



علوم محیطی

علوم محیطی سال هشتم، شماره اول، پاییز ۱۳۸۹
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.8, No.1, Autumn 2011

۱۷۵-۱۸۸

بررسی میزان تجمع آفت‌کش د.د.ت در ماهیان خوراکی تالاب شادگان و ارزیابی خطر آن برای مصرف‌کنندگان

مرتضی داودی^{۱*}، عباس اسماعیلی ساری^۲، نادر بهرامی‌فر^۲، سید محمود قاسمپوری^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی- محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس نور، مازندران.

۲- گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس نور، مازندران.

Investigation of the Amount of Pesticide DDT Accumulated in Edible Fish of Shadegan Wetland and Evaluation of its Potential Risk to Consumers

Morteza Davodi^{1*}, Abbas Esmaili-Sari²,
Nader Bahramifar², Seyed Mahmoud Ghasempouri²
1- Msc. student of Natural Resource and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran.
2- Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran.

Abstract

Shadegan wetland, one of the largest wetlands in Iran, is subject to different pollutants. One of these contaminants is the residue of organochlorine pesticides such as DDT and its metabolites used to combat pests. Residues of DDT and its metabolites (p,p'-DDT, o,p'-DDT, p,p'-DDE, o,p'-DDE, p,p'-DDD) were investigated in five edible fish species of Shadegan wetland, and the effect of the amount of this pesticide on the weight, age and diet was investigated. Total DDT (the sum of 5 metabolites) in *Barbus grypus* and *Cyprino carpio* was 6.50 and 3.27 ng g⁻¹, respectively. Results showed that p,p'-DDE had a maximum concentration in all species and p,p'-DDT in *Barbus sharpeyi* (0.12 ng g⁻¹) and *Cyprino carpio* (0.09 ng g⁻¹), o,p'-DDE metabolite in *Barbus grypus* (0.12 ng g⁻¹) and *Aspius vorax* (0.20 ng g⁻¹) and o,p'-DDT metabolite in *Barbus barbules* had a minimum concentration. These results show any new application of this pesticide in the land around the wetland. The mean concentration of DDTs was higher in weight group >320 g (6.77 ng g⁻¹) and in age group >3 years (6.70 ng g⁻¹) and those of an omnivorous diet (7.34 ng g⁻¹) than in the other groups. The calculation of estimated daily intake (EDI) of this pesticide and comparison with international standards, showed no risks for residents in this area.

Keywords: Shadegan Wetland, Organochlorine Pesticide, Risk assessment, Bioaccumulation, DDT.

چکیده

آلاینده‌های گوناگونی به تالاب شادگان که یکی از بزرگترین تالاب‌های کشور است وارد می‌شوند. یکی از این آلاینده‌ها، باقیمانده آفت‌کش‌های آلی کلره از جمله د.د.ت و متابولیت‌های آن است که در گذشته برای کنترل آفات مورد استفاده قرار می‌گرفته است. د.د.ت و متابولیت‌های آن (p,p'-DDD, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDT, p,p'-DDT) در ۵ گونه مختلف از ماهیان خوراکی تالاب شادگان و تاثیر وزن، سن و نوع رژیم غذایی بر غلظت این آفت‌کش و متابولیت‌های آن مورد بررسی قرار گرفته است. بیشترین غلظت د.د.ت کل به میزان ۶/۵۰ نانوگرم در گرم در گونه شیربت و کمترین میزان در گونه کپور به میزان ۳/۲۷ نانوگرم بر گرم به دست آمد. نتایج نشان داد که غلظت متابولیت p,p'-DDE در همه گونه‌ها دارای بیشترین و متابولیت p,p'-DDT در گونه بنی ۰/۱۲ نانوگرم بر گرم و گونه کپور ۰/۰۹ نانوگرم بر گرم، متابولیت o,p'-DDE در گونه شیربت ۰/۱۲ نانوگرم بر گرم و شلج ۰/۲۰ نانوگرم بر گرم و متابولیت o,p'-DDT در بزرم ۰/۴۰ نانوگرم بر گرم دارای کمترین غلظت بودند. این نتایج بیانگر عدم استفاده جدید از این آفت‌کش در مزارع اطراف تالاب است. میانگین غلظت د.د.ت و متابولیت‌های آن در گروه وزنی بیش از ۳۲۰ گرم (۶/۷۷ نانوگرم بر گرم) و گروه سنی بیش از ۳ سال (۶/۷۰ نانوگرم بر گرم) و رژیم غذایی همه چیزخوار (۷/۳۴ نانوگرم بر گرم) بالاتر بودند. محاسبه میزان جذب روزانه قابل قبول این آفت‌کش و مقایسه آن با استانداردهای بین‌المللی، نشان‌دهنده عدم وجود خطر برای ساکنین منطقه مجاور تالاب است.

کلیدواژه‌ها: تالاب شادگان، آفت‌کش‌های آلی کلره، ارزیابی خطر، تجمع زیستی، د.د.ت.

* Corresponding author. E-mail Address: Davodimorteza@yahoo.com

مقدمه

تالاب شادگان در استان خوزستان به عنوان بزرگ‌ترین تالاب ایرانی ثبت شده در فهرست معاهده رامسر است. این تالاب دارای تنوع زیستی بالا بوده و بر اساس مطالعات، آن زیستگاه دارای بیش از ۸۰ گونه ماهی و ۱۷۴ گونه پرنده است. احداث جاده‌های مختلف، نشست از لوله‌های انتقال نفت، توسعه مزارع نیشکر و نخلستان‌ها و تخلیه زهاب‌های آنان، تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی به داخل تالاب از مهم‌ترین عوامل تهدید کننده تالاب بوده و باعث آلودگی روز افزون و تخریب زیستگاه‌های اطراف آن شده است (Mohandesin moshaver, 1381).

آفت کش‌های آلی کلره^۱ (OCPs) به دلیل سمیت و پایداری بالا در محیط زیست و خاصیت چربی دوستی بالا وارد منابع آبی می‌شوند. این ویژگی‌ها سبب می‌شود ماهیان این آلاینده‌ها را جذب و در بافت‌های خود بخصوص در بافت‌های چرب بدن حفظ و تغلیظ کنند (Smith and Gongolli, 2002; Pandit et al, 2006). یکی از مهم‌ترین آفت کش‌های آلی کلره د.د.ت (DDT)^۲ است. این حشره کش شامل ۶ متابولیت است که قسمت اعظم آن را p,p'-DDT (تقریباً ۷۰٪ یا بیشتر) تشکیل می‌دهد. ایزومر o,p'-DDT (ایزومر با پایداری کمتر) تقریباً ۲۰٪ و ایزومر p,p'-DDE تقریباً نزدیک به ۵٪ و مابقی ایزومرها (o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDE) ۵٪ آن را تشکیل می‌دهند (Sethajintanin et al., 2004).

در مطالعه Monirith et al., (1999) در ۲۷ گونه از ماهیان کامبوج بررسی شد که آلودگی ماهیان آب‌های شیرین نسبت به ماهیان دریایی بیشتر بود که به دلیل وجود منبع آلودگی داخلی در منطقه است. در این مطالعه میزان د.د.ت کل ۲۵-۰/۵ نانوگرم بر گرم وزن تر به دست آمد. در بررسی انجام شده توسط

Covaci et al., (2006) در رومانی غلظت د.د.ت و متابولیت‌های آن در ۱۱ گونه از ماهیان تعیین شد. تغییرپذیری بسیاری در بین نمونه‌ها به دلیل عواملی نظیر مکان نمونه برداری، سن، طول ماهی و جنس به دست آمد. در این مطالعه همبستگی بین طول ماهی و غلظت د.د.ت و متابولیت‌های آن مشاهده نشد. در مطالعه‌ای et al., (2008) Hosseini غلظت د.د.ت و متابولیت‌های آن در ۴ گونه از ماهیان خاویاری دریای خزر تعیین شد. سطوح د.د.ت و متابولیت‌های آن در گونه‌های مورد مطالعه بین ۵۲۴ تا ۵۷۴۰ نانوگرم بر گرم وزن چربی بوده است، در بعضی از نمونه‌ها غلظت این آلاینده از استاندارد تعیین شده برای مصرف غذایی بالاتر بوده که می‌تواند برای افرادی که از گونه‌های ماهی تغذیه می‌کنند، ایجاد خطر کند.

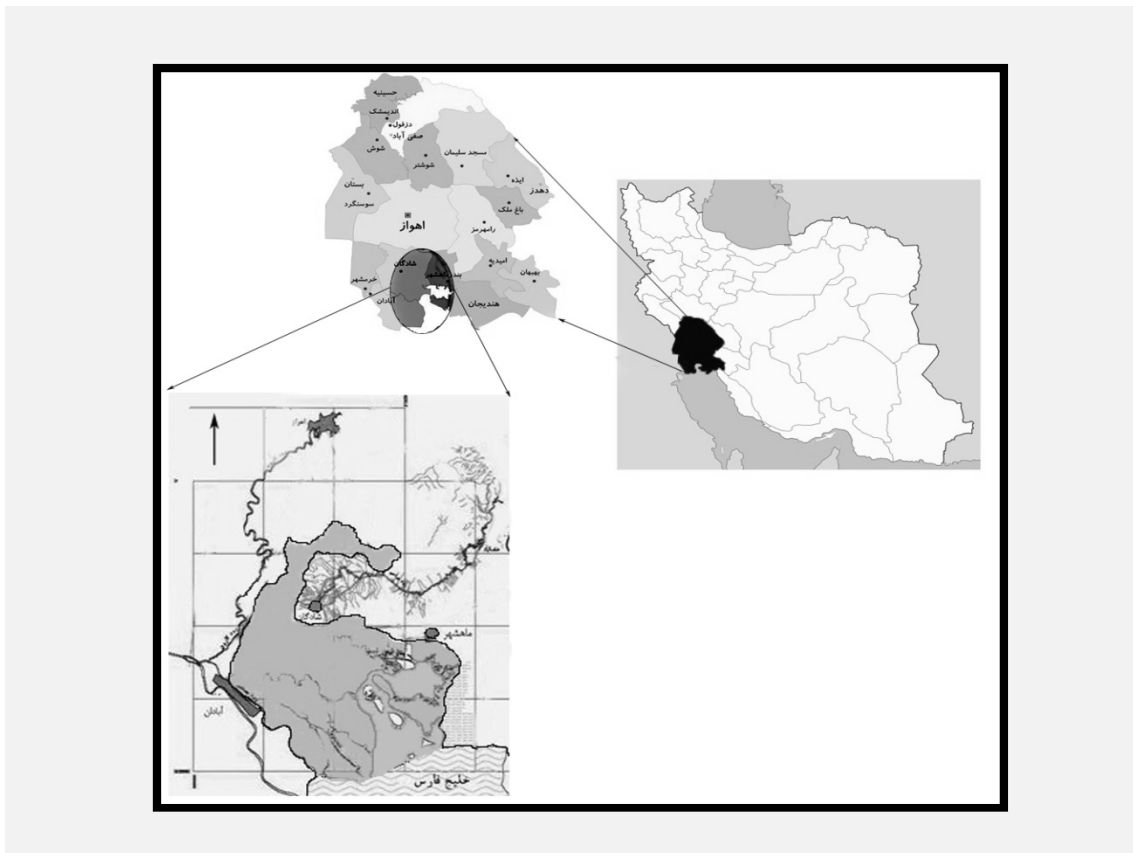
ماهی یک شاخص^۳ مناسب برای ارزیابی این آلودگی در محیط‌های آبی است زیرا ماهی به علت فعالیت پائین آنزیم مونواکسیژناز^۴ توانایی کمی برای متابولیسم آلاینده‌های آلی کلره دارد و سطوح آلودگی منطقه را به خوبی نشان می‌دهد (Zhou et al., 2008). هم چنین ماهیان این آلاینده را هم به طور مستقیم از آب و هم از طریق رژیم غذایی دریافت و در بافت‌های خود تجمع می‌کنند. بنابراین برای ارزیابی انتقال آلاینده‌ها از طریق شبکه غذایی و بررسی فرآیند بزرگنمایی زیستی^۵ مناسب هستند (Zhou et al., 2007). ماهی به طور مستقیم توسط ساکنین منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد، ماهی در مقایسه با سایر غذاها غلظت‌های بالاتری از OCPs را نشان می‌دهد و انتظار می‌رود رژیم‌های غذایی حاوی مقادیر زیاد ماهی منجر به تجمع بیشتر این آلاینده‌ها در بدن انسان شود. بنابراین بررسی این آلاینده‌ها در ماهی نه تنها از جنبه اکولوژیک بلکه از لحاظ بهداشتی و سلامت غذای مصرفی انسان نیز حایز اهمیت است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و روش نمونه‌برداری

جهت انجام تحقیق در مجموع ۷۰ نمونه متعلق به ۵ گونه از ماهیان خوراکی (از هر گونه ۱۴ نمونه) تالاب شادگان واقع در استان خوزستان (شکل ۱) در آبان ماه ۱۳۸۶ به صورت مستقیم توسط ماهیگیران محلی جمع آوری

شد (جدول ۱). نمونه‌برداری فقط از بافت عضله ماهی صورت گرفت، زیرا این قسمت مورد مصرف مردم است. نمونه‌ها توسط یونولیت‌های حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل و در فریزر در دمای ۲۴- درجه سانتیگراد تا زمان آماده‌سازی نمونه نگهداری شدند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، تالاب شادگان، استان خوزستان

جدول ۱- بیومتری نمونه‌های مورد مطالعه

رژیم غذایی	چربی %	سن (سال)	طول (cm)	وزن (g)	نام فارسی (اسم علمی)
گیاه خوار	۵/۰ ± ۴/۴	۳/۰ ± ۲/۴	۵/۱ ± ۳/۲۸	۴/۴۶ ± ۴/۳۱۶	بني (Barbus sharpeyi)
همه چیز خوار	۶/۰ ± ۴/۳	۵/۰ ± ۳/۴	۲/۱ ± ۱/۳۴	۱/۳۸ ± ۶/۳۸۲	شیربیت (Barbus gerypus)
همه چیز خوار	۳/۰ ± ۲/۱	۱۷/۰ ± ۳	۲۲/۱ ± ۱۷/۲۸	۵۴/۵۰ ± ۴۲/۳۵۳	کپور (Cyprinus carpio)
گوشت خوار	۴/۰ ± ۳/۲	۳/۰ ± ۸/۳	۲ ± ۸/۳۴	۶/۵۲ ± ۱/۳۸۰	برزم (Barbus barbulus)
گوشت خوار	۵/۰ ± ۹/۴	۳/۰ ± ۳	۹/۱ ± ۳/۳۱	۲/۵۵ ± ۲/۳۰۲	شلیج (Aspius vorax)

• اعداد داخل جدول (خطای استاندارد ± میانگین) می‌باشد

آماده‌سازی نمونه‌ها

روش تعیین آفت کش د.د.ت و متابولیت‌های آن در بافت ماهی که در زیر به طور مختصر توضیح داده می‌شود، روشی است که توسط Covaci et al., (2006) به کار برده شده است. در این روش ۱۰ گرم از بافت عضله ماهی را جدا کرده و با آسیاب کاملاً له کرده سپس با نمک سولفات سدیم خشک^۶ (که شب قبل در داخل آون در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد قرار گرفته) با نسبت وزنی ۱ به ۳ مخلوط کرده و به مدت سه تا چهار ساعت نگه داشته شد. سپس ۱۵ میکرولیتر از محلول ۱ mg/l استانداردهای داخلی^۷ (PCB-۱۴۳ و دی کلونیل) به هر نمونه اضافه شد. سپس استخراج نمونه‌ها با ۱۰۰ میلی‌لیتر مخلوط (استون/ نرمال هگزان) با نسبت ۳ به ۱ به وسیله دستگاه سوکسله^۸ و به مدت ۵ تا ۶ ساعت انجام گرفت. محلول استخراج شده را با دستگاه روتاری با پمپ خلا^۹ به حجم ۱۲ میلی‌لیتر رسانده که ۲ میلی‌لیتر از آن برای تعیین چربی و ۱۰ میلی‌لیتر باقیمانده برای clean-up مورد استفاده قرار گرفت. چربی موجود در ۲ میلی‌لیتر نمونه از روش وزن سنجی^{۱۰} تعیین شد. نمونه استخراج شده از ستون سیلیکاژل عبور داده شده و سپس ستون به وسیله ۲۵ میلی‌لیتر مخلوط نرمال هگزان/ دی کلرومتان به نسبت ۳ به ۲ شست و شو داده شد. محلول جمع‌آوری شده به وسیله دستگاه روتاری با پمپ خلا تغلیظ شده (تا حدود ۱۰ میلی‌لیتر) و سپس توسط جریان ملایمی از گاز نیتروژن حلال آن تبخیر شده (تا حد خشکی) و در نهایت به آن ۱۰۰ میکرولیتر نرمال اکتان اضافه شد. برای شناسایی و اندازه‌گیری د.د.ت و متابولیت‌های آن یک میکرولیتر از محلول نهایی به دستگاه کروماتوگرافی گازی^{۱۱} (GC) شرکت Dani، مدل ۱۰۰۰ مجهز به ستون کاپیلاری (Optima 5, 60m × 0.5mm, 0.25µm) و آشکارساز^{۱۲} ECD^{۱۳} تزریق شد. دمای آشکارساز ۳۰۰

درجه سانتیگراد و دمای محل تزریق^{۱۴} ۲۵۰ درجه سانتیگراد برنامه‌ریزی شد. از گاز هلیوم با درجه خلوص ۹۹/۹۹۹٪ و سرعت جریان ۲ ml/min بعنوان گاز حامل و گاز نیتروژن با خلوص ۹۹/۹۹۹٪ و سرعت جریان ۴۰ ml/min به عنوان گاز کمکی استفاده شد.

کنترل کیفی^{۱۵}

حد تعیین^{۱۶} (LOQ) و حد تشخیص^{۱۷} (LOD)

حد تشخیص و حد تعیین با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه می‌شود:

$$LOD = \frac{(3 S_{y/x})}{m} \quad LOQ = \frac{(10 S_{y/x})}{m}$$

در این رابطه‌ها m شیب منحنی کالیبراسیون و $S_{y/x}$ بیانگر خطای y روی x است که از رابطه زیر به دست می‌آید (جدول ۲)

$$S_{y/x} = \left[\frac{\sum i(y_i - \bar{y})^2}{x-2} \right]^{1/2}$$

درصد انحراف نسبی^{۱۸} (RSD)

درصد انحراف نسبی (RSD) برای روش فوق کمتر از ۱۰ درصد بود (جدول ۲). برای آفت کش و متابولیت‌های آن RSD از تقسیم انحراف معیار (SD) غلظت آن در ۵ نمونه یکسان به میانگین (μ) آنها بدست می‌آید (رابطه زیر).

$$RSD\% = \left(\frac{SD}{\mu} \right) \times 100$$

میزان بازیابی^{۱۹}

میزان بازیابی برای د.د.ت و متابولیت‌های آن بین ۹۵٪ الی ۱۰۳٪ به دست آمد (جدول ۲). برای محاسبه میزان بازیابی این روش ابتدا پنج نمونه عضله مربوط به یک گونه ماهی تهیه شده و سپس ۱۵ میکرولیتر از

استاندارد ۰/۰۵ mg/l به نمونه‌ها اضافه شد هر ۵ نمونه آماده سازی شده و به دستگاه (GC) تزریق شده و غلظت د.د.ت و متابولیت‌های آن در هر نمونه محاسبه شد.

مقدار آفت‌کش اندازه‌گیری شده در نمونه آغشته شده

$$\text{درصد بازیابی} = \frac{\text{مقدار آفت‌کش اندازه‌گیری شده در نمونه} + \text{مقدار آفت‌کش اضافه شده به نمونه}}{\text{مقدار آفت‌کش اندازه‌گیری شده در نمونه}} \times 100$$

جدول ۲- LOD, LOQ, RSD و Recovery مربوط به هر یک از متابولیت‌های د.د.ت

متابولیت	LOD	LOQ	RSD%	Recovery%
o,p'-DDE	۰/۳۱/۰	۱/۰۲/۰	۵/۲	۸/۱۰۹
o,p'-DDT	۰/۰۳۵	۰/۱۱۰	۶/۴	۹۵/۸
p,p'-DDT	۰/۰۳۱	۰/۱۰۵	۷/۱	۱۰۵/۲
p,p'-DDD	۰/۰۵/۰	۰/۱۷/۰	۹/۶	۱/۹۵
p,p'-DDE	۰/۲۵/۰	۰/۸۳/۰	۱/۱۰	۸/۹۶

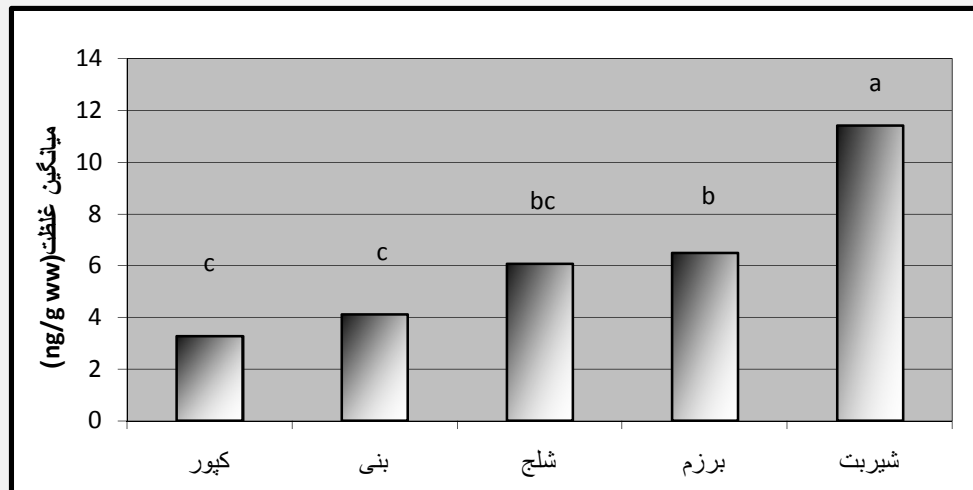
تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SPSS ver 15 استفاده شد. تابعیت داده‌ها از توزیع نرمال به وسیله آزمون شاپیرو-ویلکس^{۲۰} بررسی شد و به علت نرمال نبودن داده‌ها برای مقایسه کلی از آزمون غیرپارامتریک کروسکال والیس^{۲۱} و از آزمون من ویتنی یو^{۲۲} برای مقایسه بین دو گونه استفاده شد. به منظور ارزیابی میزان این آلاینده‌ها در گروه‌های وزنی و سنی ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف^{۲۳} مورد بررسی قرار گرفت و به علت نرمال نبودن داده‌ها از آزمون من ویتنی یو برای مقایسه بین گروه‌های سنی و وزنی استفاده شد.

نتایج

بررسی میانگین غلظت د.د.ت کل در بین گونه‌ها

شکل ۱ غلظت کل د.د.ت و متابولیت‌های آن (۵) (متابولیت) را در گونه‌های مختلف ماهی نشان می‌دهد. گونه شیریت با غلظت ۱۱/۴۱ نانوگرم بر گرم دارای بیشترین غلظت کل د.د.ت و کپور با غلظت ۳/۲۸ نانوگرم بر گرم کم‌ترین غلظت این آفت‌کش را نشان داد. محدوده غلظت د.د.ت کل در شیریت ۲۴/۵۲-۳/۳۲ نانوگرم بر گرم، بنی ۶/۷۳-۲/۵۹ نانوگرم بر گرم، کپور ۱۰/۱۵-۰/۵۲ نانوگرم بر گرم، برزم ۱۲-۴/۳۱ نانوگرم بر گرم و شلج ۱۳/۶۷-۳/۰۶ نانوگرم بر گرم (آزمون من ویتنی یو) به دست آمد.



شکل ۱ - مقایسه غلظت د.د.ت کل در بافت عضله ماهیان

متابولیت‌های آن را به خود اختصاص داده است و بعد از آن p,p' -DDD < p,p' -DDT < p,p' -DDE < p,p' -DDE بیشترین قرار دارد. بر اساس نتایج به دست آمده محدوده متابولیت p,p' -DDE ۷۹-۵۴٪، p,p' -DDD ۲۶-۷٪، p,p' -DDE ۸-۱٪، p,p' -DDT ۱۱-۳٪ و متابولیت p,p' -DDT ۶-۳٪ در گونه‌های مورد مطالعه می‌باشند.

بررسی میانگین غلظت د.د.ت کل در رژیم‌های تغذیه‌ای مختلف و گروه‌های سنی و وزنی مختلف

غلظت د.د.ت کل در گونه‌های مختلف از نظر رژیم تغذیه مقایسه شد که رژیم غذایی گیاه‌خوار با ۴/۱ نانوگرم بر گرم و همه‌چیزخوار با ۷/۳۴ نانوگرم بر گرم در میزان د.د.ت و متابولیت‌های آن اختلاف معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) داشتند و رژیم غذایی گوشت‌خوار با ۶/۲۸ نانوگرم بر گرم با رژیم‌های غذایی دیگر اختلاف

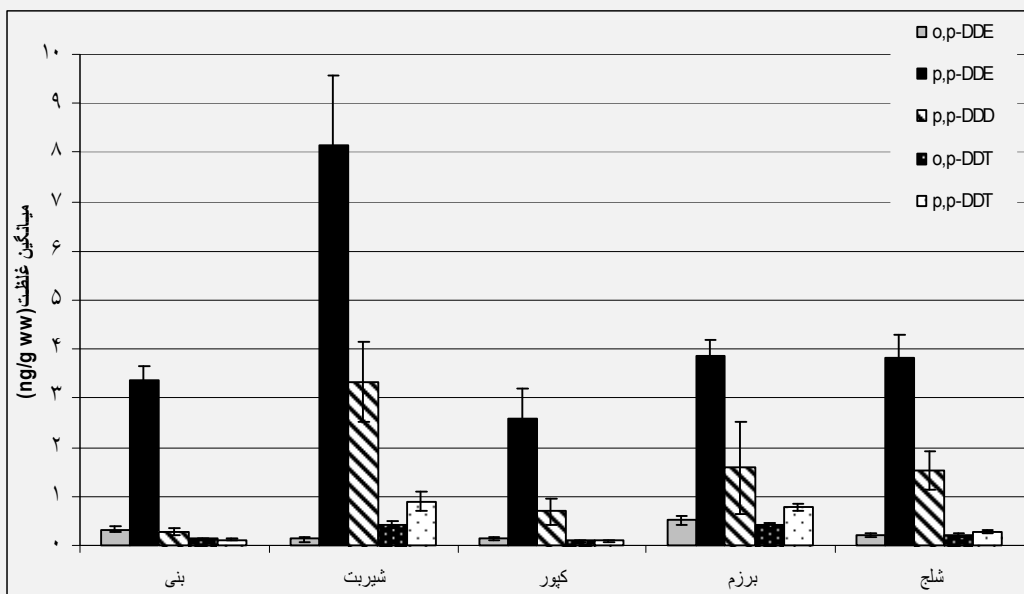
بررسی میانگین غلظت متابولیت‌های د.د.ت در بین گونه‌ها

شکل ۲ نشان می‌دهد که متابولیت p,p' -DDE بیشترین غلظت (۱۷/۰۴-۰/۱۴ نانوگرم بر گرم) را در همه گونه‌ها دارد (بنی=۳/۳۶، شیربیت=۸/۱۵، کپور=۲/۵۹، برزم=۳/۸۷ و شلج=۳/۸۲ نانوگرم بر گرم). پس از آن متابولیت p,p' -DDD با محدوده غلظت ۷/۲۱-۰/۰۸ نانوگرم بر گرم قرار دارد (به جز در گونه بنی). متابولیت p,p' -DDT در گونه‌های بنی و کپور (۰/۱۲ و ۰/۰۹ نانوگرم بر گرم به ترتیب)، متابولیت p,p' -DDE در گونه‌های شیربیت و شلج (۰/۱۲ و ۰/۲۰ نانوگرم بر گرم به ترتیب) و متابولیت p,p' -DDT در گونه برزم (۰/۴۱ نانوگرم بر گرم) دارای کم‌ترین غلظت در بین متابولیت‌ها بودند.

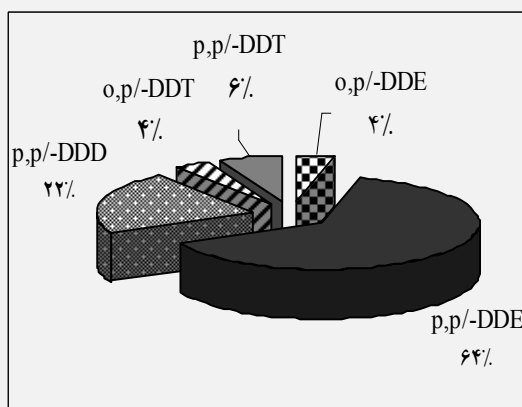
میزان و درصد متابولیت‌های د.د.ت در کل نمونه‌ها نیز محاسبه شد که در نمودار ۳ ارائه شده است. مشاهده می‌شود p,p' -DDE ترکیبی است که بالاترین غلظت را در کل نمونه‌ها دارد و در حدود ۶۴٪ از غلظت د.د.ت و

معنی دار نداشت ($P > 0.05$) (نمودار ۴). میانگین غلظت د.د.ت و متابولیت‌های آن در گروه سنی بیش از ۳ سال (۶/۷۰ نانوگرم بر گرم) غلظت بالاتری نسبت به گروه سنی ۰-۳ سال (۵/۷۲ نانوگرم بر گرم) داشت که و این اختلاف معنی دار نبود.

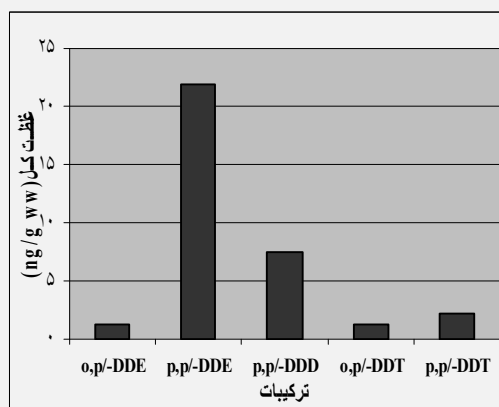
معنی دار نداشت ($P > 0.05$) (نمودار ۴). میانگین غلظت د.د.ت و متابولیت‌های آن در گروه‌های وزنی بیش از ۳۲۰ گرم (۶/۷۷ نانوگرم بر گرم) و گروه وزنی ۰-۳۲۰ گرم (۵/۶۶ نانوگرم بر گرم) هم‌چنین میزان



شکل ۲- غلظت متابولیت‌های د.د.ت در ۵ گونه از ماهیان تالاب شادگان

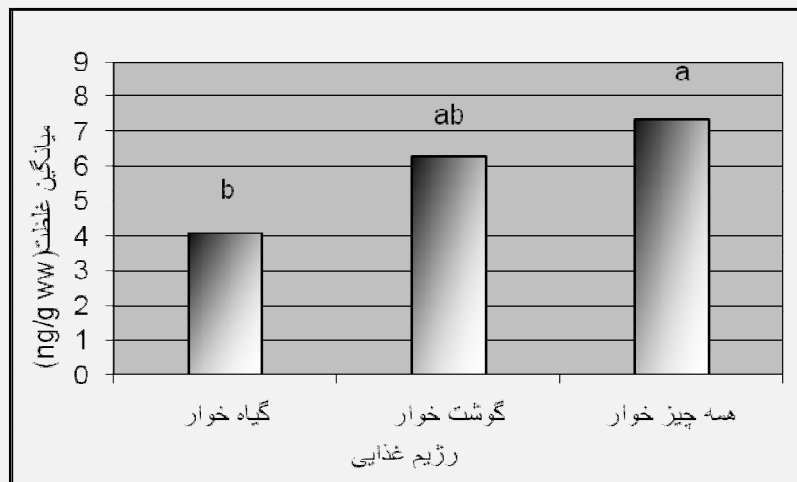


ب



الف

شکل ۳- غلظت کل (الف) و درصد (ب) هر یک از متابولیت‌های د.د.ت در کل نمونه‌ها



شکل ۴- مقایسه میانگین غلظت د.د.ت کل در رژیم‌های غذایی

بحث

می‌باشد. علت بالا بودن غلظت p,p'-DDE در مطالعات مختلف، مقاومت بالای این ترکیب در برابر فرآیندهای زیستی و غیر زیستی و هم‌چنین نیمه عمر و چربی دوستی^{۲۴} بالای آن ($\log K_{ow} = 6/36$) است. لازم به ذکر است هر چه میزان $\log K_{ow}$ در یک ترکیب بالاتر باشد حلالیت آن در آب کمتر، و توانایی آن برای تجمع زیستی در بافت چربی موجودات زنده افزایش می‌یابد (Naso et al., 2005). میزان غلظت متابولیت‌های به دست آمده کاملاً شبیه به مطالعه (Perugini et al., 2004) بود. در مطالعه انجام گرفته توسط (Zhou et al., 2007)، p,p'-DDD و p,p'-DDE متابولیت‌های غالب بوده و حدود ۷۰-۵۰٪ از کل متابولیت‌های د.د.ت را تشکیل دادند. در مطالعه حاضر نیز این دو متابولیت، متابولیت‌های شاخص هستند و در حدود ۹۰-۷۶٪ د.د.ت و متابولیت‌های آن را در نمونه‌ها نشان دادند. بالاتر بودن میزان p,p'-DDE نسبت به p,p'-DDD بیان‌کننده تجزیه‌پذیری د.د.ت توسط موجود زنده می‌باشد (Covaci et al., 2006).

گونه شیربت بیشترین غلظت کل د.د.ت را داشتند که همه چیزخوار بودن شیربت می‌تواند دلیل این امر باشد. هم‌چنین این گونه دارای میزان بالایی چربی است که می‌تواند به عنوان یک عامل تاثیرگذار بر تجمع د.د.ت و متابولیت‌هایش در بافت‌ها عمل کند، زیرا آلاینده‌های آلی کلره دارای آبگریزی بالا بوده و در بافت‌های چرب بدن به خوبی تجمع پیدا کرده و با گذشت زمان بر غلظت آن‌ها افزوده می‌شود (Zhou et al., 2007). در رتبه بعدی برزوم و شلیج قرار دارند که جزء گونه‌های گوشت‌خوار بودند و به سطوح بالای تغذیه تعلق دارند و این نشان‌دهنده تاثیر فرآیند تجمع زیستی و بالاتر بودن غلظت د.د.ت کل در گونه‌هایی راس زنجیره غذایی است.

نتایج به دست آمده در این تحقیق در مورد متابولیت‌های د.د.ت مشابه با نتایج مطالعات Abd-allah (Naso et al., ; Yim et al., 2005, El-nemr and 2004) (Sudaryanto et al., 2007; Zhou et al., 2007; 2005)

می‌گردد. معمولاً فراوان‌ترین بقایای د.د.ت و متابولیت‌های آن در محیط‌زیست به ترتیب شامل p,p' -DDE، p,p' -DDD و p,p' -DDT است (Walker, 2001a). به طور کلی غلظت DDT و متابولیت‌های آن به علت بزرگنمایی زیستی در طول زنجیره غذایی در گونه‌های گوشت‌خوار نسبت به سایر رژیم‌های غذایی بیشتر می‌باشد. در مطالعه Zhou et al., (2007) بیشترین میزان د.د.ت و متابولیت‌های آن در گونه گوشت‌خوار به دست آمد، که گوشت‌خوار بودن، کفزی بودن و میزان چربی بالا، جمله دلایل غلظت بالای د.د.ت و متابولیت‌های آن در گونه مورد مطالعه عنوان شده است. اما در تحقیق حاضر شیریت دارای غلظت بالای د.د.ت است که همان‌طور که بیان شد این گونه همه چیز خوار است.

جذب روزانه قابل قبول ($ADI^{۲۶}$) شامل میزان مصرف روزانه یک ماده شیمیایی در طول دوره زندگی بدون ظهور خطر محسوس است (Roots, 2001). زمانی که اثرات احتمالی مرتبط با مصرف مواد غذایی دریایی مدنظر است می‌بایست جوامع را با توجه به میزان مصرف آن‌ها طبقه‌بندی کرد. به این دلیل که در مناطق مختلف میزان مصرف غذاهای دریایی به خصوص ماهیان بسیار متفاوت است. با توجه به آمار ارائه شده توسط FAO متوسط مصرف غذایی دریایی در اروپا ۶۰ گرم به ازای هر فرد در روز است در حالی که در آسیای شرقی میزان مصرف ۷۹ گرم به ازای هر نفر در هر روز است (Roots, 2001). به منظور مقایسه میزان جذب روزانه قابل قبول ارائه شده با میزان جذب در منطقه مورد مطالعه و در مورد ماهیان مورد مصرف می‌بایست آمار دقیقی در مورد سرانه مصرف ماهی و میزان مصرف گونه‌های مورد مطالعه در منطقه مورد نظر وجود داشته باشد. با توجه به عدم وجود داده‌ها در مورد مصرف سرانه ماهی در منطقه،

به طور کلی در اکثر مطالعات، از نسبت DDE/DDT برای ارزیابی زمان مصرف د.د.ت در منطقه استفاده می‌شود (Li et al., 2008؛ Bordajandi et al., 2003). بالاتر بودن این نسبت از ۱ بیان‌کننده عدم استفاده تازه از د.د.ت در آن منطقه است. در این تحقیق، این نسبت برای ماهی بنی (۱۷/۹۲)، شیریت (۸/۰۹)، کپور (۱۶/۲۱)، برزم (۳/۹۲) و برای شلج (۸/۱۹) به دست آمد که نشان می‌دهد به تازگی از د.د.ت در منطقه تالاب شادگان استفاده نشده است.

Hosseini et al., (2008) و Coelhan et al., (2006) در مطالعات خود بیان کردند اگر $p,p'/\Sigma p,p'$ -DDTs^{۲۵} در پستانداران دریایی کمتر از ۰/۶ باشد بیانگر استفاده جدید از د.د.ت در منطقه می‌باشد. در برخی از مطالعات از این نسبت برای ماهی نیز استفاده شده است. در تحقیق حاضر نیز این نسبت برای گونه‌ها بیش از ۰/۶ بود. این نسبت برای بنی (۰/۹۱)، شیریت (۰/۷۳)، کپور (۰/۷۴)، برزم (۰/۷۳) و برای شلج (۰/۷) به دست آمد که نتایج این شاخص نیز بیانگر عدم استفاده جدید از د.د.ت در منطقه می‌باشد. هر چند، برخی نتایج این مطالعه با نتایج بدست آمده در مطالعات (Monirith et al (1999)، Munshi et al (2004)، Pazou et al (2006) و Yang et al (2006) مشابه نبود. این محققین در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که متابولیت p,p' -DDT ترکیب غالب بوده که دلیل آن را استفاده تازه از د.د.ت و متابولیت‌های آن در منطقه گزارش کرده‌اند. در تحقیق حاضر مشاهده شد ایزومرهای p,p' -DDE، p,p' -DDD و p,p' -DDT دارای غلظت کمتری نسبت به p,p' -DDE، p,p' -DDD و p,p' -DDT هستند که به علت یک موقعیت پاراکلره نشده در یکی از حلقه‌های بنزنی در ایزومرهای p,p' می‌باشد. که موجب پایداری و مقاومت کمتر آن نسبت به ایزومر p,p'

از سرانه مصرف ماهی در کشور (۱۹/۱۸ گرم در روز برای هر نفر) به منظور محاسبه میزان جذب روزانه استفاده شد (Iranfisheries, 1383). برای محاسبه میزان جذب قابل قبول در مطالعات مختلف، وزن متوسط فرد بالغ در محاسبات ۶۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد (Stefanelli et al., 2004; Roots, 2001). در این مطالعه نیز به منظور مقایسه با نتایج مطالعات دیگر متوسط وزن ۶۰ کیلوگرم در نظر گرفته می‌شود. به منظور ارزیابی میزان جذب روزانه قابل قبول بایستی بر اساس رابطه میزان جذب روزانه عمل کرد (Yang et al., 2006; Roots, 2001).

$$\times (\text{ng/g}) \text{ متوسط غلظت} = \text{جذب برآورد شده روزانه}^{۲۷} \\ \text{[(kg) وزن بدن / (g/day) میزان مصرف]}$$

نتایج به دست آمده بر اساس این فرمول در جدول ۲ به همراه استاندارد موجود در این زمینه ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده مشاهده می‌شود که میزان جذب روزانه برآورد شده برای نمونه‌های مورد

مطالعه در منطقه مورد نظر (بر اساس وزن تر) بسیار پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده توسط FAO/WHO و سازمان سلامت کانادا است. این نکته بیانگر این است که افراد محلی منطقه بر اساس این میزان مصرف روزانه در معرض خطر قرار ندارند. اما باید به این نکته توجه کرد که مصرف ماهی در مناطق ساحلی ایران نسبت به مناطق دیگر بیشتر بوده و در نتیجه سرانه مصرف در این مناطق نسبت به سرانه تعیین شده برای کل کشور بیشتر است. در ضمن گونه‌های ماهی که در منطقه شادگان مورد استفاده قرار می‌گیرد محدود به چند گونه مورد مطالعه در این تحقیق نیست، بلکه گونه‌های دیگری از جمله گونه‌های دریایی و همچنین سایر محصولات دریایی نظیر میگو توسط مردم محلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین به منظور ارزیابی صحیح تر خطر مرتبط با آلاینده‌های آلی در منطقه باید آماری دقیق در مورد نوع گونه‌های مورد مصرف و همچنین سرانه دقیق مصرف در منطقه در دست باشد.

جدول ۲- میزان جذب روزانه بر اساس نانوگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روزانه مقایسه با استاندارد

میزان جذب روزانه قابل قبول	گونه های مورد مطالعه
۰۴۷/۱	کپور
۳۱۳/۱	بنی
۶۴۷/۳	شیربت
۰۷۶/۲	شلج
۹۳۷/۱	برزم
۲۰۰۰۰	میزان جذب روزانه قابل قبول (نانوگرم بر کیلوگرم وزن بدن فرد در روز) ^{۲۸} (IPCS) ^{۲۹}

پی نوشت‌ها

ملوندی، علیرضا نیک و رز و سرکار خانم رجایی که در مراحل مختلف انجام این تحقیق مرا یاری کردند تشکر و قدردانی می‌کنم.

منابع

- Bordajandi, L.R., G. Gomez, M.A. Fernandez, E. Abad, J. Rivera and M.J. Gonzalez (2003). Study on PCBs, PCDD/Fs, organochlorine pesticides, heavy metals and arsenic content in freshwater fish species from the river Turia (Spain). *Chemosphere*, 53: 163–171.
- Coelhan, M., J. Strohmeier and H. Barlas (2006). Organochlorine Levels in Edible Fish from the Marmara Sea. Turkey. *Environmental International*, 32: 775-780.
- Covaci A., A. Gheorghe, O. Hulea and P. Schepens (2006). Level and Distribution of Organochlorine Pesticides, Polychlorinated Biphenyls and Polybrominated Diphenyl Ethers in Sediment and Biota from the Danube Delta, Romania. *Environmental Pollution*, 140: 136-149.
- El Nemr, A. and A.M.A. Abd-Allah (2004). Organochlorine Contamination in Some Marketable Fish in Egypt. *Chemosphere*, 54: 1401-1406.
- Hosseini, S.V., R.D. Behrooz, A. Esmaili-Sari, N. Bahramifar, S.M. Hosseini, R. Tahergorabi, S.F. Hosseini and X. Feas (2008). Contamination by Organichlorine Compound in the Edible Tissue of Four Sturgeon Species from the Caspian Sea (Iran). *Chemosphere*, 73: 972-979.

- 1- Organochlorine Pesticides
- 2- Dichloro-Diphenyl-Trichloroethan
- 3- Indicator
- 4- Mono-oxygenases
- 5- Biomagnification
- 6- Anhydrous sodium sulfate
- 7- Internal standard
- 8- Soxhlet apparatus
- 9- Rotary evaporator
- 10- Gravimetrically
- 11- Gas chromatography (GC)
- 12- Detector
- 13- Electron Capture Detector
- 14- Injector
- 15- Quality assurance
- 16- Limit of Quantification
- 17- Limit of Detection
- 18- Relative standard deviation
- 19- Recovery
- 20- Shapiro-Wilks
- 21- Kruskal-wallis
- 22- Mann-whitney U
- 23- Kolmogorov-smirnov
- 24- Lipophilic
- 25- $\Sigma p,p\text{-DDTs} = p,p\text{-DDE} + p,p\text{-DDD} + p,p\text{-DDT}$
- 26- Acceptable Daily Intake (ADI)
- 27- Estimated Daily Intake (EDI)
- 28- ADI by IPCS (ng/kg body weight person/ day)
- 29- International Programmed on Chemical Safety (IPCS)

سپاسگذاری

از جناب آقای رسول زمانی احمد محمودی، حسن

- Naso, B., D. Perrone, M.C. Ferrante, M. Bilancion and A. Lucisano (2005). Persistent Organic Pollutants in Edible Marine Species from the Gulf of Naples, Southern Italy. *Science of the Total Environment*, 343: 83-95.
- Pandit, G.G., S.K. Sahu, S. Sharma and V.D. Puranik (2006). Distribution and Fate of Persistent Organochlorine Pesticide in Coastal Marine Environment of Mumbai. *Environmental International*, 32: 240-243.
- Pazou, E.Y.A., P. Laleye, M. Boko, C.A.M. Van Gestel, H. Ahissou, S. Akpona, B. Van Hattum, K. Swart and N.M. Van Straalen (2006). Contamination of Fish By Organochlorine Pesticide Residue in the Oueme River Catchment in the Republic of Benin. *Environment International*, 32: 594-599.
- Perugini, M., M. Cavaliere, A. Giammarino, P. Mazzone, V. Olivieri and M. Amorena (2004). Levels of Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticides in some Edible Marine Organisms from the Central Adriatic Sea. *Chemosphere*, 57: 391-400.
- Roots, O. (2001). Halogenated Environmental Contaminants in Fish from Estonian Coastal Areas. *Chemosphere*, 43: 623-632.
- Sankar, T.V., A.A. Zynudheen, R. Anandan and P.G.V. Nair (2006). Distribution of Organochlorine Pesticide and Heavy Metal
- IPCS (2005). Inventory of IPCS and other WHO Pesticide Evaluation and Summary of Toxicological evaluations Performed by the Joint Meeting on Pesticide Residue [JMPR] thorough 2002. The International Programme on Chemical Safety. Genova: World Health Organization: <http://www.WHO.int/ipcs/publications/jmpr/jmpr-pesticide/en>.
- Li, X., Y. Gan, X. Yang, J. Zhou, J. Dai and M. Xu (2008). Human Health Risk of Organochlorine Pesticide (OCPs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Edible Fish from Huirou Reservoir and Gaobeidian Lake in Beijing, China. *Food Chemistry*, 109: 348-354.
- Mohandesin Moshaver Pandam (1381). Natural Environment of Shadegan Wetland Ecosystem, Collection of reports of Studies of Environmental management of Shadegan Wetland, Project of Improvement of irrigation of Iran. Ministry of jehad-agricultura. 1: 241.
- Monirith, I., H. Nakata, S. Tanabe and T.S. Tana. (1999). Persistent Organochlorine Residue in Marine and Freshwater Fish in Cambodia. *Marine Pollution Bulletin*, 38: 604-612.
- Munshi, A.B., S.B. Detlef, R. Schneider and R. Zuberi (2004). Organochlorine Concentration in Various Fish From Different Location at Karachi Coast. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 597-601.

- Walker, C.H. (2001b). *Organic Pollutants: An Ecotoxicological Perspective*. New York: Taylor and Francis.
- www.Iranfisheries.net. Web site of fishery of Iran.
- Yang, N., M. Matsuda, M. Kawano and T. Wakimoto (2006). PCBs and Organochlorine Pesticides (OCPs) in Edible Fish and Shellfish from China. *Chemosphere*, 63: 1342-1352.
- Yim, U.H., S.H. Hong, W.J. Shim and J.R. Oh (2005). Levels of Persistent Organochlorine Contaminants in Fish from Korea and their Potential Health Risk. *Environmental Contamination and Toxicology*, 48: 358-366.
- Zhou, R., L. Zhu and Q. Kong (2007). Persistent Chlorinated Pesticide in Fish Species from Qiantang River in East China. *Chemosphere*, 68: 838-847.
- Zhou, R., L. Zhu, Y. Chen and Q. Kong (2008). Concentration and Characteristics of Organochlorine Pesticides in Aquatic Biota from Qiantang River in China. *Environmental Pollution*, 151: 190-199.
- Residue in Fish and Shellfish from Calicut Region, Kerala, India. *Chemosphere*, 65: 583-590.
- Sethajintanin, D., E.R. Johnson, B.R. Loper and K.A. Anderson (2004). Bioaccumulation Profiles of Chemical Contamination in Fish from the Lower Willamette River, Portland Harbour, Oregon. *Environmental Contamination and Toxicology*, 46: 114-123.
- Smith, A.G. and S.D. Gangolli (2002). Organochlorine Chemicals in Seafood: Occurrence and Health Concerns. *Food and Chemical Toxicology*, 40: 767-779.
- Stefanelli, P., A. Di Muccio, F. Ferrara, D. Barbini, T. Generali, P. Pelosi, G. Amendola, F. Vanni, S. Di Muccio and A. Ausili (2004). Estimation of Intake of Organochlorine Pesticide and Chlorobiphenyls Through Edible Fishes from the Italian Adriatic Sea during 1997. *Food Control*, 15: 27-38.
- Sudaryanto, A., I. Monirith, N. Kajivara, S. Takahashi, P. Hartono, M. Mouawanah, K. Omori, H. Takeoka and S. Tanabe (2007). Level and Distribution of Organochlorines in fish from Indonesia. *Environmental International*, 33: 750-758.
- Walker, C.H. (2001a). *Organic Pollutants an Ecotoxicological Perspective*. Translated by Mino Dabiri. Protection Agency of Environment of Iran.



