

بررسی اثرات آلودگی بخش محلول در آب نفت خام بر تجمع هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) در چهار گونه از ماهیان تجاری خلیج فارس

شهربانو عریان^{(۱)*}؛ مهتاب قریب خانی^(۲) و مصطفی تاتینا^(۳)

sh_oryan@yahoo.com

۱- گروه زیست‌شناسی جانوری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت معلم، تهران خیابان مفتح، پلاک ۴۹

۲ و ۳- باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آستارا، صندوق پستی: ۱۱۴۱

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۸۷

چکیده

این تحقیق در بهار سال ۱۳۸۳ جهت بررسی تأثیر نفت خام محلول در آب بر تجمع PAHs در بافت عضله چهار گونه از ماهیان تجاری در آزمایشگاه سم شناسی پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، بندر عباس انجام شد. دو محلول با دوزهای صفر ppm (دوز شاهد) و ۱۲ ppm از نفت خام تهیه گردید. این ماهیان در آزمایشات زیست‌سنجش بلند مدت در هر یک از غلظت‌های تهیه شده از نفت خام قرار گرفتند. پس از پایان ۸ روز در معرض گذاری ماهیان مورد آزمایش بطور جداگانه منجمد و بسته‌بندی شده و جهت تعیین میزان تجمع PAHs در عضله به آزمایشگاه بیوشیمی و بیوفیزیک دانشگاه تهران ارسال شدند. اندازه‌گیری PAHs بوسیله دستگاه کروماتوگراف گازی با شناساگر شعله یونشی (GC-FID) انجام شد. در این تحقیق میزان هر یک از ترکیبات مختلف PAHs و نیز مجموع کل ترکیبات PAHs در هر یک از دوزها بطور جداگانه برای هر گونه ماهی محاسبه گردید. نتایج حاصله از آنالیز داده‌ها نشان می‌دهد که میانگین تجمع PAHs ($SD \pm \bar{x}$) در عضله ماهیان کفشک چپ رخ (*Pseudorhombus elevatus*)، کفشک راست‌رخ (*Euryglossa orientalis*)، صافی موجدار (*Siganus javus*) و صافی قهوه‌ای (*Siganus sutor*) شاهد (دوز صفر ppm) بترتیب برابر با $929/66 \pm 2/51$ ppb، $1009 \pm 11/71$ ppb، $1131 \pm 35/0$ ppb و $487/6 \pm 4/0$ ppb می‌باشد. همچنین میانگین تجمع PAHs ($SD \pm \bar{x}$) در عضله ماهیان کفشک چپ‌رخ، کفشک راست‌رخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام نیز بترتیب برابر با $3843 \pm 13/52$ ppb، $4272 \pm 18/77$ ppb و $2911 \pm 35/5$ ppb و $2309/6 \pm 11/3$ ppb می‌باشد. مقایسه میانگین مقادیر بدست آمده با استفاده از آزمون t-test نشان می‌دهد که بین دو دوز صفر ppm و ۱۲ ppm از نفت خام از نظر میانگین PAHs موجود در بافت عضله هر یک از چهار گونه ماهی مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده می‌شود ($P < 0/05$). از طرفی زیاد بودن تجمع ترکیبات PAHs در ماهیان شاهد را می‌توان به آلوده بودن آب محل زیست این ماهیان (خلیج فارس) نسبت داد.

لغات کلیدی: کفشک ماهی، صافی ماهی، نفت خام، PAHs، خلیج فارس، ایران

* نویسنده مسئول

مقدمه

از ماهیان تجاری انجام شده است. DouAbdul و همکاران در سال ۱۹۸۷ میزان تجمع دو نوع ترکیب PAHs شامل Naphthalene و Acenaphtene را در بافت عضله چند گونه از ماهیان تجاری خلیج فارس مورد بررسی قرار دادند.

امینی رنجبر و جمیلی در سال ۱۳۷۵ میزان هیدروکربن‌های نفتی را در آب، رسوب و صدف مروارید ساز محار در مناطق مختلف شمال شرقی خلیج فارس اندازه‌گیری کردند و نشان دادند که در منطقه شمالی جزیره لاوان بدلیل کم بودن جریان‌ات آبی هیدروکربنها تجمع بیشتری نسبت به شمال شرقی لاوان، نخیلو و هندورابی داشتند.

کفیل‌زاده و همکاران نیز در سال ۱۳۸۲ تاثیر هیدروکربن‌های نفتی را بر تراکم صدف مروارید ساز محار (*Pinctada fucata*) در منطقه خلیج فارس مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که میزان هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات و بافتهای نرم صدفهای ایستگاههای لاوان، نخیلو و هندورابی با هم اختلاف معنی‌دار داشته و زیستگاههای لاوان احتمالاً بدلیل مجاور بودن با پایانه‌های نفتی آلوده‌تر هستند.

Abdel-Moati و Nour El-Din در سال ۲۰۰۱ میزان تجمع PAHs را در کپه‌پودهای دریایی خلیج فارس در سواحل قطر مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند که این ترکیبات منشاء نفتی دارند. Al-Hassan و همکاران در سال ۲۰۰۳ میزان تجمع ترکیبات مختلف PAHs را در چند گونه از ماهیان خوراکی خلیج فارس مورد بررسی قرار داده و دریافتند که این ماهیان به شکل حادی در معرض این گروه از آلاینده‌های نفتی قرار دارند.

تحقیق حاضر به منظور تعیین مقدار تجمع ترکیبات PAHs در ماهیان کفشک چپ رخ، کفشک راست رخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای، تأثیر وجود آلاینده‌های نفتی محلول در آب (PAHs) بر میزان افزایش تجمع زیستی این ترکیبات و همچنین اطمینان از سلامت مصرف این ماهیان انجام شده است.

خلیج فارس بخشی از محیط دریایی جهانی است که حدود ۳۰ درصد حمل و نقل نفتی کل جهان در آن صورت می‌گیرد. بیش از نیم قرن است که ذخایر نفت خلیج فارس اقتصاد این منطقه را دگرگون کرده است. محیط زیست خلیج فارس و منابع زنده آن تحت تاثیر فرایندهای طبیعی و فشارهای ناشی از فعالیتهای بشری هستند (Price, 1993). فعالیتهای اکتشاف و بهره برداری از نفت در این منطقه، شدیدترین از نوع خود در جهان محسوب می‌شود، علاوه بر این خلیج فارس قربانی شدیدترین آلودگی نفتی تاریخ نیز شده است (Burger, 1997). نفت و دیگر سوخته‌های فسیلی یکی از منابع اصلی ورود هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک (PAHs) به طبیعت است و ۰/۲ تا ۷ درصد وزن نفت خام را این ترکیبات تشکیل می‌دهند (EPA, 1986). ترکیبات مختلفی از PAHs شناسایی شده است که در بین آنها ۱۶ ترکیب از اهمیت بیشتری برخوردار است (Kennish, 1997). جدول ۱ نام آیوپاک و علامت اختصاری این ۱۶ ترکیب را نشان می‌دهد.

این هیدروکربن‌ها می‌توانند بصورت محلول یا معلق در محیطهای آبی باقیمانده یا توسط خورده شدن بوسیله موجودات دریایی جذب شوند (Durani & Siddiqui, 1990). این ترکیبات می‌توانند آلودگیهای قابل توجهی را در محیطهای دریایی ایجاد کرده و اثرات نامطلوبی را در موجودات آبی بر جای گذارند (Al-Hassan et al., 2003). PAHs اثرات بدی بر روی سلامتی دارند، سرطان‌زا بوده و یا می‌توانند فعالیت جهش‌زایی داشته باشند (Singh et al., 1993).

مطالعات مختلفی در زمینه تجمع ترکیبات مختلف PAHs در جهان و ایران توسط محققین مختلف انجام شده است. بطوریکه تجمع زیستی PAHs در تعدادی از موجودات شامل نرم‌تنان دریایی، پلی‌کت‌ها، یک کرم کم‌تار خاکی و سخت‌پوستان مورد بررسی قرار گرفته است (Neff, 1979).

مطالعاتی نیز توسط EPA در سال ۱۹۸۶ به منظور تعیین ترکیبات PAHs در شمال غربی خلیج فارس بر روی چند گونه

جدول ۱: نام آبیوپاک و علامت اختصاری ۱۶ ترکیب مختلف PAHs (Kennish, 1997)

شماره	نام آبیوپاک	علامت اختصاری
۱	Naphthalene	N
۲	Acenaphthalene	AcI
۳	Acenaphthene	Ace
۴	Fluorene	F
۵	Phenanthrene	P
۶	Anthracene	An
۷	Fluoranthene	Fl
۸	Pyrene	Py
۹	Benzo[a] anthracene	BaA
۱۰	Chrysene	C
۱۱	Benzo[b] fluoranthene	BbF
۱۲	Benzo[k] fluoranthene	BkF
۱۳	Benzo[a] pyrene	BaP
۱۴	Indene[1,2,3-cd] pyrene	ID
۱۵	Dibenz[a,h] anthracene	DA
۱۶	Benzo[ghi] perylene	BgP

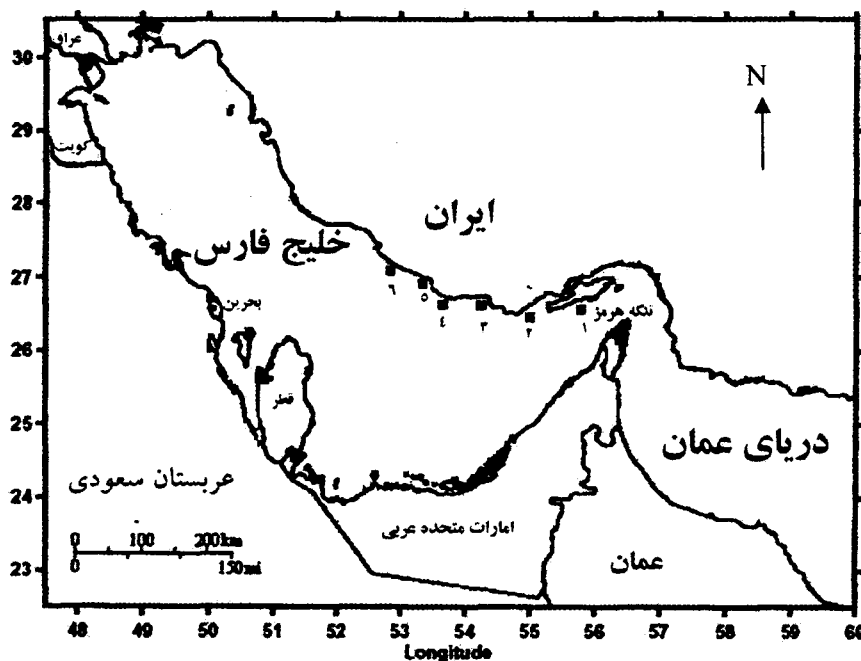
مواد و روش کار

می‌شد، نگهداری شدند. حداکثر تراکم در هر مخزن در حدی بود که ضایعات و استرسهای احتمالی را به حداقل برساند و فضولات ناشی از اعمال متابولیکی باعث بروز عوارضی در ماهیان و کیفیت آب نشود. به منظور جلوگیری از بروز استرس در طول نگهداری و سازگاری ماهیان با شرایط محیطی سطح مخازن نگهداری با پلاستیک پوشیده شده تا از بیرون پریدن ماهیها جلوگیری شود. در این مخازن ماهیان بطور روزانه تا ۴۸ ساعت قبل از شروع آزمایشات زیست‌سنجی تغذیه شدند. برای در معرض‌گذاری ماهیان از مخازن ۳۰۰ لیتری استفاده شد. آب این مخازن از فاصله ۱۲۰ متری خط جزر بوسیله لوله‌ای به پژوهشکده پمپ شده و پس از عبور از صافی‌های شنی و فیلترها در این مخازن مورد استفاده قرار گرفت. محلول مورد استفاده در آزمایشات زیست‌سنجی مطابق با روش استاندارد FAO تهیه گردید. بدین ترتیب که ابتدا آب دریای تمیز را با نفت خام به نسبت (۳۰ به ۱) توسط یک همزن با یکدیگر مخلوط کرده و پس از گذشت یک ساعت از توقف همزن اجزای محلول در آب نفت خام (water soluble fraction) در فاز آب قرار گرفته و مواد نفتی

در بهار ۱۳۸۳، تعداد ۲۴ عدد ماهی کفشک چپر (Pseudorhombus elevatus)، ۲۴ عدد ماهی کفشک راسترخ (Euryglossa orientalis)، ۲۴ عدد ماهی صافی موجدار (Sigamus javus) و ۲۴ عدد ماهی صافی قهوه‌ای (Sigamus sutor) که بصورت تصادفی از ۶ ایستگاه مختلف خلیج فارس (شکل ۱) که احتمال ورود آلودگیهای نفتی در آنها بیشتر بود توسط تور ترال صید شده بودند، تهیه گردیدند. میانگین طول کل (\pm انحراف استاندارد) و وزن ماهیان کفشک چپر، کفشک راسترخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای صید شده بترتیب برابر با 23 ± 3 سانتیمتر و 391 ± 27 گرم، 15 ± 2 سانتیمتر و 16 ± 255 گرم، $18/2 \pm 1/9$ سانتیمتر و $4 \pm 15/4$ سانتیمتر و $3 \pm 27/3$ سانتیمتر و $1 \pm 285/7$ سانتیمتر و $1 \pm 285/7$ سانتیمتر و $1 \pm 285/7$ سانتیمتر و $1 \pm 285/7$ سانتیمتر بود. این ماهیان به منظور استفاده در آزمایشات زیست‌سنجی (تجمع زیستی) بصورت زنده به آزمایشگاه سم‌شناسی پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس منتقل شدند. ماهیان در ابتدا برای سازگاری با شرایط محیطی به مدت ۱۵ روز در مخازن حاوی آب دریا که مقداری از آب آن روزانه تخلیه و با آب تمیز جایگزین

(22 ± 2 درجه سانتیگراد). در جدول ۲ عوامل محیطی که در آزمایشات زیست‌سنجی تحت کنترل بود، آمده است. آزمایشات به روش Semi-static با تجدیدپذیری روزانه ۴۰ درصد محلول مخازن و تغذیه ماهیان انجام شد. پس از پایان ۸ روز در معرض‌گذاری ماهیهای مورد آزمایش به همراه ماهیان شاهد جهت تعیین میزان ۱۶ ترکیب مختلف PAHs در بافت عضله آنها، بسته‌بندی و منجمد شده و به آزمایشگاه بیوشیمی و بیوفیزیک دانشگاه تهران ارسال شدند. اندازه‌گیری PAHs بوسیله دستگاه کروماتوگراف گازی با شناساگر شعله یونشی GC-FID (مدل Varian 3400) انجام گرفت و برای تایید نتایج مذکور، جذب کلیه نمونه‌ها مجدداً با دستگاه طیف‌سنجی ماوراء بنفش در طول موجهای ۱۹۰ تا ۴۵۰ نانومتر اندازه‌گیری گردید. برای آنالیز داده‌ها نرم‌افزار آماری SPSS و برای مقایسه میانگینها از آزمون T-test (با سطح احتمال ۹۵ درصد) استفاده شد. جهت ترسیم نمودارها نیز از نرم‌افزار آماری Excel استفاده گردید.

غیر محلول در بالای این فاز قرار گرفتند. با جداسازی فاز زیرین (آب) محلول مورد نظر آماده استفاده در آزمایشات زیست‌سنجی گردید. قبل از بکارگیری این محلولها میزان مواد نفتی موجود در آن با استفاده از حلال تتراکلرید کربن (Merk آلمان) و دستگاه FT-IR (مدل IFS88 ساخت شرکت Bruker) دقیقاً اندازه‌گیری شد. با استفاده از این محلول و روش Anderson (1975) محلولی با دوز ۱۲ ppm از نفت خام برای در معرض‌گذاری ماهیان انتخاب گردید و ماهیان به تعداد ۱۲ عدد از هر گونه به مدت ۸ روز در معرض مواد نفتی محلول در آب قرار گرفتند. به موازات این آزمایشات نیز تعداد ۱۲ عدد از هر گونه ماهی شاهد و ۴ مخزن مجزا با آب دریای فیلتر شده برای در معرض‌گذاری ماهیان در نظر گرفته شد. قبل از شروع آزمایشات محلول هر مخزن از نظر شرایط فیزیکی و شیمیایی آب (اکسیژن محلول، شوری، درجه حرارت، pH، دوره نوری) به دقت اندازه‌گیری شده و تحت کنترل بود. دمای آب آکواریومها بدلیل تاثیرپذیری از دمای محیط طی شبانه‌روز ثابت نگهداشته شد



■ ایستگاههای نمونه‌برداری

- | | |
|------------------------|----------------------|
| ایستگاه ۱: جزیره هنگام | ایستگاه ۴: چارویه |
| ایستگاه ۲: بندر گنگ | ایستگاه ۵: بندر مقام |
| ایستگاه ۳: بندر حسینیه | ایستگاه ۶: کنار دریا |

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاههای نمونه‌برداری

جدول ۲: عوامل محیطی تحت کنترل در آزمایشات زیست‌سنجی

ملاحظات	میزان	عامل محیطی
روزی دوبار کنترل شد	۵-۶/۵ (میلی گرم بر لیتر)	اکسیژن محلول
به طور روزانه کنترل شد	۳۶-۳۷ ppt	شوری
به طور روزانه کنترل شد	۲۱-۲۴ (درجه سانتیگراد)	درجه حرارت
به طور روزانه کنترل شد	۷/۹-۸/۱۵	pH
به طور روزانه کنترل شد	۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی	دوره نوری

نتایج

از سوی دیگر در ماهیان کفشک چپ رخ، کفشک راست‌رخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای قرار گرفته در معرض بخش محلول در آب نفت خام غلظت تمامی ۱۶ ترکیب شاخص PAHs اندازه‌گیری شد که میزان این ترکیبات بترتیب زیر است:

کفشک چپ‌رخ:
C>BaA>Py>ID+DA>Fl>P>BbF>BaP>An>BgH>BkF>F,Ace>N>Acl

کفشک راست‌رخ:

BbF>Py>Fl>BaA>BaP>C>P>BkF>BgH>An>Ace>F>N>ID+DA>Acl

صافی موجدار:

Py>BbF>Fl>BkF>P>Acl>BaA>BaP>ID+DA, BgH>An>F>Ace

صافی قهوه‌ای:

BaP>C>BkF>BgH>ID+DA>An>F>Ace, Acl>N

جدول ۳ میانگین \pm انحراف معیار میزان تجمع ۱۶ ترکیب مختلف و نیز مجموع PAHs را در ماهیان کفشک چپ‌رخ، کفشک راست‌رخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای قرار گرفته در معرض دوزهای صفر و ۱۲ ppm از بخش محلول در آب نفت خام را نشان می‌دهد. نمودارهای ۱ تا ۴ نیز مقادیر تجمع ترکیبات مختلف PAHs را در این ماهیان نشان می‌دهند.

براساس نتایج بدست آمده غلظت ۱۲ ترکیب از ۱۶ ترکیب شاخص PAHs در کفشک ماهیان و ۱۲ و ۹ ترکیب از ۱۶ ترکیب شاخص PAHs بترتیب در ماهیان صافی موجدار و صافی قهوه‌ای شاهد اندازه‌گیری شد و ۴ ترکیب Fluoranthene, Pyrene, Benzo[k]fluoranthene و Benzo[b]fluoranthene در ماهیان کفشک چپ رخ، ۴ ترکیب Acenaphthalene, Naphthalene, Pyrene و Fluoranthene در ماهیان کفشک راست رخ، ۴ ترکیب Chrysene و Anthracene, Acenaphthalene, Naphthalene در ماهیان صافی موجدار و ۷ ترکیب Naphthalene, Pyrene, Fluoranthene, Phenanthrene, Acenaphthalene و Benzo[a]anthracene و Benzo[b]fluoranthene در ماهیان صافی قهوه‌ای تشخیص داده نشد. میزان ترکیبات PAHs در ماهیان شاهد این چهار گونه بترتیب زیر بوده است:

کفشک چپ‌رخ:

C>BaA>P>BaP>An>ID+DA>BgH>Ace>Acl>F

کفشک راست‌رخ:

BbF>P>BaA>BaP>Ace>BkF>An>C>BgH>ID+DA>F

صافی موجدار:

Py>BbF>BaA, BkF>BaP>Fl>ID+DA>BgH>P>F>Ace

صافی قهوه‌ای:

BgH> ID+DA> BaP> BkF> C > An > F > Ace

جدول ۳: میانگین \pm انحراف معیار مقدار تجمع ۱۶ ترکیب مختلف و نیز کل PAHs در ماهیانی که در معرض دوزهای صفر و

۱۲ ppm از نفت خام (برحسب ppb)

۱۲ ppm	صفر ppm (شاهد)	گونه ماهی	دوز نفت خام
ترکیبات مختلف PAHs و علائم اختصاری آنها			
Naphthalene (N)			
۱۱ \pm ۱	۹ \pm ۱	<i>P. elevatus</i>	
۵۵/۶۶ \pm ۵/۶۸	ND ^۱	<i>E. orientalis</i>	
ND	ND	<i>S. javus</i>	
۱/۸ \pm ۰/۴	ND	<i>S. sutor</i>	
Acenaphthalene (Acl)			
۳/۶۶ \pm ۰/۵۷	۳/۶۶ \pm ۰/۵۷	<i>P. elevatus</i>	
۱۱/۳۳ \pm ۰/۵۷	ND	<i>E. orientalis</i>	
۱۲۵/۶ \pm ۸/۹	ND	<i>S. javus</i>	
۲/۴ \pm ۰/۵	ND	<i>S. sutor</i>	
Acenaphthene (Ace)			
۳۷/۶۶ \pm ۱/۱۵	۷/۳۳ \pm ۰/۵۷	<i>P. elevatus</i>	
۹۴/۳۳ \pm ۳/۰۵	۷۸ \pm ۳	<i>E. orientalis</i>	
۲۵/۴ \pm ۲/۰	۱۱/۶ \pm ۲/۴	<i>S. javus</i>	
۲/۴ \pm ۱/۱	۱/۴ \pm ۰/۵	<i>S. sutor</i>	
Fluorene (F)			
۳۷/۶۶ \pm ۱/۵۲	۳/۳۳ \pm ۰/۵۷	<i>P. elevatus</i>	
۵۹/۳۳ \pm ۱/۵۲	۱۴/۳۳ \pm ۰/۵۷	<i>E. orientalis</i>	
۲۸ \pm ۵/۷	۱۶/۴ \pm ۲/۷	<i>S. javus</i>	
۷/۲ \pm ۱/۰	۲/۸ \pm ۰/۴	<i>S. sutor</i>	
Phenanthrene (P)			
۳۳/۶۳ \pm ۵/۵۰	۱۵/۶ \pm ۴/۵۸	<i>P. elevatus</i>	
۲۰۸/۳۳ \pm ۲/۵۱	۱۶۷/۶۶ \pm ۲/۵۱	<i>E. orientalis</i>	
۱۵۶/۲ \pm ۱۰/۳	۲۵ \pm ۷	<i>S. javus</i>	
ND	ND	<i>S. sutor</i>	
Anthracene (An)			
۷۴/۳۳ \pm ۳/۵۱	۷۸/۶۶ \pm ۲/۵۱	<i>P. elevatus</i>	
۹۶ \pm ۱	۶۳ \pm ۲	<i>E. orientalis</i>	
۵۵/۶ \pm ۸/۲	ND	<i>S. javus</i>	
۱۵۳/۴ \pm ۶/۸	۹/۴ \pm ۱/۸	<i>S. sutor</i>	
Fluoranthene (Fl)			
۴۱۵/۳۳ \pm ۴/۱۶	ND	<i>P. elevatus</i>	
۶۲۵/۶۶ \pm ۳/۰۵	ND	<i>E. orientalis</i>	
۵۴۹/۸ \pm ۱۱/۶	۶۵/۲ \pm ۶/۹	<i>S. javus</i>	
ND	ND	<i>S. sutor</i>	
Pyrene (Py)			
۵۴/۶۶ \pm ۸/۶۲	ND	<i>P. elevatus</i>	
۹۰۳/۳۳ \pm ۷/۰۹	ND	<i>E. orientalis</i>	
۷۲۴/۴ \pm ۷/۰	۵۰۱ \pm ۱۲/۸	<i>S. javus</i>	
ND	ND	<i>S. sutor</i>	

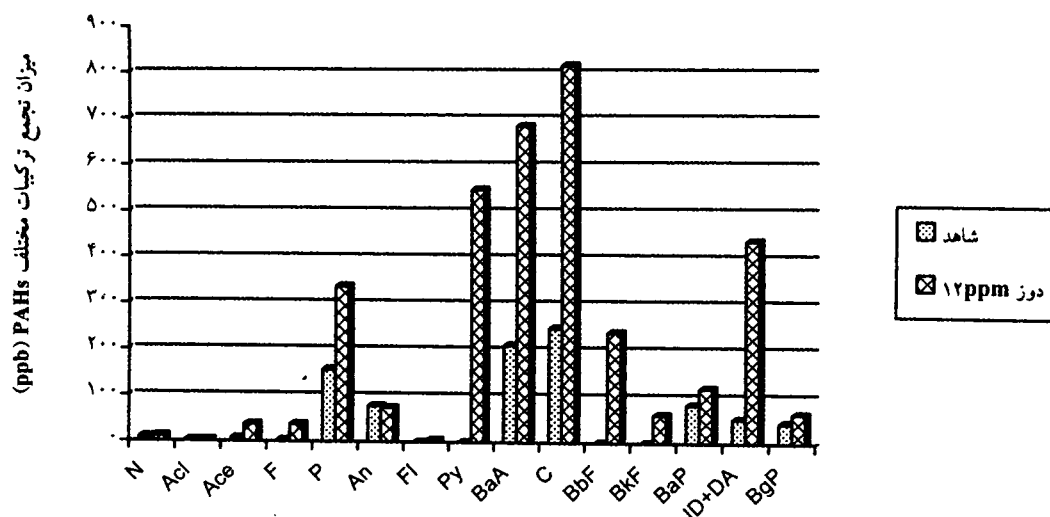
ادامه جدول ۳:

دوز نفت خام	گونه ماهی	صفر ppm (شاهد)	۱۲ ppm
ترکیبات مختلف PAHs و علائم اختصاری آنها			
Benzo[a] anthracene (BaA)			
	<i>P. elevatus</i>	۲۱۰/۶۶± ۴/۰۴	۷۸۳/۶۶± ۴/۰۰
	<i>E. orientalis</i>	۱۶۶/۳۳± ۷/۳۷	۳۴۹/۳۳± ۸/۰۰
	<i>S. javus</i>	۱۰۵/۶± ۸/۶	۱۲۴/۶± ۴/۷
	<i>S. sutor</i>	ND	ND
Chrysene (C)			
	<i>P. elevatus</i>	۲۴۷/۳۳± ۴/۰۴	۸۱۵/۶۶± ۵/۰۳
	<i>E. orientalis</i>	۲۷/۳۳± ۲/۰۸	۲۱۵/۶۶± ۵/۰۳
	<i>S. javus</i>	ND	ND
	<i>S. sutor</i>	۱۳± ۲/۱	۴۸۶/۶± ۸/۹
Benzo[b] fluoranthene (BbF)			
	<i>P. elevatus</i>	ND	۲۳۸/۶۶± ۳/۵۱
	<i>E. orientalis</i>	۲۷۹± ۴	۱۰۲۵± ۸/۸۸
	<i>S. javus</i>	۱۳۵/۲± ۶/۱	۷۰۹/۴± ۹/۸
	<i>S. sutor</i>	ND	ND
Benzo[k] fluoranthene (BkF)			
	<i>P. elevatus</i>	ND	۶۰± ۲
	<i>E. orientalis</i>	۷۴/۶۶± ۷/۶۳	۱۹۶± ۳
	<i>S. javus</i>	۱۰۵/۶± ۴/۰	۱۸۳/۲± ۶/۹
	<i>S. sutor</i>	۱۷/۸± ۴/۹	۴۴۷/۲± ۶/۰
Benzo[a] pyrene (BaP)			
	<i>P. elevatus</i>	۸۳± ۴	۱۱۸/۳۳± ۳/۰۵
	<i>E. orientalis</i>	۹۸/۳۳± ۶/۴۲	۲۶۷± ۴۳
	<i>S. javus</i>	۷۸/۶± ۵/۶	۸۱/۴± ۳/۰
	<i>S. sutor</i>	۸۸± ۳/۰	۵۶۹± ۶/۲
Indene[1,2,3-cd] pyrene + Dibenz[a,h] anthracen (ID+DA)			
	<i>P. elevatus</i>	۵۲/۳۳± ۳/۰۵	۴۳۶± ۳
	<i>E. orientalis</i>	۱۶/۶۶± ۵/۰۰	۲۳/۶۶± ۱/۱۵
	<i>S. javus</i>	۵۱/۲± ۵/۱	۶۴/۶± ۳/۰
	<i>S. sutor</i>	۸۹± ۴/۹	۲۱۲/۶± ۵/۵
Benzo[ghi] perylene (BgP)			
	<i>P. elevatus</i>	۴۳± ۲	۶۳/۶۶± ۰/۵۷
	<i>E. orientalis</i>	۲۶± ۲/۶۴	۱۴۱/۶۶± ۳/۰۵
	<i>S. javus</i>	۳۶/۲± ۴/۸	۶۴/۸± ۲/۳
	<i>S. sutor</i>	۲۶۶/۲± ۶/۹	۴۲۷/۸± ۵/۸
Total PAHs			
	<i>P. elevatus</i>	۹۲۹/۶۶± ۲/۵۱	۳۸۴۳± ۱۳/۵۲
	<i>E. orientalis</i>	۱۰۰۹± ۱۱/۷۱	۴۲۷۲± ۱۸/۷۷
	<i>S. javus</i>	۱۱۳۱± ۳۵/۰	۲۹۱۱± ۳۵/۵
	<i>S. sutor</i>	۴۸۷/۶± ۴/۰	۲۳۰۹/۶± ۱۱/۳

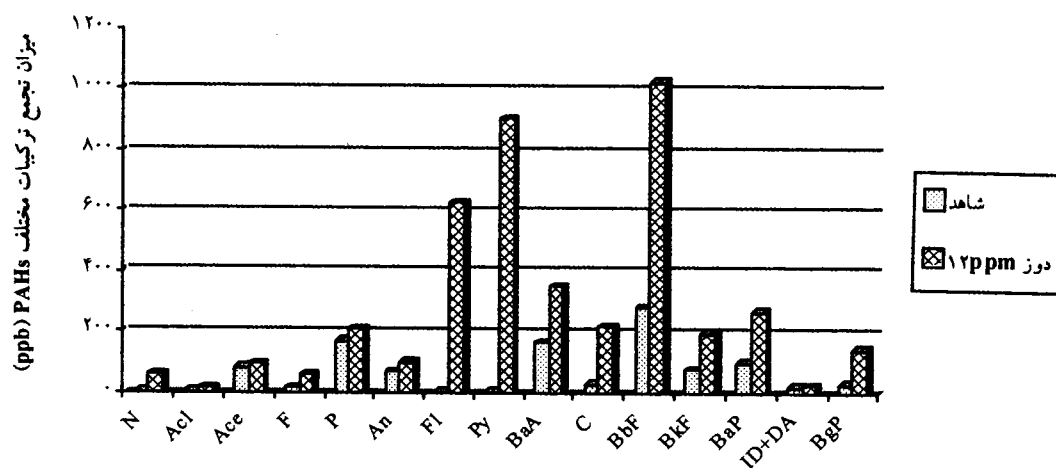
ND: غیر قابل تشخیص

همچنین در ماهیان شاهد کفشک راسترخ بیشترین و کمترین میزان ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده بترتیب متعلق به Phenanthrene (با میانگین ۱۶۸/۶۶ ppb) و Fluorene (با میانگین ۱۴/۳۳ ppb) می‌باشد. در ماهیان قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام نیز بیشترین و کمترین میزان ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده بترتیب متعلق به Benzo[b]fluoranthene (با میانگین ۱۰۲۵ ppb) و Acenaphthalene (با میانگین ۱۱/۳۳) می‌باشد (نمودار ۲).

برطبق نتایج حاصله در ماهیان شاهد کفشک چپرخی بیشترین و کمترین میزان ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده بترتیب متعلق به Chrysene (با میانگین ۲۴۷/۳۳ ppb) و Fluorene (با میانگین ۳/۳۳ ppb) می‌باشد. در ماهیان قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام نیز بیشترین و کمترین میزان ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده بترتیب متعلق به Chrysene (با میانگین ۸۱۵/۶۶ ppb) و Acenaphthalene (با میانگین ۲/۳۳ ppb) می‌باشد (نمودار ۱).



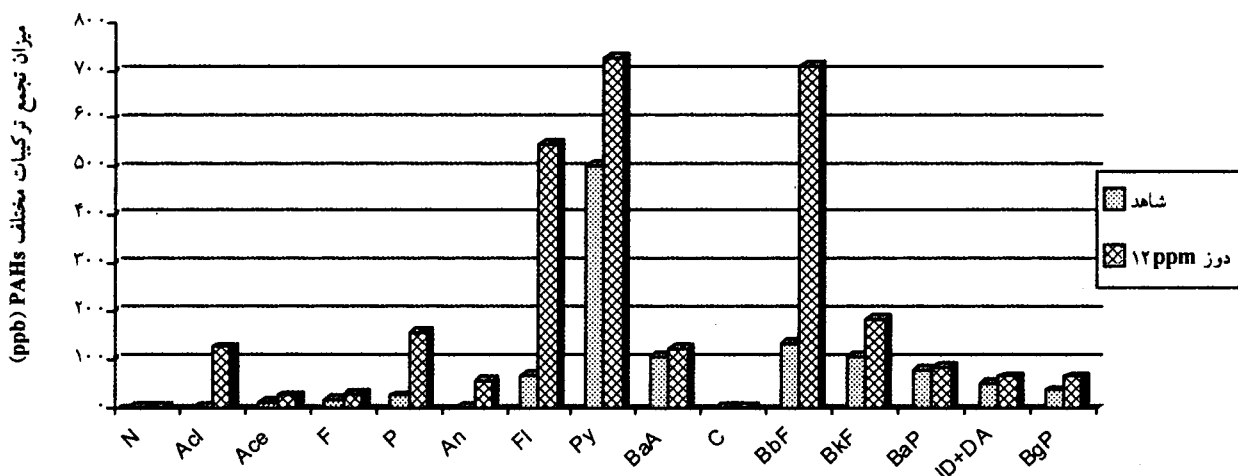
نمودار ۱: میزان تجمع ترکیبات مختلف PAHs در ماهیان کفشک چپرخی شاهد و قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت



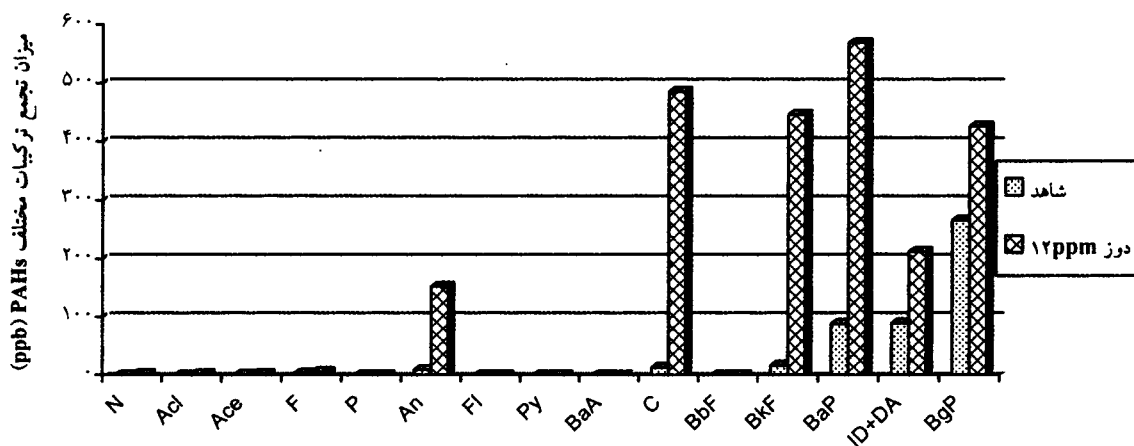
نمودار ۲: میزان تجمع ترکیبات مختلف PAHs در ماهیان کفشک راسترخ شاهد و قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام

همچنین در ماهیان شاهد صافی قهوه‌ای بیشترین و کمترین میزان ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده برتریب متعلق به Acenaphthene (با میانگین ۱/۴ppb) و Benzo[ghi] perylene (با میانگین ۲۶۶۲ppb) می‌باشد. در ماهیان قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام نیز کمترین و بیشترین میزان ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده برتریب متعلق به Naphthalene (با میانگین ۱/۸ppb) و Benzo[a] pyrene (با میانگین ۵۶۹ ppb) می باشد (نمودار ۴).

نتایج حاصله نشان می‌دهند که در ماهیان شاهد صافی موجودار بیشترین و کمترین میزان ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده برتریب متعلق به Acenaphthene (با میانگین ۱۱/۶ ppb) و Pyrene (با میانگین ۵۰۱ppb) می‌باشد. در ماهیان قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام نیز بیشترین و کمترین میزان ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده به ترتیب متعلق به Acenaphthene (با میانگین ۲۵/۴ ppb) و Pyrene (با میانگین ۷۴۲/۴ ppb) می باشد (نمودار ۳).



نمودار ۳: میزان تجمع ترکیبات مختلف PAHs در ماهیان صافی موجودار شاهد و قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ppm از نفت خام



نمودار ۴: میزان تجمع ترکیبات مختلف PAHs در ماهیان صافی قهوه ای شاهد و قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام

صافی موجدار می‌باشد اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را با ماهیان کفشک چپر خ و کفشک راسترخ نشان نمی‌دهد. کمترین میزان تجمع این ترکیبات در ماهی صافی قهوه‌ای مشاهده می‌شود که اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) را با سه گونه دیگر نشان می‌دهد.

از سوی دیگر مقایسه میزان تجمع کل ترکیبات PAHs در این چهار گونه ماهی قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام نشاندهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین ماهیان کفشک چپر خ و کفشک راسترخ با صافی موجدار و صافی قهوه‌ای است. به عبارت دیگر کفشک ماهیانی که در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام قرار گرفته‌اند بیشترین میزان تجمع کل ترکیبات PAHs را نشان می‌دهند. اگر چه این مقدار در ماهی کفشک راسترخ بیش از کفشک چپر خ است اما اختلاف معنی‌داری با آن ندارد. پس از کفشک ماهیان، ماهی صافی موجدار و سپس ماهی صافی قهوه‌ای بیشترین میزان تجمع این ترکیبات را از خود نشان می‌دهند که این مقادیر از نظر آماری معنی‌دار است ($P < 0.05$). بعبارت دیگر می‌توان ترتیب تجمع این ترکیبات را در این چهار گونه ماهی بصورت زیر نشان داد:

ماهیان شاهد :

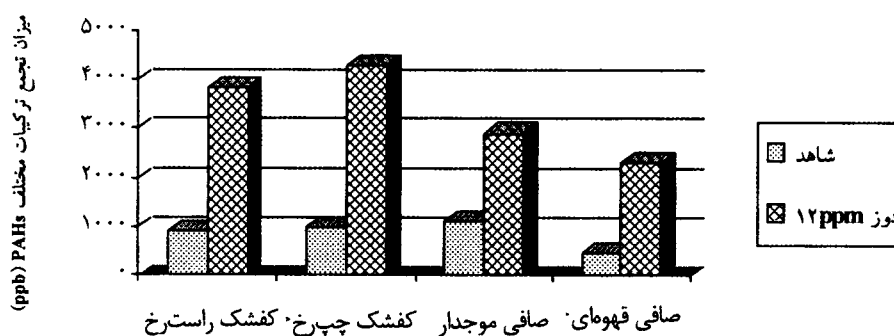
صافی قهوه‌ای > کفشک چپر خ > کفشک راسترخ > صافی موجدار

ماهیان در معرض نفت قرار گرفته :

صافی قهوه‌ای > صافی موجدار > کفشک چپر خ > کفشک راسترخ

مقایسه میانگین هر یک از ترکیبات PAHs با استفاده از آزمون t-test نشان می‌دهد که میزان تجمع این ترکیبات در ماهیانی که در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام قرار گرفتند اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) را در مقایسه با ماهیان شاهد داشتند (بجز Naphthalene, Anthracene و Acenaphthalene). چپر خ، Indene[1,2,3-cd] pyrene+ Dibenz[a,h]anthracene، چپر خ، در ماهی کفشک راسترخ و Benzo[a]pyrene در ماهی صافی موجدار). بعبارت دیگر قرارگیری ماهیان در معرض نفت خام موجب افزایش تجمع زیستی هر یک از ترکیبات PAHs بطور جداگانه و در نهایت کل ترکیبات PAHs در بدن آنها نسبت به ماهیانی که در آبهای فاقد این مواد نفتی هستند، شده است. اما وجود مقادیر نسبتاً زیاد PAHs در ماهیان شاهد را می‌توان به آلوده بودن آب محل جمع‌آوری این ماهیان (خلیج فارس) نسبت داد.

نمودار ۵ میانگین میزان تجمع کل ترکیبات PAHs را در ماهیان کفشک چپر خ، کفشک راسترخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای شاهد و قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام نشان می‌دهد. براساس نتایج بدست آمده از آزمون t-test بین دو دوز صفر و ۱۲ ppm از نفت خام از نظر میانگین مقدار کل ترکیبات PAHs در بافت عضله هر چهار گونه ماهی مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده می‌شود ($P < 0.05$). مقایسه میزان تجمع کل ترکیبات PAHs در ماهیان شاهد این چهار گونه نشان می‌دهد که بیشترین میزان تجمع این ترکیبات متعلق به ماهی



نمودار ۵: میزان تجمع کل ترکیبات PAHs در ماهیان کفشک چپر خ، کفشک راسترخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای شاهد و قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام

بحث

Benzo[ghi]perylene بالاترین میزان از ترکیبات PAHs را بخود اختصاص داده بود که با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر در مورد ماهی صافی قهوه‌ای مطابقت می‌کند. در تحقیق دیگری (Anyakora *et al.*, 2005) که به منظور تعیین ۱۶ ترکیب مختلف PAHs در ماهی *Pseudomonas elongatus* صید شده از آبهای نیجریه انجام شد، مقدار ترکیبات Chrysene, Benzo[b]fluoranthene, Pyrene و Benzo[ghi]perylene بترتیب ۲۷۹۰ ppb، ۶۵۰۰ ppb و ۱۵۳۰ ppb و ۳۴۴۸۰ ppb اندازه‌گیری شد باز هم در بین کل ترکیبات PAHs، Benzo[ghi]perylene بیشترین مقدار را بخود اختصاص داده بود که با نتایج تحقیق حاضر در مورد ماهی صافی قهوه‌ای مطابقت دارد.

براساس تحقیقاتی که محققینی مانند Kennish در سالهای ۱۹۹۷ و ۲۰۰۱، McElroy و همکاران در سال ۱۹۸۹ و McLeese و همکاران در سال ۱۹۸۵ بر روی موجودات مختلفی مانند سخت‌پوستان، نرم‌تنان دریایی، پرتاران و ماهیان انجام دادند، دریافتند که این موجودات توانایی سوخت و ساز برخی از ترکیبات PAHs را دارند و می‌توانند آنها را به ترکیبات دیگری و گاهی ترکیبات کم خطرتر تجزیه کنند بنابراین یکی از دلایل احتمالی تفاوت در ترتیب تجمع ترکیبات مختلف PAHs در ماهیان شاهد و قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ ppm از نفت خام را می‌توان به این امر نسبت داد. از سوی دیگر اختلاف در میزان تجمع ترکیبات مختلف PAHs در نتیجه تفاوت‌های گونه‌ای می‌باشد زیرا تجمع این ترکیبات به شدت وابسته به گونه می‌باشند (DouAbdul *et al.*, 1987).

در مطالعه اخیر میزان کل ترکیبات PAHs در ماهیان شاهد کفشک چپ‌رخ، کفشک راست‌رخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای بترتیب برابر با ۹۲۹/۶۶ ppb، ۱۰۰۹ ppb، ۱۱۳۱ ppb و ۴۸۷/۶ ppb است. در حالیکه مطالعات Al-Hassan و همکاران در سال ۲۰۰۳ در چند گونه از ماهیان خلیج فارس از جمله *Hilsa ilisha* و *Pampus argenteus* نشان داد که میانگین کل ترکیبات PAHs تجمع یافته در این ماهیان بترتیب برابر با ۱۳۳۰ ppb و ۱۷۸۰ ppb می‌باشد که به مقادیر بدست آمده از

بافت عضله ماهیان کفشک چپ‌رخ، کفشک راست‌رخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای به سبب نقش مهم در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از تجزیه نمونه بافت‌های عضله ماهیان شاهد و ماهیانی که در معرض بخش محلول در آب نفت خام قرار گرفته‌اند و مقایسه آنها با یکدیگر بیانگر روند افزایشی معنی‌دار بیشتر ترکیبات PAHs در ماهیان قرار گرفته در معرض بخش محلول در آب نفت خام است. بعبارت دیگر قرار گیری ماهیان در آبی که حاوی این ترکیبات است می‌تواند موجب افزایش تجمع زیستی ترکیبات PAHs در آنها گردد.

با مقایسه نتایج تجمع ترکیبات مختلف PAHs در ماهیان شاهد می‌توان دریافت که بیشترین میزان تجمع ترکیبات مختلف PAHs در ماهیان شاهد کفشک چپ‌رخ، کفشک راست‌رخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای بترتیب مربوط به Chrysene با میانگین غلظت ۲۴۷/۳۳ ppb، Benzo[b]fluoranthene با میانگین غلظت ۲۷۹ ppb، Pyrene با میانگین غلظت ۵۰۱ ppb و Benzo[ghi]perylene با میانگین غلظت ۲۶۶/۲ ppb می‌باشد. در تحقیق مشابهی که توسط Al-Hassan و همکاران در سال ۲۰۰۳ به منظور تعیین ۱۴ ترکیب مختلف PAHs در بافت عضله چند گونه از ماهیان خوراکی صید شده از آبهای کویت انجام گرفت مشخص شد که میانگین میزان Chrysene در ماهیان *Acanthopagrus* و *Epinephelus areolatus* با میانگین میزان *latus* بترتیب برابر با ۲۷۶۰ ppb و ۳۶۰ ppb، میانگین میزان Benzo[b]fluoranthene در ماهی *Acanthopagrus latus*، ۵۰۰ ppb، میانگین میزان Pyrene در ماهیان *Epinephelus tauvina*، *Liza*، *Pomadasys kaakan*، *Hilsa ilisha*، *Acanthopagrus latus*، *Otolithes argenteus* و *Epinephelus areolatus subviridis* بترتیب برابر با ۲۱۰ ppb، ۲۰۰ ppb، ۲۲۰ ppb، ۲۴۰ ppb، ۲۷۰ ppb، ۱۳۱۰ ppb و ۱۲۱۰ ppb میانگین میزان Benzo[ghi]perylene در ماهی *Epinephelus areolatus*، ۷۱۷۰ ppb می‌باشد. در این تحقیق با وجودیکه Chrysene، Benzo[b]fluoranthene و Pyrene در هیچیک از این ماهیان بیشترین مقدار را بخود اختصاص نداده بودند اما

رفتاری، فیزیولوژیک و پاتولوژیک) را تحمل می‌کنند که حداقل نیاز به چندین ماه دارد تا در موجود رشد نماید و در نتیجه تشخیص آنها بسیار مشکل است. چنین اثراتی توسط مسیرهای متابولیکی آسیب دیده، رشد کم، همآوری پایین و نقص تولید مثل ظاهر می‌شود. تأثیرات بر روی جمعیت و جامعه ممکن است حتی سالها بعد از در معرض قرارگیری اولیه قابل تشخیص نباشند. اثرات ناشی از قرارگیری در معرض ترکیبات PAHs در یک نوع کفشک ماهی انگلیسی با نام علمی *Parophrys vetulus* مورد بررسی قرار گرفت و رشد ناپه‌نچار کبدی و تخریب بافت کبدی را در ماهیانی که در ارتباط با رسوبات آلوده به این ترکیبات بودند مشاهده گردید (Kennish, 2001).

براساس تحقیق فوق ممکن است ماهیانی که در خلیج فارس در معرض نفت و PAHs قرار می‌گیرند، اثرات زیرکشنده آنرا در یک دوره زمانی تحمل کنند و در نتیجه تشخیص آلودگی آنها به PAHs بسیار مشکل باشد. ممکن است تأثیر PAHs بر روی جمعیت‌های ماهیان خلیج فارس در طولانی مدت ظاهر شود، بطوریکه در سالهای آتی شاهد علائم سوء بیان شده فوق در ماهیان خلیج فارس باشیم.

براساس تحقیق فوق ممکن است ماهیانی که در خلیج فارس در معرض نفت و PAHs قرار می‌گیرند، اثرات زیرکشنده آنرا در یک دوره زمانی تحمل کنند و در نتیجه تشخیص آلودگی آنها به PAHs بسیار مشکل باشد. ممکن است تأثیر PAHs بر روی جمعیت‌های ماهیان خلیج فارس در طولانی مدت ظاهر شود، بطوریکه در سالهای آتی شاهد علائم سوء بیان شده فوق در ماهیان خلیج فارس باشیم.

براساس تحقیق Afghan در سال ۱۹۹۸، برخی از ترکیبات PAHs که از نظر سرطان‌زایی انسان مهم هستند عبارتند از: Dibenz[a,h]pyrene, Dibenzo[a]pyrene, Dibenz[a,h]anthracene, Benzo[a]pyrene, Dibenz[a,h]pyrene و Dibenz[a,l]pyrene. براساس مطالعه سازمان بهداشت جهانی و کمیته نظارت بر مواد غذایی (Anyakora et al., 2005)، مشخص شد که غلظت Benzo[a] pyrene بعنوان ترکیب شاخص سرطان‌زایی خصوصاً برای انسان نباید بیشتر از ۱۰ ppb باشد. غلظتهای بالاتر از این مقدار باعث افزایش خطر

تحقیق حاضر (بغیر از صافی قهوه ای) نزدیک است. همچنین در تحقیق دیگری که توسط Khan و همکاران در سال ۱۹۹۵، به منظور تعیین کل ترکیبات PAHs در بافت عضله ماهی *Siganus canaliculatus* صید شده از سواحل امارات انجام گردید، مقدار این ترکیبات ۲۰۲۶ ppb اندازه‌گیری شد که این مقدار هم بسیار بیشتر از نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر می‌باشد.

سه فاکتور به شدت تحمل بدن را در مقابل PAHs موجودات دریایی تحت تاثیر قرار می‌دهند که عبارتند از غلظت ترکیبات PAHs در محیط، در دسترس بودن زیستی ترکیبات و توانایی موجودات برای متابولیسم آنها (Grandby & Spliid, 1995). نتایج حاصل از این تحقیق نیز نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار کل ترکیبات PAHs در هر چهار گونه ماهی در معرض قرار گرفته نسبت به ماهیان شاهد است. عبارت دیگر هنگامی که ماهیان در معرض ترکیبات محلول در آب نفت خام قرار می‌گیرند مقادیر بیشتری از PAHs را نسبت به ماهیان شاهد جذب می‌نمایند.

PAHs آب‌گریزند، آنها به سهولت جذب رسوبات و سایر مواد معلق شده و در نهایت در کف دریا تجمع می‌یابند. در نتیجه موجودات کفزی اغلب در معرض غلظت‌های بالایی از این آلاینده‌ها بخصوص در نزدیکی مراکز کلان شهری قرار می‌گیرند. هنگامی که PAHs در رسوبات کف ته‌نشین می‌شوند نسبت به زمانی که در ستون آب هستند مقاومت بیشتری دارند زیرا اثرات اکسیداسیون فتوشیمیایی یا بیولوژیکی سرعت آنها را در ستون آب تجزیه می‌کند. PAHs در رسوبات فاقد اکسیژن برای مدت‌های طولانی بدون تغییر باقی می‌ماند (Guzzella & DePaulis, 1994). لذا این دو گونه کفشک ماهی که از ماهیان کفزی بشمار می‌روند و در ارتباط دائم با رسوبات بستر هستند در صورت آلوده بودن رسوبات به این ترکیبات مقادیر معتدبایی از آنها را در بدن خود جذب می‌کنند.

براساس نظریه Conell در سال ۱۹۹۵ بسیاری از موجودات دریایی پاسخ‌های حادی را در مقابل قرارگیری در معرض PAHs از خود نشان نمی‌دهند اما اثرات زیرکشنده (بیوشیمیایی،

منابع

- امینی رنجبر، غ. و جمیلی، ش. ، ۱۳۷۵. بررسی کمی هیدروکربن‌های نفتی در آب، رسوب و صدف در شمال شرقی خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۵، صفحات ۷۳ تا ۸۴.
- کفیل‌زاده، ف. : اسماعیلی ساری، ع. : فاطمی، س.م.ر. : وثوقی، غ. و جمیلی، ش. ، ۱۳۸۲. بررسی رابطه آلودگی‌های نفتی با تراکم صدف مروارید ساز محار (*Pinctada fucata*) در خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، شماره ۳، زمستان ۱۳۸۲، صفحات ۱۲۷ تا ۱۴۲.
- Afghan B.K., 1989.** Analysis of trace organics in the aquatic environment. CRC Press, Boca Raton, FL. pp.243-281.
- Al-Hassan J.M., Afzal M., Rao C.V.N. and Fayad S., 2003.** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Aliphatic Hydrocarbons (AHs) in Edible fish from the Persian Gulf. Bulltin of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 70, pp.205-212.
- Al-Omran L.A. and Rao C.V.N., 1997.** Hydrocarbons in the intertidal areas of Kuwait. International Journal of Environmental Studies, Vol. 53, pp.31-41.
- Anderson J.W., 1975.** Laboratory studies on the effects of oil on marine organisms. An Overview. American Petroleum Institute Publications No, 4349. Washington, D.C. American Petroleum Institute. 469P.
- Anyakora C., Ogbeche A., Palmer P. and Coker H., 2005.** Determination of polynuclear aromatic hydrocarbons in marine samples of

سرطان‌زایی در مصرف‌کنندگان می‌شود. مطالعه حاضر نشان می‌دهد که میانگین غلظت Benzo[a]pyrene در ماهیان کفشک چپر، کفشک راسترخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای شاهد صید شده از خلیج فارس بترتیب ۰.۷۸/۶ppb، ۰.۸۱/۴ppb و ۰.۸۳ppb و ۰.۹۸/۳۳ppb است. بعبارت دیگر غلظت این ترکیب در بافت عضله این چهار گونه ماهی بسیار بیشتر از حد استاندارد تعیین شده برای این ترکیب است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که ماهیان خلیج فارس بطور واقعی در معرض هیدروکربن‌های نفتی موجود در خلیج فارس هستند. این ماهیان غلظتهای قابل توجهی از ترکیبات PAHs را با خود حمل می‌کنند. این آلاینده‌های نفتی بطور پیوسته از راههای مختلف وارد اکوسیستم خلیج فارس شده و بطور مداوم به مقدار آنها افزوده می‌شود. نتایج بدست آمده از تحقیقات گذشته (Al-Omran & Rao, 1997) نیز نشان می‌دهد که غلظت هیدروکربن‌های نفتی در مناطق ساحلی خلیج فارس و رسوبات دور از ساحل آن و ماهیها با گذشت زمان در حال افزایش است. از اینرو مصرف ماهیان آلوده به PAHs که دارای ترکیبات سرطان‌زا هستند، می‌تواند برای انسان نیز خطرناک باشد و این مسئله در مورد ماهیان کفشک چپر، کفشک راسترخ، صافی موجدار و صافی قهوه‌ای که از ارزش غذایی بالایی برخوردار هستند و در سواحل جنوبی کشور به مقدار زیاد توسط مردم محلی مورد استفاده قرار می‌گیرند نیز صادق است.

تشکر و قدردانی

از کلیه کارکنان و کارشناسان محترم پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس بخصوص آزمایشگاه سم‌شناسی که در انجام هرچه بهتر این تحقیق ما را یاری کردند، تشکر می‌نمایم.

- Siokolo Fishing Settlement. Journal of Chromatography A, Vol. 1073, pp.323-330.
- Burger J. , 1997.** Oil Spills. Rutgers University Press, New Brunswick, N.J. USA. 262P.
- Conell D.W., 1995.** Prediction of bioconcentration and related lethal and sublethal effects with aquatic organisms. Marine Pollution Bulletin, Vol. 31, pp.201-205.
- DouAbdul A.A.Z., Abaychi J.K., Al-Edanee T.E., Ghani A.A. and Al-Saad H.T., 1987.** Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in fish from the Persian Gulf. Bulltin of Environmental. Contamination and Toxicology, Vol. 38, pp.536-552.
- Durani S. and Siddiqui A.S., 1990.** Hydrocarbon cocentrations in sediments and animal tissues from costal waters of Karachi. Marine Pollution Bulletin, Vol 21, pp.397-398.
- EPA, 1986.** Method SW-846 and method 8100. Test methods for evaluating solid waste. Volume IB: Laboratory manual physical/chemical methods. U.S. Environmental Protection Agency, 3rd ed. Washington DC. Marine Pollution Bulletin, Vol. 30, pp.167-178.
- Grandby K. and Spliid N.H., 1995.** Hydrocarbons and organochlorines in common mussels from the Kattegat and the belts and their relation to condition indices. Marine Pollution Bulletin, Vol. 30, pp.167-178.
- Guzzella L. and DePaulis A., 1994.** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in sediments of the Adriatic Sea. Marine Pollution Bulletin, Vol. 28, pp.159-168.
- Khan M.A.Q., Al-Ghais S.M. and Al-Marri S., 1995.** Bulltein of Environmental. Contamination and Toxicology, Vol. 29, pp.517-522.
- Kennish M.J., 1997.** Pollution impacts on marine biotic communities. CRC Press, 310P.
- Kennish M.J., 2001.** Practical Handbook of Marine Science. Third edition. CRC Press. 876P.
- McElroy A.E., Farrington J.W. and Teal J.M., 1989.** Bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment, in Metabolism of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment. (ed. U. Varanasi). CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp.1-39.
- McLeese D.W., Ray S. and Burrige L.E., 1985.** Accumulation of polynuclear aromatic hydrocarbons by the clam *Mya arenaria*, in Wastes in the Ocean, Vol. 6, Nearshore Waste Disposal. Eds. B.H. Ketchum; J.M. Capuzzo; W.V. Burt; I.W. Duedall; P.K. Park and D.R. Kester). John Wiley & Sons, New York, USA. pp.81-88.
- Neff J.M., 1979.** Aquatic hydrocarbons in the aquatic environment and biological effects. Applied Scince, London, UK. 241P.
- Nour El-Din N.M. and Abdel-Moati M.A.R., 2001.** Accumulation ot trace metals, Petrolyum Hydrocarbones and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in marine copepods from the Persian Gulf. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, pp.110-117.
- Price A.R.G., 1998.** The Gulf: Human impacts and management initiatives. Marine Pollution Bulletin, Vol. 27, pp.17-27.

Singh J.G., Chang Yen I., Stoute V.A. and Chettergoon L., 1993. Hydrocarbon levels in edible fish, crabs, mussels from the marine

environment of Trinidad. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 27, pp.310-312.

Study of water soluble of crude oil pollution effects on PAHs accumulation in four commercial fish species of the Persian Gulf

Oryan Sh.^{(1)*} ; Gharibkhany M. ⁽²⁾ and Tatina M.⁽³⁾

Sh_oryan@yahoo.com

1- Department of Biology, Tarbiat Moalem University, No. 49, Mofateh Ave., Tehran, Iran

2,3 –Young Researchers Club, Islamic Azad University, Astara Branch. P. O. Box: 1141 , Astara, Iran

Received: December 2007

Accepted: March 2009

Keywords: *Pseudorhombus elevatus*, *Euryglossa orientalis*, *Siganus javus*, *S. sutor*, crude oil, PAHs, Persian Gulf, Iran

Abstract

One of the compounds of crude oil is Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). This study was conducted in the toxicology laboratory of Persian Gulf and Oman Sea Research Center, Bandar Abbas in Spring 2005. Four commercial fishes were exposed to 0ppm and 12ppm dosages of crude oil in long-term bioassay examination. After 8 days, exposed fish were freezeed and packed separately and then sent them to IBB (Institute of Biochemistry and Biophysics) of Tehran University for determination of PAHs accumulated in their muscle. PAHs measurement was done with GC-FID. In this research, the amount of each compound of PAHs and total PAHs in each dosage was calculated separately for each species. The result of data analysis shows that the mean accumulation amounts of PAHs ($SD \pm \bar{x}$) in tissues of control *Pseudorhombus elevatus*, *Euryglossa orientalis*, *Siganus javus* and *S. sutor* exposed to 0ppm dosage of crude oil were 929.66 ± 2.51 ppb, 1009 ± 11.7 ppb, 1131 ± 35.0 ppb and 487.6 ± 4.0 ppb and mean accumulation amounts of PAHs ($SD \pm \bar{x}$) in those exposed to 12ppm dosage of crude oil were 3843 ± 13.52 ppb, 4272 ± 18.77 ppb, 2911 ± 35.5 ppb and 2309.6 ± 11.3 ppb respectively. According to t-test, we concluded that in all four species the accumulation of crude oil in their muscle tissues between two mentioned dosages were significantlt difference ($P < 0.05$). On the other hand, the high amount of PAHs in the control fishes probably is due to pollution of Persian Gulf.

* Corresponding author