بررسی مقدار هیدروکربن حلقوی Benzo[a]anthracene در عضله پنج گونه از ماهیان تالاب انزلی

یزدان مرادی*[۱]، علی اصغر خانی پور[۲]، فرحناز لکزایی[۱]

۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۹/۱۴۹۶۵

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، ایران، صندوق پستی: ۱۶۱۶

تاریخ دریافت: ۲۱ شهریور ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: ۲ بهمن ۱۳۹۵

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی مقدار هیدروکربن حلقوی بنزو آلفا آنتراسن(Benzo[a]anthracene) در پنج گونه ماهی تالاب انزلی شامل اردک ماهی *Esox lucius* ، ماهی سفید *Rutilus frisii*، کاراس *Carassius carassius*، اسبله *Silurus glanis* و لای ماهی *Tinca tinca* اتجام شد. بدین منظور ماهیان فوق از سه بخش غربی، مرکزی و شرقی تالاب صید و مقدار هیدروکربن مورد نظر در بافت عضله خوراکی آنها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان دادکه مقدار هیدروکربن بنزوآلفاآنتراسن در ماهی‌های مختلف از صفر تا ۱۴ میکروگرم بر کیلوگرم ماده خشک متغیر بود. همچنین مقدار این هیدروکربن در ماهی‌های صید شده از مناطق غربی، شرقی و مرکزی باهم اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) داشتند. اما بطورکلی مقدار هیدروکربن مشاهده شده در تمام نمونه‌ها کم‌تر از استاندارد تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم ماده خشک) بود.

کلمات کلیدی: هیدروکربن حلقوی (بنزو آلفا آنتراسن)، تالاب انزلی، ماهی سفید، اسبله، کاراس، اردک ماهی، لای ماهی.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). ymorady@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.1.8.5]

مقدمه

تالاب انزلی از نوع تالاب‌های ساحلی می‌باشد که بوسیله یک کانال کشتیرانی از طریق دو موج‌شکن واقع در تاسیسات بندرگاه انزلی حمایت می‌شود و به دریای خزر متصل می‌گردد. این تالاب جزء تالاب‌های طبیعی و آب شیرین کشور بوده که حداکثر عمق آن در بهار و در نواحی غربی تالاب به ۵/۲ متر می‌رسد که بدلیل نوسان‌های سطح آب دریای خزر، این مقدار متغیر است. مهمترین آبزیان تالاب اردک ماهی، ماش‌ماهی، سیاه کولی، لای‌ماهی، سفید کولی، گربه ماهی، سوف حاجی طرخان و آمور سفید می‌باشند. همچنین ماهیان مهاجر از قبیل سیم، سوف، کلمه، سفید، سس ماهی و کپوردر تالاب حضور پیدا می‌کنند (توکلی و ثابت رفتار، ۱۳۸۱).

بندر انزلی یکی از بنادر مهم حوزه جنوبی دریای خزر بوده که بدلیل تردد کشتی‌ها حامل مواد نفتی و همچنین حمل و بارگیری کشتی‌های حامل صادرات محصولات غیر نفتی و تردد لنج‌ها و قایق‌های دریائی باعث ریزش مواد نفتی و غیرنفتی در این اسکله شده و بر اثر جریانات دریائی و وزش باد به آب‌های مناطق مختلف تالاب انتقال می‌یابد که سبب آلوده شدن مناطق مختلف تالابی می‌گردد. علاوه بر آن هیدروکربن‌های نفتی از طریق جریان‌های معکوس آب دریای خزر و رودخانه‌های اصلی تامین‌کننده آب تالاب وهمچنین در نتیجه شستشو و نشت بنزین از باک موتورهای دریایی تردد‌کننده در تالاب نیز وارد این محیط می‌گردند (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۸۸).

هیدروکربن‌ها یکی از مهمترین آلاینده‌های آلی هستند که به طرق مختلف همانند بهره‌برداری نفت از فلات قاره‌ای حمل ونقل دریایی حوادث غیرمترقبه ضایعات از طریق شهرها و رودخانه پالایشگاه نفت و گاز به اقیانوس‌ها و دریاها راه می‌یابند. سرنوشت هیدروکربن‌های ریخته شده به دریا تحت فرایندهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و طی مراحل گوناگون تغییر و تبدیل می‌یابد و این تغییر و تبدیل بصورت انتشار، تبخیر، حل شدن در آب تشکیل امولسیون، فتواکسیداسیون، تجزیه بیولوژیکی وته نشین شدن صورت می‌پذیرد (Harold, 1990). این ترکیبات پلی آروماتیک از آلوده‌کننده‌های جدی در رسوبات جهان محسوب می‌گردند. در حال حاضر نیز فراوانی آن‌ها در رسوبات به خصوص در نواحی که فعالیت‌های انسانی چشمگیر باشد، سبب اثرات منفی بر موجودات شده است (Neff, 1979, 2002). این ترکیبات در رسوبات هرگز به تنهایی دیده نمی‌شوند بلکه به صورت مخلوطی از ترکیبات وجود دارند. الگوی ترکیبات پلی آروماتیک در رسوبات بستگی به منشاء و همچنین تجزیه طبیعی آن‌ها دارد (Neff, 2005).

نفت در سواحل بستر نرم به راحتی از بین نمی‌رود و به لایه‌های زیرین منتقل می‌گردد و خواص سمی آن مدتی باقی می‌ماند. امواج شدید و طوفان سبب به‌هم‌خوردگی رسوبات بستر شده و نفت را به همراه رسوبات به مناطق ساحلی منتقل می‌کند که همین امر سبب تاثیر سوء بر نرمتنان، سخت‌پوستان و ماهیان می‌گردد (Clark, 1383). این نوع ترکیبات لیپوفیلیک بوده و تمایل به جذب مواد آلی و معدنی ذرات معلق و رسوبات داشته (Meyer and Xing, 2001) و به همین دلیل میزان آن در نواحی آلوده بیش‌تر بوده و تجمع این نوع ترکیبات در حیوانات کوچک مانند دوکفه‌ای‌ها افزایش می‌یابد. برهمین اساس ماهیان بنتیک‌خوار و یا گونه‌هایی که از این ماهیان تغذیه می‌کنند دارای

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.1.8.5]

مقادیر قابل توجهی از PAHs می‌باشند. این ترکیبات دارای حلالیت زیاد در چربی بوده و به سهولت از طریق تنفس و گوارش جذب بدن ماهیان می‌شوند و در بافت‌های چرب بدن متراکم شده و تجمع می‌یابند علاوه برمسیر فوق این نوع ترکیبات پس از ورود به خون ماهی به بافت‌های کبد، طحال و کیسه صفرا منتقل و در آنجا طی عملیات انتقال زیستی به فرم‌های بسیار قطبی و قابل دفع تبدیل می‌شود (اسماعیلی، ۱۳۸۳). به همین دلیل ماهیان پر چرب نظیر ماهی آزاد خیلی راحت‌تر از ماهیان کم چرب بد طعم می‌شوند زیرا تجمع ترکیبات نفتی در آن بیش‌تر می‌باشد (Mahmoodi *et al*., 2012).

از نقطه نظرتغذیه انسان مصرف مواد غذائی که حاوی ترکیبات آروماتیک حلقوی هستند باید با دقت بیش‌تری صورت گیرد. البته همه هیدروکربن‌ها داری خاصیت سمی نیستند و در آن‌هائیکه خواص سمیت دارند نیز درجات مختلفی از سمیت گزارش شده است. هیدروکربن بنزوآلفا آنتراسن Benzo[a]anthrace با فرمول مولکولی $C_{18}H_{12}$ یکی از انواع هیدروکربن‌های نفتی است که در محیط‌های آبی یافت می‌شود. این هیدروکربن دارای خاصیت سمی ژنوتوکسیک Genotoixic و کارسینوژنیک Carcinogenic است.از میان ۱۶هیدروکربن حلقوی شناخته شده بیش‌ترین درجه خاصیت سمی مربوط دو ترکیب بنزو آلفا پایرن Benzo [a]pyren و دی بنزو آلفا اچ آنتراسن DeBenzo[ah] antheracen با TEF معادل یک و پس از این دو هیدروکربن‌های حلقوی بنزوآلفاآنتراسن Benzo(a)anthracen واینـدو۱۲۳پایرن Indo[123] pyren با TEF معادل ۰/۱می‌باشند. مابقی هیدروکربن‌ها TEF معادل و یا کم‌تر از ۰/۰۱ دارند(Kim and Bansal, 2015). در این مقاله پنج گونه ماهی لای ماهی *Tinca tinca*، ماهی سفید دریای خزر *Rtilus frisii kutum*، اردک ماهی *Esox lucius*، اسبله *Silurus glanis*، ماهی کاراس *Carassius auratus gibelio* در منطقه غربی، منطقه شرقی و منطقه مرکزی تالاب از نظر وجود هیدروکربن Benzo[a]anthracen موردمطالعه قرارگرفته‌اند.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه ماهی

نمونه‌های ماهی شامل اردک ماهی، کاراس، لای ماهی، اسبله و ماهی سفید از سه ایستگاه تالاب انزلی سرخانکل، شیجان، آبکنار صید شدند. از هر گونه تعداد ۱۰ عدد انتخاب شده و در تانک CSW حاوی یخ خرد شده قرار داده شدند و به مرکز ملی فرآوری آبزیان انتقال یافتند. ماهی‌ها درمرکزشستشو شده و از آن‌ها فیله تهیه گردید.سپس با استفاده از دستگاه استخوان‌گیر تبدیل به گوشت بدون استخوان شدند. ۳۰ گرم از بافت گوشت هموژنه هرگونه ماهی با ورقه آلومینیومی پوشش داده شده و سپس درکیسه‌های استریل پلی اتیلنی بسته بندی در دمای ۳۰ – درجه سانتیگراد منجمد ودر دمای ۲۰- تا ۱۸- درجه نگهداری شدند.

اندازه گیری هیدروکربن بنزو آلفا آنتراسن (Benzo[a]anthracen)

ابتدا مقدار ۳۰ گرم از عضله هر ماهی در دستگاه فریز درایر خشک گردید. سپس از نمونه‌های خشک شده با روش سوکسیله چربی استخراج شد (2005,AOAC) چربی استخراج‌شده پس از صابونی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.1.8.5]

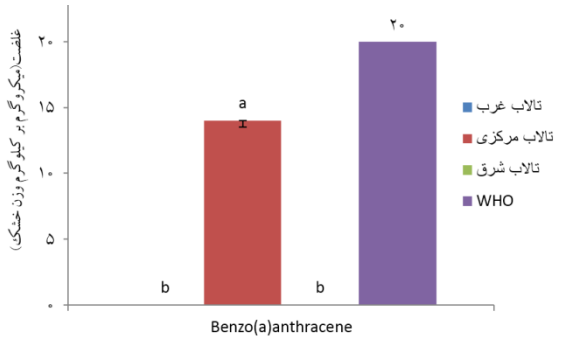
شدن به دستگاه GC-FID (Shimadzu-14 A) مجهز به ستون کاپیلاری (RTX-5) تزریق شد. برای کنترل و تایید این ترکیبات از استاندارد مرجع (CRM: Certified Reference Material) غلظت مشتقات ۱۶ گانه استفاده شد(MOOPAM, 2005).آزمایشات هرنمونه ماهی با سه تکرار انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون Touky انجام گردید.

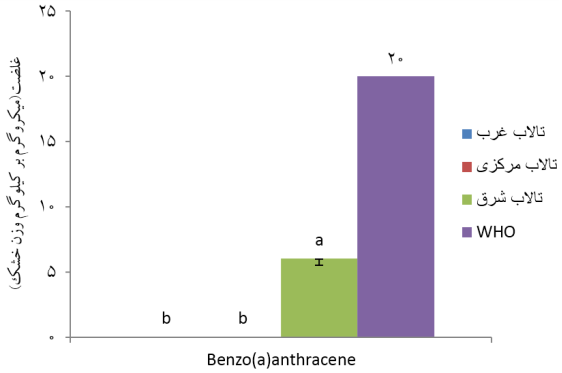
نتایج

میزان غلظت هیدروکربن حلقوی بنزوآلفا آنتراسن در ماهی‌های مورد مطالعه در مناطق شرقی، مرکزی وغرب تالاب‌انزلی در شکل‌های ۱ تا ۵ نشان داده شده است. به منظور اطلاع از اینکه ترکیب هیدروکربن حلقوی مورد مطالعه در حد استاندارد است یا خیر، مقداراستاندارد هیدروکربن بر اساس حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی WHO نیز در گراف‌ها آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقدار هیدروکربن مورد مطالعه در گونه‌های مختلف ماهی از ۰ تا ۱۴ میکروگرم برکیلوگرم (ماده خشک) عضله خوراکی ماهی متفاوت بوده است. میزان غلظت هیدروکربن درسه گونه اردک ماهی در قسمت غربی و مرکزی برابر صفر و در شرقی برابر ۶ میکروگرم بر کیلوگرم بوده است (شکل ۱).

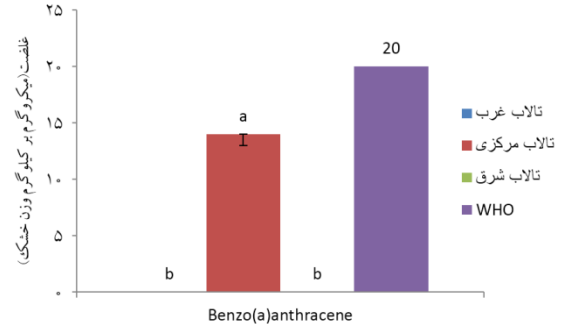


شکل ۱: میانگین غلظت هیدروکربن Benzo(a)anthracene در عضله اردک ماهی

در دو ماهی سفید (شکل ۲) و ماهی کاراس (شکل ۳) مقدار هیدروکربن در بافت عضله در بخش غربی تالاب صفر، در مرکزی ۱۴ و شرق صفر بوده است.



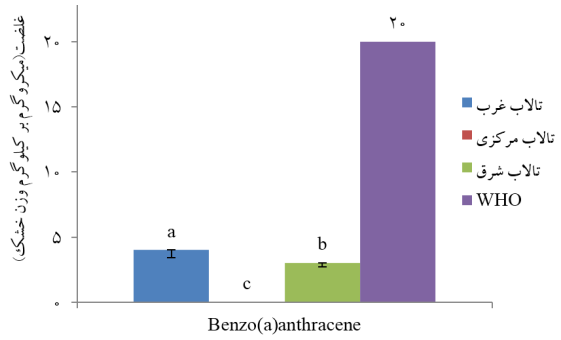
شکل ۲: میزان غلظت هیدروکربن Benzo(a)anthracene در عضله ماهی سفید



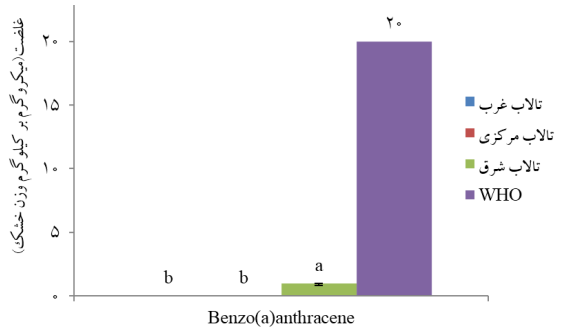
شکل ۳: میزان غلظت هیدروکربن Benzo(a)anthracene در عضله ماهی کاراس

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.1.8.5]

ماهی اسبله صید شده از بخش غربی تالاب مقدار ۴ میکروگرم هیدروکربن بنزو آلفا آنتراسن داشت و در قسمت مرکزی و شرقی به ترتیب ۰ و ۳ میکروگرم در عضله ماهی هیدروکربن مورد نظر مشاهده شد (شکل ۴). مقدار هیدروکربن بنزو آلفا آنتراسن در عضله لای ماهی ازسایر ماهی ها کم‌تر بود بطوریکه در نمونه صید شده از بخش غربی و مرکزی مقدار هیدروکربن صفر و در نمونه بخش شرقی مقدار ۱ میکروگرم بر کیلوگرم هیدروکربن ادر بافت عضله شناسائی شد (شکل ۵).



شکل ۴: میانگین غلظت هیدروکربن Benzo(a)anthracene در عضله ماهی اسبله



شکل ۵: میانگین غلظت هیدروکربن Benzo(a)anthracene در عضله لای ماهی

بحث

تجزیه و تحلیل نمونه‌های بافت ماهی بیانگر آن است که مقدار هیدروکربن نزوآلفا آنتراسن Benzo(a)anthracene در گونه‌های مختلف و سه ایستگاه شرقی، مرکزی و غربی تالاب با یکدیگر متفاوت است. این تفاوت‌ها در برخی موارد معنی‌دار و در برخی موارد معنی‌دار نبودند. غلظت ترکیبات PAHs در بافت ماهیان مختلف متفاوت است و این تفاوت به عوامل متعددی از جمله زمان در معرض‌گذاری، درصد چربی، نوع تغذیه و متابولیسم این ترکیبات در ماهیان وابسته است (Rose, 2012). نصراله‌زاده ساروی و همکاران در سال ۱۳۹۲ گزارش کردند که غلظت ترکیبات PAHs در آب و رسوبات نواحی غربی و شرقی حوزه جنوبی دریای خزر قابل ملاحظه بوده است و غلظت آن ها در آب بیش از حد مجاز بوده است(Nasrollahzadeh Saravi *et al.*, 2013).

بررسی‌های حاصله از آنالیز نمونه‌های بافت خوراکی اردک ماهی (شکل ۱) نشان که مقدار هیدروکربن بنزوآلفا آنتراسن Benzo(a)anthracene در ایستگاه تالاب شرق بطور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بیش‌تر از تالاب مرکزی و غرب بوده است. حال آنکه نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های بافت خوراکی ماهی سفید (شکل ۲) بیانگر آن است که مقدار هیدروکربن بنزوآلفا آنتراسن Benzo(a)anthracene در ایستگاه تالاب مرکزی بطور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بیش‌تر از تالاب غرب و شرق بوده است. در مورد ماهی کاراس نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های بافت خوراکی این ماهی (شکل ۳) بیانگر آن است که مقدار هیدروکربن بنزوآلفا آنتراسن Benzo(a)anthracene در ایستگاه تالاب مرکزی بطور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بیش‌تر از تالاب شرق و غرب بوده است. در مورد ماهی اسبله همانطوری‌که در شکل ۴ دیده می‌شود مقدار

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.1.8.5]

هیدروکربن در بخش مرکزی شناسائی نشد ولی در مناطق شرقی و غربی این ماده در بافت عضله شناسائی گردید. اختلاف بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری معنی‌دار بوده است. آنالیز نمونه‌های بافت خوراکی لای ماهی (شکل ۵) نشان داد که مقدار هیدروکربن بنزوآلفا آنتراسن Benzo(a)anthracene در ایستگاه تالاب شرق بطور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بیش‌تر از تالاب مرکزی و غرب بوده است.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد میانگین هیدروکربن بنزوآلفا آنتراسن Benzo (a) anthracene در بافت هر پنج گونه ماهی اردک ماهی، ماهی سفید، ماهی کاراس و لای ماهی در مقایر مختلف مشاهده شد. نتایج نصراله‌زاده ساروی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که غلضت ترکیب ۴ حلقه ای بنزوآلفا آنتراسن Benzo (a) anthracene را در بافت ماهی سفید و کفال در دریای خزر، زیر حد تشخیص دستگاه گزارش گردید. Janska و همکاران (۲۰۰۶) میانگین هیدروکربن بنزوآلفا آنتراسن Benzo (a) anthracene را در بافت ماهی به روش های مختلف استخراج کردند. آن‌ها میانگین بنزوآلفا آنتراسن Benzo (a) anthracene در روش استخراج با کلروفرم ۹۸ درصد و استخراج با هگزان دی کلرو متان ۷۱ درصد و استخراج با هگزان استون ۰/۲۳ درصد گزارش کردند. Nasrollahzadeh Saravi و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که در بافت خوراکی ماهی کپور دریای خزر هیدروکربن بنزوآلفا آنتراسن Benzo (a) anthracene مشاهده شد.

مقایسه مقادیر به دست آمده از هیدوکربن‌های پلی آروماتیک (PHAs) در بافت خوراکی ماهیان مورد مطالعه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO :World Health Organization)، (۲۰µg/kg.dw) صورت گرفت (Sadatipour, 2001). بررسی نتایج حاصل نشان می‌دهد که مقدار هیدروکربن بنزوآلفا آنتراسن Benzo (a) anthracene در ماهی‌ها و ایستگاه‌های مورد مطالعه از ۰- ۱۴ میکروگرم برکیلوگرم ماده خشک متغییر بوده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مقدار هیدروکربن مورد نظر در این بررسی کم‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم) بوده است.

سپاسگزاری

از کلیه اساتید و همکاران محترم که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را اعلام می‌داریم.

منابع

۱. اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌های، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر، ۷۶۷، ۲۷۱-۲۷۵.

۲. توکلی، ب . و ثابت رفتار، ک . ۱۳۸. مطالعه تاثیر فاکتورهای مساحت، جمعیت و ترا م جمعیت حوزه آبخیز بر روی آلودگی رودخانه های منتهی به تالاب انزلی، محیط شناسی، ویژه نامه تالاب انزلی، ۵۷-۵۱.

۳. میرزاجانی، ع. ر؛ خداپرست، ح؛ بابایی، ه؛ عابدینی، ع؛ دادی قندی، ع. ۱۳۸۸. روند فراغنی شدن تالاب انزلی با استفاده از اطلاعات ده ساله ۱۳۷۱ - ۱۳۸۱. محیط شناسی .۳۵(۵۲). ۷۴-۶۵.

4. Clark, R.B., 2005. Marine pollution, book, Fifth edition, Oxford University Press.
5. Esmaili Sari, A., 2002. Pollution health and environmental standards. Tehran: Naghsh Mehr Publications (Persian).
6. Harold F. H. 1990. Acid neutralizing capacity, alkalinity, and acid-base status of natural waters containing organic acids.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.1.8.5]

Environmental Science & Technology., 1990, 24 (10), pp 1486–1489.
7. Janska, M., Tomaniova, M., Hajslova Kocourek, V., 2006. Optimization of the procedure for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons and their derivatives in fish tissue: Estimation of measurements uncertainty. Food Additives and Contaminants, 23(3), 309–325.
8. Mahmoodi, M., Safahieh A.R., Nikpour, Y., 2012. Ghanemi K. distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediment of Bushehr Coastal Zone-Iran. Iranica J Energy & Environ, 3(2), 173-179.
9. Mayer, L.M. and Xing, B. 2001. Organic matter–surface relationships in acid soils. Soil Science Society of America Journal, 65, 250–258.
10. MOOPAM. 2005. Manual of oceanographic observations and pollutant Analyses Methods, Kuwait, VI 20.
11. Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourgholam, R., Unesipour, H., Makhlough, A., 2013. Polyaromatic hydrocarbons (16PAHs) at the sediments and edible tissue of *Liza saliens* and *Rutilus Frisii Kutum* in Caspian Sea. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 94, 79-90.
12. Nasrollahzadeh Saravi, H., Unesipour, H., Pourang, N., 2014. Polycyclic aromatic hydrocarbons (16PAHs) residue and potency equivalency factor in *Edible tissue* of *Cyprinus Carpio* from Caspian Sea. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 24(113), 243-248.
13. Neff, J.M., 2002. Bioaccumulation in marine organisms. Effects of contaminants from oil well produced water. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
14. Neff, J.M., Stout, S.A., Gunster, D.G., 2005. Ecological risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments: Identifying Sources and Ecological Hazard. Integr Environ Assess Manag, 1(1), 22-33.
15. Neff, J.M., 1979. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. London: Applied Science Publishers.
16. Rose, A., Ken, D., Kehinde, O., Babajide, A., 2012. Bioaccumulation of polycyclic aromati hydrocarbons in fish and invertebrates of Lagos Lagoon, Nigeria. J Emerg Trends Engineer Appl Sci JETEAS, 3(2), 287- 296.
17. Sadatipour, S.L.T., 2001. Shariati Feizabadim F. Sea Pollution: Translated Clark, A.B. (Persian).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.1.8.5]