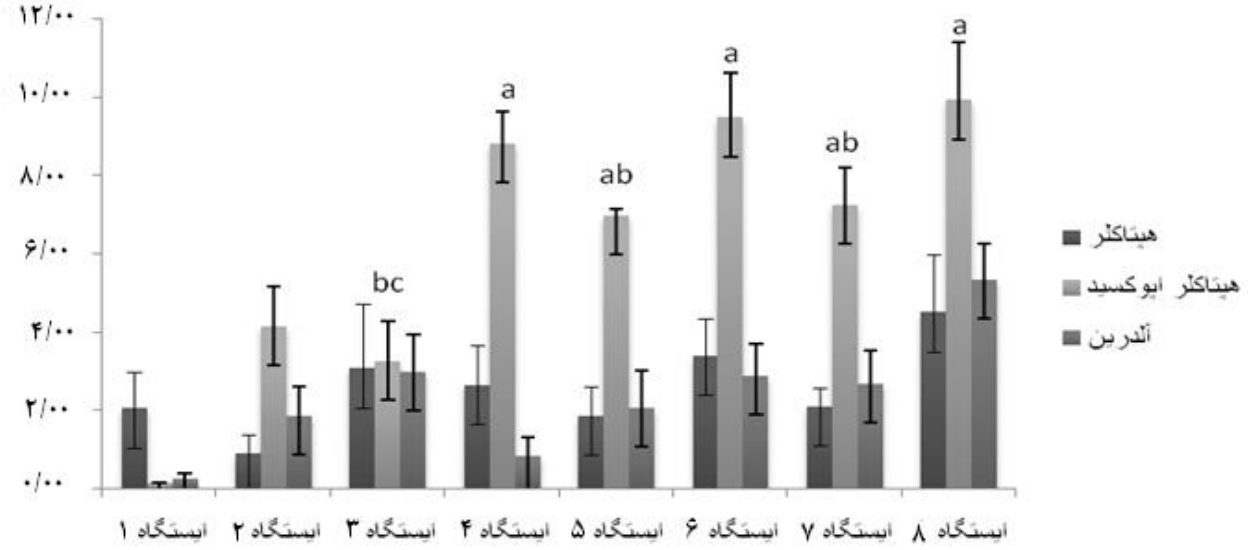
شکل 2 : غلظت سموم کشاورزي ارگانوکلره در رسوبات، ماهي و بنتوز (شیرونومید) درکلیه ایستگاه‌هاي مورد مطالعه برحسب نانوگرم بر گرم وزن تر در بخش غربی تالاب انزلی (آبکنار) در بهار 1392

مقایسه سموم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدرین در بین ایستگاه‌ها: براساس شکل 3 میزان غلظت هر یک از سموم هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدرین را در نمونه‌های رسوبات نشان داده شده است. به‌طورکلی هر سه سم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدرین در نمونه-

های رسوب در بخش شرقی (ایستگاه 8)، به‌ترتیب با غلظت میانگین ppb (4/49±1/48)، ppb (9/91±1/48) و ppb (5/32±0/92) بیشترین مقدار را داشتند. کم‌ترین مقدار سم هپتاکلر با غلظت میانگین ppb (0/89±0/47) در ایستگاه 2 و سموم هپتاکلراپوکسید و آلدرین به‌ترتیب با میانگین ppb (0/14±0/01)، ppb (0/26±0/13)، در ایستگاه 1 مشاهده گردیده است.

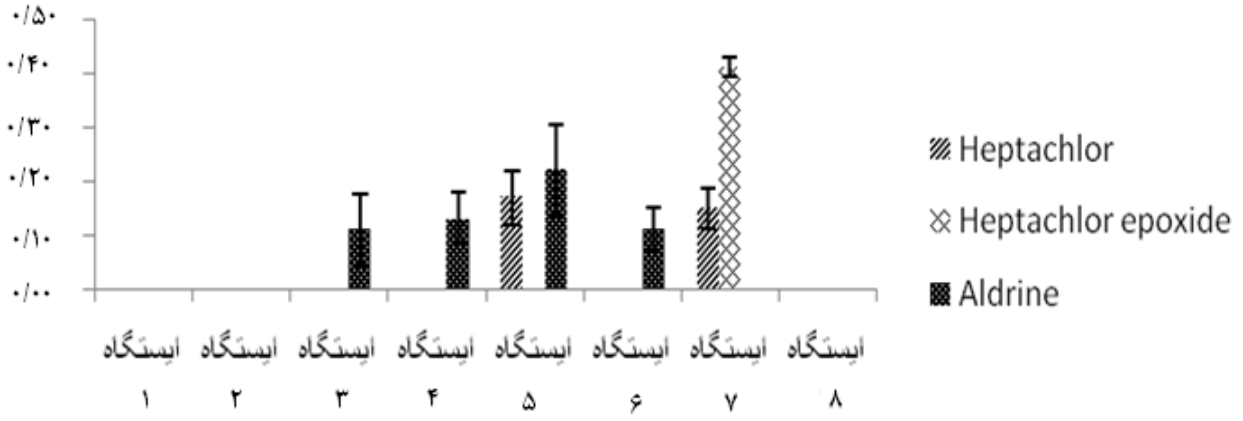
نتایج آزمون One Way ANOVA، تنها سم هپتاکلراپوکسید در نمونه‌های رسوبات، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در ایستگاه‌های مختلف بود ($p<0/05$). سموم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدرین تنها در بافت عضله نمونه‌های ماهی مربوط به ایستگاه‌های 5، 7، 5 (مرکز و شرق آبکنار) به‌ترتیب با میانگین غلظت (0/17±0/05)، (0/41±0/013)، (0/22±0/08) ppb مشاهده گردید ولی در بیشتر ایستگاه‌ها میزان سموم کم‌تر از حد شناسایی دستگاه (ppb 1>) بود (شکل4).

نتایج آزمون One Way ANOVA، تنها اختلاف معنی‌دار در مقدار سم هپتاکلر در نمونه‌های ماهی ایستگاه‌های مختلف بود ($p<0/05$).



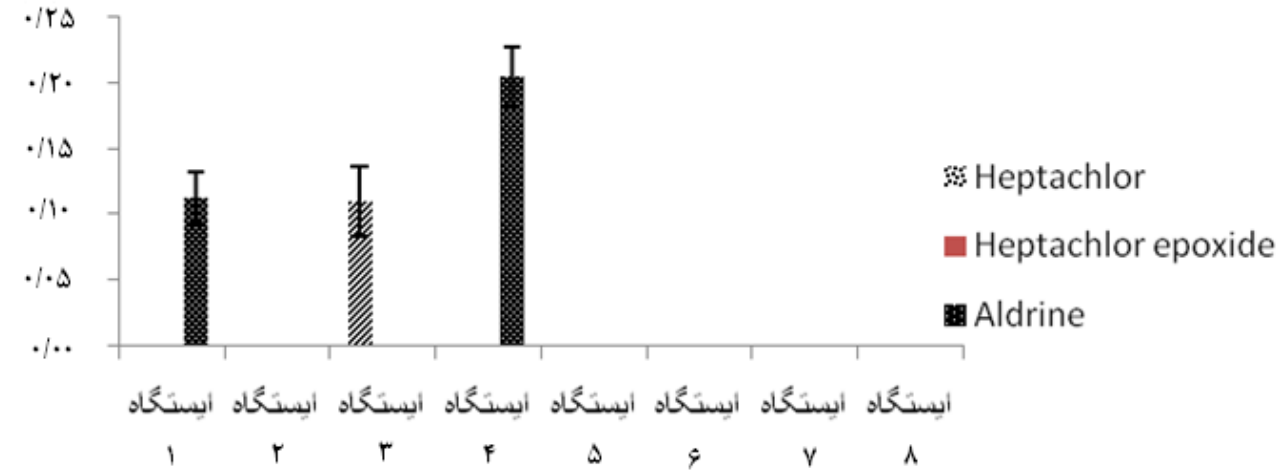
شکل3: میزان سموم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدرین در نمونه‌های رسوب 8 ایستگاه مورد مطالعه بر حسب نانوگرم بر گرم در بخش غربی تالاب انزلی (آبکنار) در بهار 1392

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌های مختلف در میزان سم است ($p<0/05$)



شکل4: میزان سموم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدرین در نمونه‌های عضله ماهی 8 ایستگاه مورد مطالعه برحسب نانوگرم بر گرم در بخش غربی تالاب انزلی (آبکنار) در

بیشترین میزان سموم هپتاکلر و آلدرین در نمونه‌های ماکروبنتوز (شیرونومیده) به‌ترتیب در ایستگاه‌های 3 و 4 (غرب و مرکز آبکنار) با میانگین ppb (0/11±0/02)، ppb (0/20±0/02) مشاهده گردید. برطبق نتایج آزمون One Way ANOVA، تنها اختلاف معنی‌دار در مقدار سم آلدرین در نمونه‌های ماکروبنتوز (شیرونومیده) ایستگاه‌های مختلف بود، (p<0/05) (شکل 5).



شکل5 : میزان سموم هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدرین در نمونه‌های ماکروبنتوز (شیرونومیده) 8 ایستگاه مورد مطالعه بر حسب نانوگرم بر گرم در بخش غربی تالاب انزلی (آبکنار) در بهار 1392

بحث

در این تحقیق، در نمونه رسوبات، حداکثر میزان هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدرین در منطقه شرقی (ایستگاه 8) و به‌ترتیب ppb (4/49±1/48)، (9/91±1/48) و (5/32±0/92) گزارش شد. کم‌ترین میزان هپتاکلر در ایستگاه 2 (ایستگاه غربی) (0/89±0/47) و کم‌ترین میزان هپتاکلراپوکسید و آلدرین در ایستگاه 1 و به‌ترتیب (0/14±0/01) و (0/26±0/13) به‌دست آمد (شکل 3).

با ذکر این مطلب که بخش شرقی منطقه آبکنار (ایستگاه 8) در دهانهٔ رودخانه قرار دارد و ورودی‌ها به این منطقه نسبت به منطقه مرکز و غرب آبکنار بیشتر است (جاودان‌خرد، 1389) و هم‌چنین همه ساله مقدار زیادی آفت‌کش از طرق مختلف به محیط راه پیدا می کنند و تالاب انزلی توسط 25 رودخانه اصلی و فرعی تغذیه می‌شود که 52 درصد آن به بخش مرکزی کل تالاب انزلی، که بیشترین میزان ورودی است می‌ریزد (طالبی جهرمی، 1390)، ورود پساب‌های کشاورزی و شهری و هم‌چنین رسوب‌گذاری بیش از حد مواد رسوبی سبب کاهش عمق آب تالاب و انواع آلودگی می‌شود (بهروزی‌راد، 1387).

انباشتگی مقدار زیادی مواد رسوبی از زمین‌های کشاورزی اطراف در این ایستگاه علاوه بر کاهش عمق احتمالاً دلیلی بر افزایش سموم ارگانوکلره در بخش شرقی (ایستگاه 8) بوده است.

از سوی دیگر پایداری و جابه‌جایی آفت‌کش‌ها در داخل رسوب اهمیت خاصی دارد. کلوئیدها در خاک و رسوبات به‌علت اندازه کوچک و افزایش نسبت سطح به حجمشان از نظر جذب ترکیبات اهمیت دارند. مولکول‌های ترکیبات آلی از جمله آفت‌کش‌ها برای جذب شدن در سطح

کلوئیدهای خاک و رسوبات با آب رقابت می‌کنند و ترکیبات آبگریز با پیوند محکمی جذب کلوئیدها می‌شوند در نتیجه در خاک و رسوبات بدون تحرک و جابه‌جایی خواهند بود (طالبی‌جهرمی، 1390).

احتمالاً وجود مواد کلوئیدی بیشتر درمنطقه شرقی، دلیلی دیگر در خصوص افزایش سموم در این منطقه است. بعضی حشره‌کش‌های آلی کلره، یا متابولیت‌های پایدار آن‌ها، نیمه عمرهای زیستی بسیار طولانی و پایداری بسیار زیاد در محیط زیست دارند. هپتاکلراپوکسید متابولیت پایدارهپتاکلر است با این وجود توانایی ماندگاری بیشتری در محیط داشته است (واکر، 2001).

تحقیق حاضر بیانگر بالا بودن غلظت میانگینی سم هپتاکلر اپوکسید نسبت به سم هپتاکلر در تمام ایستگاه‌ها به‌غیر از ایستگاه 1 می‌باشد. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد سم هپتاکلر در طبیعت در اثر واکنش اکسیداسیون درفرایند تجزیه حلقه‌های آروماتیک به هپتاکلر اپوکسید که ایزومری با پایداری بالا و سمیت بیشتر است تبدیل می‌شود (رخشانی، 1384؛ اسماعیلی ساری، 1381).

تقریباً در قسمت جنوبی تالاب غربی روستایی به نام گرکان واقع است که طبق آمار اداره کشاورزی انزلی دارای زمین‌های برنج‌کاری، صیفی‌کاری و... است و توسط رود گرکان رودبار (که این رودخانه از جنگل می گذرد)، از طریق سه انشعاب شیله سر-کچلک و صافخاله، با تالاب غرب (آبکنار) در ارتباط است (طویلی، 1383). باتوجه به مطالب گفته شده، بخشی از آلاینده‌های کشاورزی این روستا توسط این سه انشعاب وارد بخش غربی تالاب انزلی (آبکنار) می‌گردد. احتمالاً دلیل بیشتر بودن سم هپتاکلر نسبت به سم هپتاکلر اپوکسید در ایستگاه 1 در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها، علی‌رغم منع مصرف سم هپتاکلر در سال 1988، استفاده آن به تازگی در این خطه بوده باشد. میزان کل سموم ارگانوکلره مورد مطالعه در تحقیق حاضر برای سم هپتاکلر ppb (2/56±2/10)، برای سم هپتاکلر اپوکسید ppb (6/01±4/42) و برای سم آلدرین ppb (2/74±2/36) به‌دست آمد که از استاندارد بین المللی کانادا TEC بالاتر بوده‌اند (جدول 1).

در مقایسه با مقدار سم هپتاکلر اپوکسید درتحقیق جاودان‌خرد و همکاران (1389) نیز هم‌چنان به‌مقدار زیاد و فراتر از حد استاندارد کانادا بوده است. میزان سم آلدرین در مطالعه حاضر نسبت به تحقیق ذکر شده در سال 1389، افزایش پیدا کرده و فراتر از حد استاندارد کانادا شده است.

در واقع همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، وجود زمین‌های کشاورزی بالاترین تاثیر را در میزان سم هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدرین استفاده شده دارد که با یافته‌ها و نتیجه‌گیری کشاورزی فرد و همکاران (1386) در رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر، Mora و همکاران (2004) بر روی رسوبات سواحل دریای خزر و Adeboyejo و همکاران (2011) در رسوبات تالاب نیجریه مطابقت نشان می‌دهد.

جدول 1: مقایسه مقادیر به‌دست آمده در تحقیق حاضر با استانداردهای بین المللی (Skretting Australia Residue Monitoring، 2013؛ Wasswa و همکاران، 2011؛ Gorni و Weber، 2004)

		نتایج تحقیق حاضر	استاندارد کانادا	استاندارد اتحادیه اروپا (ppm)	LOQ (ppb)
		Ppb (min±SD)	TEC (ppb)		
رسوب	هپتاکلر	2/56±2/10	1	-	-

		هپتاکلر اپوکسید	6/01±4/42	2/47	-	-
		آلدرین	2/74±2/36	2	-	-
		هپتاکلر	0/15±0/04	-	0/01	-
	ماهی کاراس	هپتاکلر اپوکسید	0/41±0/09	-	0/01	-
		آلدرین	0/26±0/13	-	0/02	-
		هپتاکلر	0/11±0/02	-	-	0/3
	شیرونومید	هپتاکلر اپوکسید	ND	-	-	0/4
		آلدرین	0/20±0/02	-	-	0/4

TEC = Threshold effect concentration
LOQ = Limit of Quantification

در خصوص نمونه های ماهی، بیش‌ترین میزان سموم هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدرین به‌ترتیب در ایستگاه‌های 5، 7، 5 (مرکز و شرق آبکنار) و با غلظت ppb (0/17±0/05)، (0/41±0/013)، (0/22±0/08) و کم‌ترین میزان پایین‌تر از حد شناسایی دستگاه (<1ppb)، در بیش‌تر ایستگاه‌ها بوده است (شکل4).

به‌طورکلی ماهیان به‌علت متحرک بودن در یک نقطه ساکن نبوده و دارای حرکت به نواحی مختلف هستند (Upadhi و Wokoma، 2012). هم‌چنین ماهی کاراس دارای قدرت تحمل قابل ملاحظه و گونه‌ای با قابلیت همه‌چیزخواری است و علاوه برتغذیه از کفزیانی چون لارو شیرونومیده، از زئوپلانکتون، فیتوپلانکتون، لاروماهیان و سخت‌پوستان نیز تغذیه می‌کند (باقری و همکاران، 1389؛ عبدلی و نادری، 1387).

بنابراین احتمالاً در تحقیق حاضر ماهی کاراس به‌علت متحرک بودن و به‌علت همه‌چیزخوار بودن، در مسیر حرکت خود تا ایستگاه‌های ذکر شده، در قسمت‌های دیگر نیز به تغذیه پرداخته و از این‌رو از موادغذایی آلوده به سموم نیز تغذیه کرده باشد و سپس وارد این منطقه شده است. از سوی دیگر رسوبات به‌عنوان یک مخزن برای آلاینده‌های پایدار عمل می‌کنند (طالبی‌جهرمی، 1386) با تعلیق دوباره رسوبات در اثر تلاطم آب و عبور ذرات معلق از آبشش ماهی ممکن است دسترسی بیولوژیکی آفتکش‌ها افزایش‌یابد و چون این سموم چربی‌دوست هستند، انباشتگی آن‌ها در بافت ماهی می‌تواند افزایش یابد (Kafilzadeh و همکاران، 2010؛ واکر، 2001).

در تحقیق حاضر در نمونه‌های ماهی سموم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدرین به‌ترتیب ppb (0/15±0/04)، ppb (0/41±0/09) و ppb (0/26±0/13) به‌دست آمد که در مقایسه با استاندارد اتحادیه اروپا کم‌تر بوده‌اند (جدول 1). به‌طور مشابه در تحقیق انجام شده توسط جاودان‌خرد و همکاران (1390) برروی ماهی کاراس در تالاب انزلی، مقدار سموم هپتاکلر اپوکسید و آلدرین پایین تر از حد استاندارد اروپا بودند.

هم‌چنین در تحقیق واعظ زاده و همکاران (1387) بر روی ماهی کپور (هم خانواده با ماهی کاراس) در شهر انزلی، مقدار سم هپتاکلر با میانگین ppm 0/335، بیش‌ترین میزان سموم اندازه‌گیری شده را به‌خود اختصاص داده است. درحالی‌که در تحقیق حاضر در نمونه ماهی در تالاب غرب (آبکنار)، سم هپتاکلر با میانگین ppm 0/00015 مقدار کم‌تری از تحقیق مذکور داشته است.

حداکثر میزان سموم هپتاکلر و آلدرین در نمونه‌های بنتوز (شیرونومیده) به‌ترتیب در ایستگاه‌های 3 و 4 (غرب و مرکز آبکنار) با میانگین ppb

(0/11±0/02)، (0/20±0/02) ppb مشاهده گردید (شکل 5).

در تحقیق حاضر، خانواده شیرونومیده از راستهٔ دیپترا، گروه غالب و تنها فون ماکروبنتیکی به‌دست آمده در نمونه‌برداری‌ها در منطقهٔ تالاب غرب (آبکنار) را تشکیل داده‌اند. مشابه نتایج پژوهش حاضر، قریب‌خانی و تابینا (1387) بیان کردند، ورود فاضلاب‌های کشاورزی و شهری، سبب ایجاد آلودگی و کاهش توان بنتوزی در منطقه شده است. لارو شیرونومیده نیز به‌دلیل قدرت تحمل بالایی که در شرایط افزایش آلودگی دارد، موجود غالب و شاخص آلودگی در منطقه محسوب می‌شود (طالبی جهرمی، 1386).

با توجه به این که لارو شیرونومیده در اواسط بهار به‌تدریج به‌طرف بالای گیاهان ماکروفیت متمایل می‌شوند و از آن‌جا که اطراف تالاب به‌طور متوسط پوشیده از گیاهان آبزی است، امکان تخم گذاری برای لارو حشرات مخصوصاً خانواده شیرونومیده را در لابه‌لای گیاهان فراهم می‌کند، که این موضوع سبب مهاجرت عمودی لاروها از رسوبات کف به طرف سطح آب می‌باشد (صلواتیان، 1390؛ Kornijow، 1992).

بدین‌ترتیب تراکم لاروهای شیرونومیده در رسوبات بستر می‌تواند کم شود. با مقایسه نتایج تحقیق حاضر درخصوص سموم هپتاکلر و آلدرین موجود در نمونه شیرونومیده با استاندارد LOQ (حد تعریف غلظت سم)، مقادیر سموم از حد مجاز استاندارد ذکر شده کم‌تر است (جدول 1).

بنابراین تجمع زیستی ترکیبات ارگانوکلره در طبقات پائین زنجیره‌غذایی مانند بنتوزها و بعد از آن در طبقات غذایی بالاتر نشان می‌دهد که ترکیبات ارگانوکلره قادرند به‌دلیل خاصیت هیدروفوبی، در چربی بدن موجودات زنده تجمع و چند برابر شوند و با توجه به نتایج حاصله در ایستگاه‌های مختلف در منطقه آبکنار در بحث زنجیره‌غذایی و بزرگنمایی زیستی سموم مورد مطالعه، می‌توان بیان کرد که میانگین غلظت سم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدرین تجمع یافته در عضله ماهی کاراس نسبت به میانگین غلظت این سموم در لارو شیرونومیده بیشتر بوده است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که در زنجیره غذایی (رسوب، شیرونومیده و ماهی کاراس)، بزرگنمایی زیستی صورت می‌گیرد. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج Wang و همکاران (2009) که نشان‌دهنده بزرگنمایی زیستی آفتکش‌های ارگانوکلره در ماهی رودخانه Taiho در چین می‌باشد، مطابقت نشان می‌دهد.

بنابراین با مقایسه نتایج تحقیق حاضر با مطالعات گذشته در سال‌های 1387، 1389 و 1390 می‌توان بیان کرد که سم هپتاکلر و هپتاکلراپوکسید، هم‌چنان دررسوبات تالاب انزلی به‌مقدار زیاد وجود دارند و مقدار سم آلدرین در رسوبات تالاب انزلی نسبت به گذشته افزایش داشته است. هم‌چنین مقدار سموم هپتاکلر و هپتاکلراپوکسید در ماهیان تحقیق حاضر نسبت به گذشته کم‌تر بوده و سم آلدرین در ماهیان مقدار تقریباً برابری نسبت به تحقیقات گذشته داشته است.

منابع

1. **اسماعیلی‌ساری، ع.، 1381.** آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر. تهران. 769 صفحه.
2. **باقری، ط.؛ عبدلی، ا. و هدایتی، س.ع.ا.، 1389.** بررسی سن و رشد ماهی کاراس در مصب رودخانهٔ گرگان. مجله زیست شناسی ایران. جلد 23، شماره6، صفحات 843 تا 849.
3. **بهروزی‌راد، ب.، 1387.** تالاب‌های ایران. انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. تهران. چاپ اول. 798 صفحه.
4. **جاودان‌خرد، ا.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و بهرامی‌فر، ن.، 1389.** بررسی بقایایی آفتکش‌های آلی پایدار در

رسوبات تالاب انزلی، مجله محیط شناسی. سال 37، شماره 57، صفحات 35 تا 44.

5. **جاودان‌خرد، ا.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و بهرامی‌فر، ن.، 1390.** پایش آفت‌کش‌های آلی کلره و بی‌فنیل‌های چندکلره در سه گونه از ماهیان خوراکی در تالاب انزلی. نشریه دامپزشکی. شماره 95، صفحات 49 تا 59.

6. **داوودی، م.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ بهرامی‌فر، ن. و رجایی، ف.، 1388.** بررسی غلظت آفت‌کش‌های آلی کلره در ماهی کپور معمولی (***Cyprinus carpio***) در تالاب شادگان، مجله علوم و فنون دریایی. دوره 8، شماره‌های 1 و 2، صفحات 57 تا 65.

7. **رخشانی، ا.، 1384.** اصول سم شناسی کشاورزی. انتشارات فرهنگ جامع. چاپ دوم. 376 صفحه.

8. **سرتاج، م.؛ فتح‌الهی‌دهکردی، ف. و فیلی‌زاده، ی.، 1384.** بررسی روند انتشار و تجمع فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی. مجله منابع طبیعی ایران. شماره 3، صفحات 623 تا 633.

9. **صلواتیان، س.م.، 1390.** شناسایی گونه‌ای ماکروبنتوزهای رودخانه‌های ورودی به دریاچه سد لار. مجله علوم زیستی واحد لاهیجان. سال 5، شماره 4، صفحات 67 تا 78.

10. **طالبی‌جهرمی، خ.، 1390.** سم‌شناسی آفت‌کش‌ها، موسسهٔ انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. چاپ چهارم. 507 صفحه.

11. **طویلی، ع.، 1383.** تاریخ جامع بندرانزلی. جلد اول. انتشارات فیض کاشانی. تهران. صفحات 847 تا 853.

12. **عبدلی، ا.، و نادری، م.، 1387.** تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات علمی آبزیان. 106 صفحه.

13. **قریبخانی، م. و تاتینا، م.ف.، 1387.** توان تولید طبیعی رودخانهٔ لوندویل آستارا براساس جوامع کفزیان. مجله شیلات. سال 2، شمارهٔ 4، صفحات 25 تا 32.

14. **کشاورزی‌فرد، م.؛ ماشینچیان-مرادی، ع.؛ فاطمی، م.ر. و اسماعیلی‌ساری، ع.، 1386.** بررسی غلظت سموم کشاورزی ارگانوکلره در رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره 14، شماره 2، صفحات 107 تا 113.

15. **موسوی، س.، 1381.** نقش گیاهان غالب انزلی در تجمع عناصرسنگین. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس. 98 صفحه.

16. **واعظزاده، و.؛ ماشینچیان‌مرادی، ع.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و فاطمی، س.م.ر.، 1387.** بررسی غلظت سموم کشاورزی ارگانوکلره در گوشت دو ماهی اقتصادی کپور و سفید در سواحل جنوب غربی دریای خزر. مجله علوم محیطی. سال 5، شماره 3، صفحات 33 تا 40.

17. **واکر، س. ج.، 2001.** آلاینده‌های آلی از دیدگاه سم‌شناسی محیطی. مترجم: دبیری، م.، 1387. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی. 400 صفحه.

18. **Covaci, A.; Gheorghe, A.; Voorspoels, A.; Maervoet, J.; Redeker, E.S.; Blust, R. and Schepens, P., 2005.** Polybrominated Diphenyl Ethers, Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticides in Sediment Cores from the Western Scheldt River (Belgium): Analytical Aspects and Depth Profiles. Environmental International. Vol. 31, pp: 367-375.

19. **Gorni, R. and Weber, R.R., 2004.** Organochlorine pesticides residues and PCBs in benthic organisms of the inner shelf of thesao Sebatiano channel. Sao Paulo.Brazil. Brazilian journal of Oceanography. Vol. 52, No. 2, pp: 141-152.

20. **Grudzyev, G.S.; Zinchenko, V.A. and Slovtsov, R.L., 1988.** The Chemical Protection of Plants, Mir Publisher. Moscow. 257 p.

21. **Heidari, H., 2003.** Farmer Field schools (FFs) slash pesticide use and exposure in Islamic republic of iran.Agro-Chemical Report. Vol. 3, pp: 23-26

22. **Kafilzadeh, F.; Shiva, A.H.; Malekpour, R. and Noorani Azad, H., 2012.** Determination of Organochlorine Pesticide Residues in Water, Sediments and Fish from Lake Parishan, Iran: World Journal of Fish and Marine Sciences. Vol. 4, No. 2, pp: 150-154.

23. **Kornijow, R., 1992**. Seasonal migration by larvae of an epiphytic chironomid. Freshwater biology, Department of Zoology and hydrobiology. Agriculture University, Academika 13, 20-950 Lubline Poland. Vol. 27, pp: 85-89.

24. **Law, R.J.; Alaee, M.; Alchin, C.R.; Boon, J.P.; Lebuf, M. and Leporn, P., 2003.** Levels and Trends of Polychlorinated Diphenylethers and Other Brominated Flame Ritandans in Wild Life. Environmental International. Vol. 29, pp: 757-770.

25. **MOOPAM. 1999.** Manual of Oceanographic Observation and Pollution Analysis Methods ROPME-Kuwait. 374 p.

26. **Mora, S.D.; Villeneuve, J.P.; Sheikholeslami, M.R.; Cattini, C. and Tolosa, I., 2004.** Organochlorinated Compounds in Caspian Sea Sediments. Marine Pollution Bulletin. Vol. 48, pp: 30-43.

27. **Sankar, T.V.; Zynudheen, A.A.; Anandan, R. and Nair, P.G.V., 2006.** Distribution of Organochlorine Pesticides and Heavy Metal Residue in Fish and Shellfish from Calicute Region, Kerala, India. Chemosphere. Vol. 65, 583 p.

28. **Skretting Australia Residue Monitoring. 2013.** Summary of result 2008-2011. www.skretting.com.au

29. **Sudaryanto, A.; Monirith, I.; Kajivara, N.; Takahashi, S.; Hartono, P.; Mouawanah, M.; Omori, K.; Takeoka, H. and Tanabe, S., 2007.** Level and Disribution of Organochlorines in Fish from Indonesia. Environmental International. Vol. 33, No. 6, pp: 750-758.

30. **Upadhi, F. and Wokoma, O.A.F., 2012.** Examination of Some Pesticide Residues in Surface Water, Sediment and Fish Tissue of Elechi Creek, Niger Delta, Nigeria.Research journal of Environmental and Erth Sciences. Vol. 4, pp: 941-943.

31. **Voorspoels, S.; Covaci, A.; Maervoet, J.; De Meester, I. and Schepens, P., 2004.** Levels and Profiles of PCBs and OCPs in Marine Benthic Species from the Belgian Sea and the western Scheldt Estuary. Marine Pollution Bulletin. Vol. 49, pp: 393-404.

32. **Wang, D. Q.; Yu, Y.X. and Zhang, X.Y., 2012.** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Organochlorine Pesticides in Fish from Taihu Lake: their levels, Sources, and Biomagnification: Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 82, pp: 63-70.

33. **Wasswa, J.; Kiremire, B.T.; Nkedi-Kizza, P.; Mbabazi, J. and Ssebugere, P., 2011.** Organochlorine pesticide residues in sediments from the Uganda sideof Lake Victoria. Chemosphere. Vol. 82, pp: 130-136.