15(1) 253-264, Spring 2023

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Investigation of type and frequency of microplastic particles in samples of *Penaeus Merguiensis* in Persian Gulf (Case study: Bandar Abbas coast)

Somayeh Enayati, Hossein Parvaresh*, Mahnaz Kerdgari, Saber Ghasemi, Mohsen Dehghani Ghanataghestani

Department of Environmental Management, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

Key Words

Microplastic
Penaeus merguiensis
Persian Gulf
Bandar Abbas
Bandare Moalem

Abstract

Introduction: The aim of this study was to identify the type and frequency of microplastic particles in the soft tissue of banana shrimp species on the shores of the Persian Gulf.

Materials & Methods: Five stations along the west coast of Bandar Abbas with different levels of industrialization and urbanization were selected. A sampling station on the beach of Bandar Moallem was also selected as a control sample. Preparation and digestion of samples for separation of microplastic particles using flotation method were performed after collection and biometrics of biological samples. Then the properties of microplastics such as shape, color, size and type of particles were examined by microscope and Fourier Transform Infrared Spectroscopy-FTIR. To ensure the accuracy of the measurement and the recovery rate of the proposed method, spike matrix samples were prepared and analyzed under the same method as for the original samples.

Results: The identified forms included fiber, part and film that fiber and film microplastics were the highest and lowest forms detected in the studied species, respectively. The detected particles were classified into three categories: 0.25-45, 25-250 and 250-500 micrometers. Most of the particles (66%) were in the size range of 0.45-25 micrometers and had black and blue colors. In addition, the polymers of polyethylene, polypropylene, polyethylene terephthalate, polystyrene and polyamide were the most common polymers identified. The average frequency of microplastics in the studied samples of banana shrimp on the west coast of Bandar Abbas was 2.57±1.23, and on the coast of Bandar Moallem was 1.57±1.15. The results of correlation analysis showed that there is a positive correlation between the frequency of microplastic particles in the soft tissue of the studied samples and their body size (weight and length) at the level of 0.01.

Conclusion: All the samples contained microplastics, which due to the fact that banana shrimp plays an important role in the food chain of the people in this region, can potentially cause many health problems in the long run.

* Corresponding Author's email: parvaresh163@gmail.com
Received: 6 February 2022; Reviewed: 12 March 2022; Revised: 14 May 2022; Accepted: 16 June 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.339106.2798

مقاله پژوهشی

بررسی نوع و فراوانی ذرات میکروپلاستیک در نمونه‌های میگوی موزی (*Penaeus Merguiensis*) خلیج فارس (مطالعه موردی: سواحل بندرعباس)

سمیه عنایتی، حسین پرورش*، مهناز کردگاری، صابر قاسمی، محسن دهقانی‌قناتغستانی

گروه محیط زیست، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

کلمات کلیدی

میکروپلاستیک
میگوی موزی
خلیج فارس
بندرعباس
بندر معلم

چکیده

مقدمه: این مطالعه با هدف شناسایی نوع و فراوانی ذرات میکروپلاستیک دربافت نرم گونه‌های زیستی میگوی موزی در سواحل خلیج فارس انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: پنج ایستگاه درامتداد سواحل غربی بندرعباس که سطوح مختلف صنعتی شدن و شهرنشینی در آن‌ها دیده می‌شود، انتخاب شد. یک ایستگاه نمونه‌برداری درساحل بندرمعلم نیز به‌عنوان نمونه شاهد انتخاب گردید. مراحل آماده‌سازی و هضم نمونه‌ها جهت جداسازی ذرات میکروپلاستیک با استفاده ازروش شناورسازی، پس از جمع‌آوری و بیومتری‌نمونه‌های زیستی انجام‌شد. سپس‌ویژگی‌های میکروپلاستیک‌ها ازجمله شکل، رنگ، اندازه و نوع ذرات توسط میکروسکوپ و طیف‌سنج مادون‌قرمز تبدیل فوریه مورد بررسی قرار گرفت. برای اطمینان از صحت سنجش و میزان بازیابی روش پیشنهادی، نمونه‌های اسپایک ماتریس تهیه و تحت همان روشی‌که برای نمونه‌های اصلی مورد استفاده قرارگرفت، تجزیه و تحلیل شدند

نتایج: اشکال شناسایی‌شده شامل فیبر، قطعه و فیلم بودند که میکروپلاستیک‌های فیبر و فیلم به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین شکل شناسایی شده درگونه مورد مطالعه بود. ذرات شناسایی شده در سه دسته ۲۵-۰/۴۵، ۲۵۰-۲۵ و ۵۰۰-۲۵۰ میکرومتر طبقه‌بندی شدند که اکثر ذرات (۶۶٪) در محدوده اندازه ۴۵-۰/۲۵ میکرومتر قرارگرفتند و دارای رنگ‌های سیاه و آبی بودند. علاوه بر این پلیمرهای پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن‌ترفتالات، پلی‌استایرن و پلی‌آمید رایج‌ترین پلیمرهای شناسایی‌شده‌بودند. میانگین‌فراوانی میکروپلاستیک‌ها درنمونه‌های بررسی شده میگوی موزی در سواحل‌غربی بندرعباس ۱/۲۳±۲/۵۷ و در ساحل بندرمعلم ۱/۱۵±۱/۵۷ ذره درگرم بود. نتایج حاصل از آنالیز همبستگی نشان دادند که بین فراوانی ذرات میکروپلاستیک در بافت نرم نمونه‌های زنده مورد بررسی و اندازه بدن آن‌ها (وزن و طول) همبستگی مثبتی در سطح ۰/۰۱ وجود دارد.

بحث و نتیجه‌گیری: تمامی نمونه‌های بررسی شده حاوی میکروپلاستیک بودند که با توجه به این‌که میگوی موزی نقش مهمی در زنجیره غذایی مردم منطقه ایفا می‌کند، می‌تواند بالقوه مشکلات بهداشتی زیادی را در درازمدت ایجاد نماید.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: parvaresh163@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۷ بهمن ۱۴۰۰؛ تاریخ داوری: ۲۱ اسفند ۱۴۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۲۴ اردیبهشت ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۲۶ خرداد ۱۴۰۱
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.339106.2798

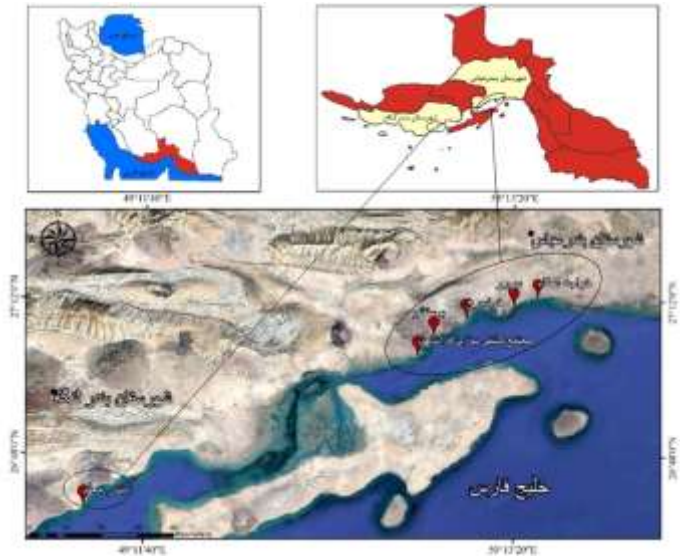
مقدمه

امروزه تولید و استفاده از پلاستیک‌ها در سراسر جهان بدون توجه به آثار مخرب آن‌ها افزایش یافته است (۱). تولید جهانی پلاستیک با حدود ۲۰۰ برابر افزایش از ۱/۷ تن در سال ۱۹۵۰ به ۲۹۹ تن در سال ۲۰۱۳ رسیده است که از این مقدار، سالانه حدود ۵ تا ۱۳ میلیون تن به اکوسیستم دریایی وارد می‌شود (۲). محصولات پلاستیکی در زندگی روزمره کاربرد گسترده‌ای دارند (۳). پلاستیک‌ها پلیمرهای آلی مصنوعی هستند که از مونومرهای استخراج شده از نفت یا گاز به دست آمده‌اند. خواص پلاستیک‌ها ازجمله وزن کم، دوام بالا و مقاومت در برابر خوردگی منجربه استفاده گسترده از آن‌ها شده است (۴، ۵). پلاستیک‌های نسبتاً بزرگ پس از رهاسازی در محیط، ممکن است تحت انواع فرآیندهای زیستی و غیرزیستی قرار بگیرند و به ذرات پلاستیکی کوچک‌تر به‌نام میکروپلاستیک تبدیل شوند (۲). میکروپلاستیک به ذرات بسیار ریز پلاستیک گفته می‌شود که کم‌تر از ۵ میلی‌متر قطر دارد. در برخی موارد نیز ذرات پلاستیکی که از الک ۵۰۰ میکرون عبور کنند و برروی الک ۶۷ میکرون باقی بمانند، میکروپلاستیک نامیده می‌شوند (۶). این ذرات اغلب به دوگروه میکروپلاستیک اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. میکروپلاستیک‌های اولیه به‌طور هدفمند در اندازه‌های میکرون تولید می‌شوند و میکروپلاستیک‌های ثانویه قطعاتی از تجزیه بقایای پلاستیک بزرگ‌تر هستند (۷). تخریب پلاستیک‌ها در اثر هوازدگی در سواحل باعث ایجاد ترک‌های ریز در سطوح آن‌ها می‌شود که درنتیجه ذرات میکروپلاستیک تولید شده و به‌وسیله عوامل طبیعی ازجمله باد یا امواج، به‌داخل آب وارد می‌شوند. تخریب پلاستیک‌ها در محیط دریایی علاوه بر تغییر فیزیکی یک تغییر شیمیایی نیز می‌باشد که به‌شدت جرم مولکولی متوسط پلیمرها را کاهش می‌دهد. از آن‌جاکه مقاومت و یکپارچگی مکانیکی پلاستیک‌ها همواره به جرم مولکولی آن‌ها بستگی دارد، هرگونه تخریب گسترده، ساختار این مواد را تضعیف می‌کند. پلاستیک‌هایی که تخریب شده‌اند آن‌قدر شکننده و سست می‌شوند که به‌هنگام جابه‌جایی کاملاً پودر شده و به ذرات ریزتر تغییر حالت می‌دهند. انواع تخریب عموماً بر حسب عاملی که باعث آن‌ها شده نام‌گذاری می‌شوند. به‌عنوان مثال تخریب زیستی، تخریب نوری، تخریب گرما-اکسایشی و آبکافت، از انواع تخریب ذرات پلاستیک در محیط می‌باشند (۸، ۹). خصوصیاتی ازجمله اندازه، شکل و جنس ذرات میکروپلاستیک ازعوامل اصلی تشخیص میزان سمیت و دسترسی زیستی آن‌ها برای موجودات زنده است. رایج‌ترین اشکال میکروپلاستیک‌های گزارش شده در مطالعات فوم، الیاف، گرانول و فیلم‌ها هستند که بیش‌تر آن‌ها را الیاف‌ها تشکیل می‌دهند. وجود رنگ‌های متنوع آبی، بنفش، سبز و قرمز در الیاف، نشانه‌ای از منشأ انسانی این ذرات می‌باشد. الیاف اغلب از پلی‌استر و نایلون ساخته می‌شوند (۱۰). هفت نوع پلیمر پلی‌پروپیلن (PP)، پلی‌اتیلن چگالی بالا (HDPE)، پلی‌اتیلن چگالی کم (LDPE)، پلی‌وینیل کلراید (PVC)، پلی‌اورتان (PUR)، پلی‌اتیلن‌ترفتالات (PET) و پلی‌استایرن (PS) که تقریباً ۹۰٪ از کل تولیدات پلاستیک جهان را تشکیل می‌دهند، اغلب در اکوسیستم‌های دریایی یافت می‌شوند (۵). علاوه‌بر این ذرات میکروپلاستیک براساس اندازه به نانوپلاستیک‌ها (۱<میکرومتر)، میکروپلاستیک‌های کوچک (۰/۰۱-۰/۱ میلی‌متر)، میکروپلاستیک‌های بزرگ (۵-۱ میلی‌متر)، مزوپلاستیک‌ها (۲۵-۵ میلی‌متر) و ماکروپلاستیک‌ها (>۲۵ میلی‌متر) طبقه‌بندی می‌شوند (۵). مطالعات به‌وضوح تأیید کرده‌اند که پلاستیک‌های ریز در سراسر اقیانوس‌های جهان (آب، رسوبات و بیوتا) پراکنده شده‌اند (۲). گستردگی میکروپلاستیک‌ها در اکوسیستم دریایی به‌قدری است که حتی در رسوبات جمع‌آوری شده از عمق ۱۱۰۰ تا ۵۰۰۰ متر نیز گزارش شده است (۱۱). ماهیگیری تفریحی یا صنعتی، گردشگری ساحلی، صنایع دریایی (به‌عنوان مثال آبزی‌پروری، سکوهای نفت) هم‌چنین افزایش مهاجرت به نواحی ساحلی، منابعی هستند که می‌توانند پسماندهای پلاستیکی را به‌طور مستقیم و غیرمستقیم وارد اکوسیستم دریایی کنند (۱۲، ۱۳، ۵). حدود ۲۰٪ از پسماندهای پلاستیکی یافت شده در محیط دریا متعلق به صنعت ماهیگیری و بقیه متعلق به زباله‌های سواحل می‌باشند (۱۴). برخی از پلیمرها مانند پلی‌اتیلین، پلی‌پروپیلن، پلی‌استر، پلی‌اتیلن‌ترفتالات، پلی‌وینیل کلراید در صنایع بسته‌بندی دارای کاربرد زیادی هستند برهمین اساس در محیط به فراوانی یافت می‌شوند (۱۲). هم‌چنین منشأ آن‌ها می‌تواند زباله‌های بزرگ پلاستیکی، میکروفیبرهای لباس، لاستیک و ذرات کوچک پلی‌اتیلن (میکروبید) موجود در محصولات آرایشی-بهداشتی باشد، به‌طور مثال شوینده‌های صورت که توسط میلیون‌ها انسان خصوصا در کشورهای توسعه‌یافته استفاده می‌شوند، حاوی ذرات پلاستیک بوده و بدین‌ترتیب به‌راحتی وارد فاضلاب خانگی و سپس سواحل می‌گردند (۱۵). برخی از این پلاستیک‌ها مانند پلی‌اتیلین و پلی‌پروپیلن سبک بوده و به‌راحتی توسط آب دریا جابجا گشته و به این ترتیب می‌توانند در منطقه‌ای خیلی دورتر از محل ورودشان یافت شوند. از سوی دیگر برخی از آن‌ها مانند پلی‌وینیل کلراید دارای دانسیته بالاتر از آب دریا هستند لذا در نزدیکی‌های محل ورود خود ته‌نشین می‌گردند. اگرچه این دسته از پلاستیک‌ها نیز ممکن است توسط جریان‌های دریایی جابجا شوند (۱۶). مواد پلاستیکی در صورت ورود به محیط زیست دریایی، وارد زنجیره غذایی جانوران آبزی شده و سالانه صدها گونه از آن‌ها از قبیل وال، دلفین، فوک، لاک‌پشت و پرندگان دریایی بر اثر خوردن این ذرات و خفگی ناشی از آن‌ها می‌میرند (۱۷، ۱۶). بلعیدن میکروپلاستیک‌ها توسط موجودات دریایی به‌علت این‌که هیچ

راهی برای هضم و جذب این ذرات وجود ندارد، مشکلات بسیار متفاوتی ازجمله آسیب به دستگاه گوارش، انتقال ذرات از روده به جریان خون،اختلال در عملکرد آنزیمی،هورمونی و تولیدمثل موجودات را به‌وجود می‌آورد (۱۸، ۴). هم‌چنین میکروپلاستیک‌ها با پیامدهای گوناگون سم‌شناسی می‌توانند تهدیدی برای آبزیان باشند (۲۰). بیش‌ترین نگرانی درباره احتمال انتقال آلاینده‌های آلی پایدار است (۱۹، ۲). ازآن‌جاکه ذرات میکروپلاستیک در مقایسه با ماکروپلاستیک و مزوپلاستیک‌ها دارای سطح بیش‌تری نسبت به حجم هستند، به راحتی آلاینده‌های آلی پایدار و فلزات سنگین را جذب کرده که خوردن آن‌ها ممکن است آغاز تجمع و انتقال سموم در زنجیره غذایی باشد (۴). مطالعات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که جانداران کفزی نیز قادر به جذب میکروپلاستیک‌ها می‌باشند (۲۰). علاوه براین، مطالعات متعددی نیز نشان داده‌اند که حداقل ۲۶ گونه از سخت‌پوستان قادر به جذب پلاستیک و میکروپلاستیک‌ها هستند. سخت‌پوستان و نرم‌تنان از بی‌مهرگان ارزشمند در دریاها و اقیانوس‌ها محسوب می‌شوند و با توجه به پراکنش وسیع، تغذیه به‌شکل صافی خواری و تحرک کم، قابلیت انباشت و ذخیره مواد آلاینده محیطی در اندام‌ها و بافت‌های خود را دارند (۲۱). امروزه آب‌های محدوده بندرعباس در دهانه ورودی خلیج‌فارس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاهراه‌های دریایی دنیا از معضلاتی مانند صید بی‌رویه، ورود گونه‌های مهاجم غیربومی، آلودگی نفتی، تخریب سواحل و نابودی زیستگاه‌های حساس، بهره‌برداری بیش از توان زیستی مناطق ساحلی- دریایی و ورود فاضلاب و پسماندهای خانگی و صنعتی رنج می‌برد. علاوه بر این در سال‌های اخیر وجود ذرات میکروپلاستیک در سواحل خلیج فارس نیز توجه زیادی را به خود معطوف کرده است زیرا وجود این ذرات نه تنها تنوع زیستی گونه‌های مختلف جانوری در دریا را تهدید می‌کند بلکه می‌توانند برای سلامت انسان نیز مضر باشند (۲۲). بنابراین داشتن درک روشن و دقیق از وجود آلودگی میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی کشور به‌ویژه خلیج‌فارس و اثر آن‌ها بر زندگی جانوران دریایی و فرآیندهای اکولوژیکی مرتبط، نیازمند سنجش دقیق فراوانی میکروپلاستیک‌ها در رسوبات دریایی و گونه‌های جانوری است. ازاین‌رو، با توجه به اهمیت سواحل استان هرمزگان، مهم‌ترین هدف این مطالعه، بررسی میزان آلودگی میکروپلاستیک‌ها در گونه میگوی موزی *Penaeus merguiensis*، به‌عنوان یک غذای دریایی پر مصرف، در سواحل غربی شهر بندرعباس و بندرمعلم است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: در این مطالعه سنجش آلودگی در سواحل غربی بندرعباس (خواجه عطاء، سورو، خونسرخ، بوستانو و مجتمع کشتی‌سازی و صنایع فراساحل ایران) و ساحل بندرمعلم به‌عنوان ایستگاه شاهد صورت گرفت. قسمت اعظم فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی استان هرمزگان مانند مجتمع کشتی‌سازی، کارخانه تولید آلومینیوم و روی، نیروگاه و پالایشگاه پتروشیمی، آب‌شیرین‌کن‌های متعدد و مهم‌تر از همه اسکله‌های چندمنظوره شهید رجائی و باهنر که بیش از ۷۰٪ صادرات و واردات کشور را شامل می‌شود، در این شهرستان متمرکز است. این فعالیت‌ها به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به دریا وابسته هستند و به‌شدت موجب تخریب و آلودگی محیط زیست دریایی می‌شوند (۲۳). بندرمعلم نیز با جمعیتی حدود ۱۵۰۰ نفر از توابع بخش مرکزی شهرستان بندرلنگه است. این بندر در ۱۲ کیلومتری شرق بندرگنگ و غرب حمیران در استان هرمزگان در جنوب ایران واقع شده است. صیادی و ماهیگیری در کنار دامداری و کشاورزی شغل اکثر اهالی بندرمعلم است و از این راه امرار معاش می‌کنند. ۶ ایستگاه در مناطق ساحلی خلیج‌فارس در استان هرمزگان جهت نمونه‌برداری انتخاب شد که نام هریک‌از ایستگاه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: نقشه موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

روش کار: در این مطالعه به‌منظور بررسی نوع و فراوانی میکروپلاستیک‌ها در بافت‌های موجودات زنده، مجموعاً ۳۵ نمونه از گونه میگوی موزی در تاریخ ۹۸/۱۰/۲۵ تا ۹۸/۱۱/۱۲ از ساحل بندر معلم و ایستگاه‌های خواجه عطاء، سورو، خونسرخ، بوستانو و مجتمع کشتی‌سازی و صنایع فراساحل ایران از سواحل غربی بندرعباس جمع‌آوری گردید. در آزمایشگاه نمونه‌ها سه‌مرتبه با آب مقطر سرد شستشو داده‌شدند تا پوشش لزج و آلودگی‌های خارجی ازجمله ذرات

شن و ماسه و جلبک از بین بروند. پس‌از آن نمونه‌های جمع‌آوری شده به‌صورت مجزا مورد زیست‌سنجی قرارگرفتند. در مرحله اول با استفاده از ترازوی دیجیتال بادقت ۰/۰۱گرم، وزن بدن کل نمونه‌ها (برحسب گرم) اندازه‌گیری شد، سپس به‌وسیله کولیس با دقت ۰/۱ میلی‌متر، طول سر و سینه یا کاراپاس (شامل گستره طولی گودی حدقه چشمی تا انتهای کاراپاس) و طول کل (شامل گستره طولی نوک روستروم تا انتهای تلسون یا دنباله شنا) در میگوهای موزی، تعیین و ثبت گردید. علاوه‌براین برای به‌دست آوردن وزن بافت نرم، پوسته سخت (اسکلت خارجی) نمونه‌های مورد بررسی به‌صورت دستی برداشته شد و بافت نرم آن‌ها توسط کاردک جدا گردید. بافت‌های نرم به‌صورت جداگانه درون ظروف پتری قرار داده شدند و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از وزن کردن، بافت‌های نرم را درون کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار به‌صورت مجزا قرارداده و مجددا کدگذاری گردید. جهت هضم اسیدی، ابتدا بافت نرم گونه‌های مختلف درون بشرهای شیشه‌ای ۱۵۰ میلی‌لیتری با ارتفاع ۳۵ سانتی‌متری که از قبل با آب مقطر شستشو داده شده بودند، تخلیه شده و برای هرنمونه سه‌تکرار درنظر گرفته شد. به‌ازای هر گرم وزن بافت نرم، ۱۰ میلی‌لیتر آب اکسیژنه (۳۰٪ H_2O_2)، به‌هر بشر برای هضم مواد آلی اضافه گردید. سپس برروی برچسب هرکدام از بشرها کد نمونه نوشته شد. سپس درب بشرها با فویل آلومنیومی کاملاً پوشانده شدند. بشرهای پوشانده شده به‌مدت ۲۴ ساعت در شیکرانکوباتور (انکاباتور دارای تکانه‌های حرکتی) در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در ۸۰ دور در دقیقه قرار داده شدند و سپس در دمای اتاق به‌مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت بسته به اثر هضم برروی بافت نرم نگه‌داری شدند. عملیات هضم تا زمانی که محلول شفاف ظاهر شود ادامه می‌یابد (۲۴). در این مطالعه جهت هضم مواد ارگانیک از روش کار و عنصر اکسیداتیو (H_2O_2) که توسط Li و همکاران، شرح داده شده‌است (۲۴)، استفاده شد. محلول H_2O_2 در مقایسه با سایر محلول‌های هضم مانند HNO_3، HCl و NaOH اثر جزئی بر وضعیت شیمیایی و فیزیکی ذرات پلاستیک داشته و دارای کارایی ۹۵٪ می‌باشد (۲۵). در مرحله بعد برای جداسازی ذرات میکروپلاستیک، محلول غلیظ نمک (۱۴۰ گرم درلیتر) تهیه شد تا با استفاده از آن، میکروپلاستیک‌ها از مایع محلول بافت نرم از طریق شناورسازی جدا شوند (۲۶). پس از هضم کامل، تقریباً ۸۰۰ میلی‌لیتر محلول NaCl فیلتر شده به هر بشر اضافه شد، محلول‌ها با استفاده از یک‌میله شیشه‌ای هم‌زده شده و به‌مدت ۲۴ ساعت نگه‌داشته شدند تا مرحله جداسازی برحسب چگالی را طی کنند. پس از ۲۴ ساعت شناورسازی دردمای اتاق، محلول‌ها با استفاده از بالن ارلن‌مایر و قیف برروی کاغذ صافی واتمن ۴۲ (با تخلخل ۲/۵ میکرون و قطر ۱۵۰ میلی‌متر) به‌منظور بازیابی ذرات پلاستیکی شناور، فیلتر شدند (۲۴). جهت حذف نمک، کاغذهای صافی با استفاده از آب مقطر شستشو داده شدند. سپس کاغذهای صافی در ظروف پتری شیشه‌ای با درپوش قرار داده شده و در دمای اتاق به‌مدت یک‌شب برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی خشک شدند. ثابت شده است که استفاده از محلول NaCl یک روش مقرون به‌صرفه و مؤثر برای جداسازی ذرات میکروپلاستیک است (۲۶). از شناسایی بصری برای تشخیص و طبقه‌بندی ذرات میکروپلاستیک براساس ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها استفاده شد. تمام سطح کاغذهای صافی پس از خشک شدن در هوای آزاد به‌مدت ۲۴ ساعت، با استفاده از یک‌الگوی Z شکل از سمت چپ به راست زیر میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی ۴۰ یا ۱۰ برابر، مورد بررسی قرار گرفتند و از هر ذره توسط میکروسکوپ نوری مجهزبه دوربین الیمپوس، مدل CX31 عکس‌برداری شد. نمونه‌ها از نظر وجود ذرات پلاستیکی به ویژه در لبه ظروف پتری، جایی‌که معمولاً ذرات ریزپلاستیک به آن متصل می‌شوند، به‌دقت بررسی شدند. هم‌چنین همواره برای جلوگیری از آلودگی کاغذهای صافی توسط الیاف موجود در هوا روی سطح آن‌ها پوشانده شد. به‌منظور شناسایی و تشخیص ذرات میکروپلاستیک از سایر ذرات و مواد طبیعی از پنس و سوزن داغ استفاده شد. ذراتی که توسط سوزن داغ دچار خم‌شدگی و فرورفتگی شوند و یا توسط پنس شکسته نشوند، میکروپلاستیک هستند هم‌چنین ذراتی که بافت و ساختار سلولی نداشته باشند و رنگ آن‌ها به‌شکل همسان توزیع شده باشد میکروپلاستیک تشخیص داده می‌شوند (۲۷). ذرات مشاهده شده براساس شکل ظاهری (الیاف، قطعات و فیلم ها) و رنگ آن‌ها (قهوه‌ای، شفاف، آبی، سیاه، قرمز، سبز و زرد) شمارش شدند. هم‌چنین با استفاده از نرم‌افزار ImageJ، حداکثر طول هر ذره (واحد میکرومتر) اندازه‌گیری شد و در سه گروه ۲۵-۰/۴۵ میکرومتر، ۲۵۰-۲۵ میکرومتر، ۵۰۰۰-۲۵۰ میکرومتر طبقه‌بندی شدند. دراین مطالعه فیبر به‌عنوان ریزپلاستیکی با ظاهری باریک و بسیار کشیده تعریف شد. هم‌چنین فیلم یک لایه کوچک یا بسیار نازک و قطعه یک قسمت جدا شده یا ناقص از بقایای پلاستیکی بزرگ بود که نمی‌توان آن‌ها را به‌عنوان فیبر و یا فیلم طبقه‌بندی کرد (۲۴). برای اطمینان از صحت سنجش و میزان بازیابی روش پیشنهادی، نمونه‌های اسپایک ماتریس تهیه و تحت همان روشی‌که برای نمونه‌های اصلی مورد استفاده قرار گرفت، تجزیه و تحلیل شدند (۲۸). به‌این صورت‌که بافت‌های نمونه‌های

مورد بررسی با ۱۲ ذره از پلاستیک‌های پلی‌پروپیلن(PP)، پلی‌اتیلن (PE)، پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)، پلی‌آمید (PA) و پلی‌استایرن(PS) اسپایک شدند، سپس با استفاده از روشی که در بالا توضیح داده شد از نمونه‌ها استخراج شده و مورد بررسی قرار گرفتند. میزان بازیابی ذرات میکروپلاستیک برای پلی‌پروپیلن ۹۸٪، برای پلی‌اتیلن ۱۰۰٪، برای پلی‌اتیلن‌ترفتالات ۹۹٪، برای پلی‌آمید ۹۷٪ و برای پلی‌استایرن ۹۵٪ بود. جهت تعیین ترکیب میکروپلاستیک‌های خارج شده از نمونه‌های زیستی مورد بررسی از تجزیه و تحلیل FTIR استفاده شد. طیف‌های حاصل از FTIR بررسی شده و نوع پلیمر برای تجزیه و تحلیل ترکیب میکروپلاستیک‌ها شناسایی شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری و پردازش داده‌ها با استفاده‌از نرم‌افزار SPSS 22 صورت گرفت. در ابتدا از آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف برای تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. نتایج این آزمون نشان دادند که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نیستند. بنابراین روش‌های غیرپارامتریک برای ارزیابی داده‌ها مورد استفاده قرارگرفت. آزمون غیرپارامتریک من‌ویتنی‌یو برای مقایسه میانگین فراوانی ذرات میکروپلاستیک در سواحل غربی بندرعباس و ساحل بندرمعلم استفاده شد. هم‌چنین فراوانی ذرات میکروپلاستیک بین نمونه‌های مورد بررسی میگوی موزی از طریق آزمون غیرپارامتریک کروسکال- والیس مورد مقایسه قرارگرفت. در مواردی که آزمون تفاوت‌های معنی‌داری را بین نمونه‌ها نشان داد، از آزمون زوجی من‌ویتنی‌یو جهت مقایسه زوجی نمونه‌های مورد بررسی با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد (۲۹). علاوه‌براین تجزیه‌وتحلیل رابطه بین میزان بلعیدن میکروپلاستیک‌ها توسط موجودات زنده و اندازه بدن آن‌ها (طول و وزن) با استفاده از آزمون همبستگی اسپیرمن انجام شد.

نتایج

اشکال شناسایی‌شده شامل فیبر، قطعه و فیلم بودند که میکروپلاستیک‌های فیبر و فیلم به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین شکل شناسایی شده درگونه‌های زیستی مورد مطالعه بود. ذرات شناسایی شده در ۳ دسته ۲۵-۰/۴۵، ۲۵۰-۲۵ و ۵۰۰-۲۵۰ میکرومتر طبقه‌بندی شدند که اکثر ذرات (۶۶٪) در محدوده اندازه ۲۵-۰/۴۵ میکرومتر قرار گرفتند و دارای رنگ‌های سیاه و آبی بودند. علاوه بر این پلیمرهای پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن‌ترفتالات، پلی‌استایرن و پلی‌آمید رایج‌ترین پلیمرهای شناسایی شده در منطقه بودند. نتایج زیست‌سنجی نمونه‌های میگوی موزی در جدول ۱، ارائه شده است. براساس نتایج جدول ۱ در سواحل بندرعباس سنگین‌ترین نمونه میگوی موزی دارای وزن کل ۳۴/۶۴ گرم و وزن بافت نرم ۲۰/۶۸ گرم و سبک‌ترین آن‌ها دارای وزن کل ۶/۹۱ گرم و وزن بافت نرم ۴/۲۱ گرم بود. برهمین اساس حداکثر وزن کل و وزن بافت نرم نمونه‌های میگوموزی صید شده در ساحل بندرمعلم به‌ترتیب ۲۸/۵۸ و ۱۸/۲۱ گرم و حداقل وزن کل و وزن بافت نرم آن‌ها به‌ترتیب ۴/۹۶ و ۲/۷۵ گرم اندازه‌گیری شد. هم‌چنین میانگین (± انحراف معیار) وزن کل و وزن بافت نرم نمونه‌ها در بندرعباس به‌ترتیب ۶/۷۱±۱۹/۵۷ و ۳/۸۴±۱۱/۵۹ گرم و در بندرمعلم به‌ترتیب ۷/۵۸±۱۴/۸۴ و ۴/۵۶±۹/۵۳ گرم برآورد شد. بزرگ‌ترین نمونه میگوی موزی در بندرعباس به‌ترتیب دارای طول و عرض برابر ۷/۱ و ۱۸/۱۳ سانتی‌متر و کوچک‌ترین آن‌ها دارای طول و عرض برابر ۳/۸۹ و ۱۱/۸۱ سانتی‌متر بود. به‌همین صورت در بندرمعلم حداکثر طول و عرض نمونه‌ها به‌ترتیب ۷/۵۶ و ۱۷/۳۲ سانتی‌متر و حداقل آن‌ها به‌ترتیب ۳/۰۱ و ۹/۷۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. هم‌چنین میانگین (± انحراف‌معیار) طول و عرض نمونه‌ها در بندرعباس به‌ترتیب برابر ۰/۷۸±۵/۸۶ و ۱/۸۰±۱۵/۱۰ و در بندرمعلم ۱/۱۸±۵/۳۲ و ۲/۱۳±۱۳/۵۹ سانتی‌متر برآورد شد.

جدول ۱: نتایج زیست‌سنجی گونه میگوی موزی

منطقه	زیست‌سنجی	تعداد	کم‌ترین	بیش‌ترین	میانگین	انحراف معیار
سواحل غربی بندرعباس	وزن کل	۴۰	۶/۹۱	۳۴/۶۴	۱۹/۵۷	۶/۷۱
	وزن بافت نرم	۴۰	۴/۲۱	۲۰/۶۸	۱۱/۵۹	۳/۸۴
	طول نمونه	۴۰	۳/۸۹	۷/۱	۵/۸۶	۰/۷۸
	عرض نمونه	۴۰	۱۱/۸۱	۱۸/۱۳	۱۵/۱۰	۱/۸۰
ساحل بندرمعلم	وزن کل	۴۰	۴/۹۶	۲۸/۵۸	۱۴/۸۴	۷/۵۸
	وزن بافت نرم	۴۰	۲/۷۵	۱۸/۲۱	۹/۵۳	۴/۵۶
	طول نمونه	۴۰	۳/۰۱	۷/۵۶	۵/۳۲	۱/۱۸
	عرض نمونه	۴۰	۹/۷۱	۱۷/۳۲	۱۳/۵۹	۲/۱۳

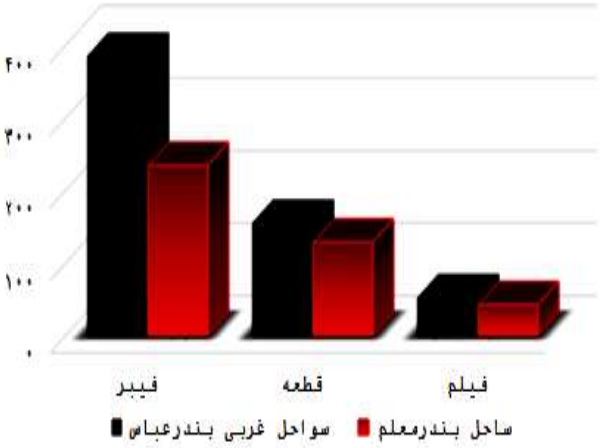
علاوه بر این از همبستگی اسپیرمن برای ارزیابی ارتباط بین فراوانی ذرات میکروپلاستیک و ویژگی‌های فیزیکی (وزن و طول بدن) براساس تمام نمونه‌های مورد بررسی استفاده شد. نتایج حاصل از آنالیز همبستگی نشان دادند (جدول ۲) که بین فراوانی ذرات میکروپلاستیک در بافت نرم گونه‌های زنده مورد بررسی و اندازه بدن آن‌ها (وزن و طول) همبستگی مثبتی در سطح ۰/۰۱ وجود دارد (p<۰/۰۵).

جدول۲: ضریب همبستگی اسپیرمن فراوانی ذرات میکروپلاستیک و اندازه بدن

همبستگی اسپیرمن	مجموع میکروپلاستیک‌ها	وزن بدن	طول بدن
مجموع میکروپلاستیک‌ها	۱		
وزن بدن	۰/۵۸۱**	۱	
طول بدن	۰/۶۲۰**	۰/۰۶۵	۱

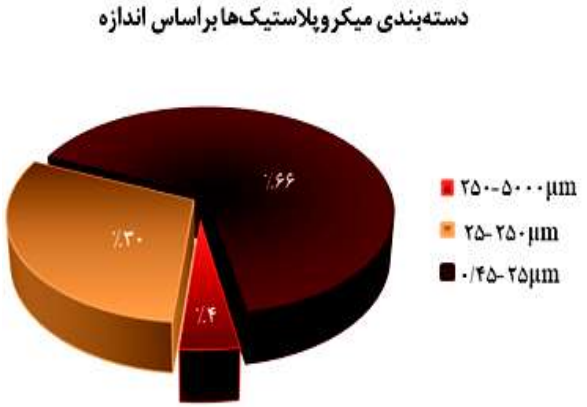
**معنی‌داری در سطح ۰/۰۱

میانگین فراوانی میکروپلاستیک‌ها درگونه‌های میگوی موزی، از سواحل غربی بندرعباس به‌ترتیب ۱/۲۳±۲/۵۷ و در ساحل بندر معلم ۱/۱۵±۱/۵۷، ۱ذره در هرگرم بافت نرم به‌دست آمد. هم‌چنین جهت مقایسه فراوانی ذرات میکروپلاستیک بلعیده شده توسط موجودات زنده بین دومحل نمونه‌برداری از آزمون برابری میانگین دو جامعه مستقل و غیرنرمال (آزمون یومن‌ویتنی)، پس از مشخص شدن غیر نرمال بودن داده‌های مربوط به مجموع میکروپلاستیک‌ها (P<۰/۰۵) توسط آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، استفاده شد. نتایج آزمون نشان می‌دهند که بین فراوانی مجموع میکروپلاستیک‌ها در دومحل نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری وجود داشته (P<۰/۰۵) و فراوانی مجموع میکروپلاستیک‌ها در سواحل غربی بندرعباس بیش‌تر از ساحل بندرمعلم می‌باشد. اشکال مختلف میکروپلاستیک، با توجه به مشخصات ظاهری ذرات شناسایی شده در گونه‌های زیستی مورد بررسی در سواحل غربی بندرعباس و ساحل بندرمعلم یافت شدند. اشکال شناسایی شده در سه گروه فیبر (الیاف پلاستیکی نازک و یکنواخت)، فیلم (ذرات پلاستیکی باریک و دو بعدی) و قطعه (ذرات سخت و لبه‌دار) (۴)، طبقه‌بندی شدند. اکثر میکروپلاستیک‌های بلعیده شده در سواحل غربی بندرعباس به‌شکل فیبر ۶۵٪ و پس از آن قطعه ۲۶٪ و فیلم ۹٪ بودند. هم‌چنین در ساحل بندر معلم، فیبر با ۵۸٪و پس از آن قطعه با ۳۲٪ و فیلم با ۱۰٪ به‌ترتیب فراوان‌ترین اشکال بلعیده شده بودند (شکل۲). هم‌چنین از آزمون برابری میانگین دوجامعه مستقل و غیرنرمال (آزمون یومن‌ویتنی)، پس از مشخص شدن غیرنرمال بودن داده‌های مربوط به میکروپلاستیک‌های فیبر، قطعه و فیلم (P<۰/۰۵) توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، جهت مقایسه فراوانی اشکال میکروپلاستیک‌های بلعیده شده توسط موجودات زنده بین دو محل نمونه‌برداری استفاده شد. نتایج آزمون نشان می‌دهند که بین فراوانی میکروپلاستیک‌های فیبر در دو محل نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵) و فراوانی میکروپلاستیک‌های فیبر در سواحل غربی بندرعباس بیش‌تر از ساحل بندرمعلم می‌باشد. درحالی‌که بین فراوانی میکروپلاستیک‌های فیلم و قطعه در دو محل نمونه‌برداری شامل سواحل غربی بندرعباس و ساحل بندرمعلم اختلاف معنی‌داری دیده نشده است (P>۰/۰۵).



شکل ۲: مقایسه فراوانی اشکال میکروپلاستیک در دو منطقه موردبررسی

اندازه میکروپلاستیک‌ها: طبقه‌بندی میکروپلاستیک‌ها ازنظر اندازه در شکل ۳ ارائه شده است. میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده با استفاده از نرم‌افزار ImageJ مورد اندازه‌گیری قرارگرفتند و در ۳ دسته ۲۵-۰/۴۵ میکرومتر، ۲۵۰-۲۵ میکرومتر و ۵۰۰۰-۲۵۰ میکرومتر طبقه‌بندی شدند. بیش‌ترین میکروپلاستیک‌های مشاهده شده در گونه‌های زیستی سواحل غربی بندرعباس و ساحل بندرمعلم، در اندازه ۲۵-۰/۴۵ میکرومتر بودند. درحالی‌که فراوانی ذرات میکروپلاستیک بزرگ‌تر با اندازه ۵۰۰۰-۲۵۰ میکرومتر نسبت به سایر اندازه‌ها کم‌تر بوده‌است. درنتیجه در نمونه‌های مورد بررسی سهم میکروپلاستیک‌ها با افزایش اندازه کاهش یافته است. علاوه‌براین نتایج حاصل از آزمون غیرپارامتریک کروسکال-والیس نشان دادند که اختلاف معنی‌داری بین میانگین فراوانی میکروپلاستیک‌های فیبر، قطعه و فیلم در نمونه‌های مورد بررسی در سواحل غربی بندرعباس و ساحل بندر معلم وجود دارد (p<۰/۰۵).



شکل ۳: طبقه‌بندی اندازه ذرات میکروپلاستیک برحسب واحد میکرومتر

بحث

مطالعات متعدد نشان می‌دهند که رابطه معنی‌داری بین تراکم جمعیت انسانی و فراوانی ذرات میکروپلاستیک وجود دارد، به این صورت‌که فراوانی این ذرات در اکوسیستم دریا با افزایش جمعیت و فعالیت‌های انسانی در اطراف سواحل افزایش می‌یابد (۳۰، ۳۱). نتایج تحقیقات Bagheri و همکاران، نشان داد که بیش‌ترین فراوانی ذرات میکروپلاستیک به ایستگاه‌های مناطق جنوبی کشور و ساحل خلیج فارس تعلق دارد (۳۲). توسعه مراکز شهری در اطراف خلیج فارس طی سال‌های گذشته و ورود حجم زیادی فاضلاب تصفیه نشده، فعالیت‌های ماهیگیری و رها کردن بقایای تورهای ماهیگیری در ساحل، فعالیت‌های گردشگری و تفریحی، ساخت‌وساز صنعتی، نشت نفت و ضایعات ناشی از جریان رودخانه باعث تخریب فعلی محیط زیست در خلیج فارس شده است. در تحقیق Noori و همکاران، در خصوص توزیع و فراوانی میکروپلاستیک‌ها در دوکفه‌ای *Pinctada radiata* و رسوبات بندرلنگه در سواحل غربی خلیج فارس، بیش‌ترین میزان میکروپلاستیک یافت شده در دوکفه‌ای ذکر شده از نوع میکروفیبر بودند (۳۳)، که در تحقیق حاضر نیز بیش‌ترین میزان میکروپلاستیک یافت شده درگونه میگوی موزی از نوع فیبر می‌باشد. هم‌چنین در مطالعه Zakeri و همکاران، در خصوص بررسی آلودگی میکروپلاستیک در ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) سواحل جنوبی دریای خزر، بیش‌ترین میزان میکروپلاستیک یافت شده از نوع فیبر بودند (۳۴)، که در این تحقیق نیز میکروپلاستیک‌های فیبر، بیش‌ترین میزان میکروپلاستیک در گونه میگو موزی می‌باشد. علاوه‌براین پلاستیک‌ها می‌توانند ازطریق فاضلاب شهرهای ساحلی، سیستم‌های زهکشی و باد، به اکوسیستم‌های آبی وارد شوند (۳۲). ذرات میکروپلاستیک با توجه به عمر طولانی و چگالی پایین می‌توانند توسط باد و جریان‌های دریایی از ساحل به اقیانوس‌ها منتقل شده و در فواصل زیاد پراکنده شوند (۳۵). خلیج فارس باتوجه به اهمیت و نقش به‌سزایی که در تعیین سرنوشت انسان و تأمین غذا دارد و هم‌چنین به‌علت این‌که این دریا یک محدوده نیمه‌بسته و کم عمق است و جریان آب در آن محدود می‌باشد، بیش‌تر از دریاهای آزاد تحت‌تأثیر آلاینده‌ها و ذرات میکروپلاستیک قرار می‌گیرد. ذرات میکروپلاستیک می‌توانند به‌مدت طولانی در این مکان باقی بمانند و توسط بسیاری از گروه‌های موجودات آبزی مصرف شوند. فراوانی بالای میکروپلاستیک‌ها در آبزیان با آلودگی میکروپلاستیکی محیط زندگی آن‌ها ارتباط نزدیکی دارد (۲۴). در سال‌های اخیر آلودگی شدید میکروپلاستیکی در ستون آب و رسوبات ساحل و آب‌های عمیق خلیج فارس گزارش شده است (۳۶، ۳۷، ۳۸، ۳۹). یکی از عوامل کلیدی در دسترس قرار گرفتن و جذب ذرات میکروپلاستیک توسط موجودات زنده اندازه کوچک آن‌ها است (۴۰). راه‌های متعددی برای ورود ذرات میکروپلاستیک به بدن موجودات زنده وجود دارد (۲). به‌عنوان مثال آبزیانی که درمعرض میکروپلاستیک‌ها قرار دارند ممکن است از طریق آبشش و دستگاه گوارش ذرات میکروپلاستیک را وارد بدن خود کنند. ورود ذرات از مسیر دستگاه گوارش ممکن است ازطریق بلع به‌دلیل عدم توانایی در تمایز ذرات میکروپلاستیک از طعمه یا بلعیدن موجودات زنده سطوح غذایی پایین‌تر که حاوی این ذرات هستند، باشد (۱۸، ۴۱، ۲). هم‌چنین ممکن است ذرات مستقیماً به موجودات زنده بچسبند (۲۳). از آن‌جا که علاوه بر بلع، چسبیدن وسیله دیگری برای جذب میکروپلاستیک‌ها توسط موجودات زنده است، احتمالاً میکروفیبرها به سطح بافت‌ها می‌چسبند و برای مدت طولانی‌تری حفظ می‌شوند. همان‌طور که ریزپلاستیک‌ها می‌توانند برروی جلبک‌های دریایی تجمع یابند (۱۸). برخی از مطالعات نشان داده‌اند که سخت‌پوستان، صدف‌ها، خزندگان، آمفی‌پودها و ماهی‌ها ذرات پلاستیکی را مصرف می‌کنند (۴۲، ۳۲). ولی به‌طورخاص، شناسایی فراوانی و اثرات میکروپلاستیک‌ها بر نرم‌تنان و سخت‌پوستان دریایی ارزش مطالعه بیش‌تری دارد زیرا این گروه از موجودات ممکن است در معرض سطوح بالای میکروپلاستیک‌ها در رسوبات و آب قرار گیرند (۴۱). گزارش حاضر اولین ارزیابی از بقایای پلاستیکی موجود در سخت‌پوستان امتداد سواحل غربی بندرعباس و ساحل بندرمعلم، شامل نمونه‌های سخت‌پوست میگوی موزی می‌باشد. این مطالعه نشان داد که حدود ۹۲/۵٪ از میگوهای موزی مورد بررسی در سواحل غربی بندرعباس و ۷۵٪ از میگوهای موزی در ساحل بندرمعلم ذرات میکروپلاستیک را بلعیده بودند. مطالعه حاضر نشان داد که میزان مصرف میکروپلاستیک‌ها در گونه‌های زیستی مورد بررسی متفاوت است. به‌این صورت‌که در هر دومنطقه مورد مطالعه فراوانی بالاتری از میکروپلاستیک‌ها در خرچنگ شناگرآبی و

صدف دسته‌چاقویی مشاهده شد. درحالی‌که در میگوی موزی و صدف دوکفه‌ای میکروپلاستیک‌های کم‌تری شناسایی شد. اختلاف در فراوانی میکروپلاستیک‌ها می‌تواند ناشی از روش‌های مختلف تغذیه در هر گونه و میزان پراکندگی ذرات میکروپلاستیک در محیط باشد (۲۶، ۴۳). به‌نظر می‌رسد آبزیان مربوط‌به سطوح تغذیه‌ای پایین‌تر به‌علت روش‌های تغذیه‌ای خاص خود، میکروپلاستیک‌های بیش‌تری را می‌بلعند (۴۳). مطالعات زیادی درمورد شیوع ذرات میکروپلاستیک در گونه‌های مختلف نرم‌تنان و سخت‌پوستان از مناطق مختلف جهان انجام گرفته است. در هر مطالعه از روش‌های مختلفی در نمونه‌گیری، هضم، تجزیه و تحلیل، شناسایی و هم‌چنین واحدهای گزارش‌دهی استفاده شده است که مانع از مقایسه مفید نتایج مطالعات قبلی با نتایج مطالعه حاضر می‌شود. علاوه براین عدم‌وجود ذرات میکروپلاستیک در ۶/۲۵٪ از نمونه‌های مورد بررسی در سواحل‌غربی بندرعباس و ۲۱/۲۵٪ از نمونه‌های مورد بررسی در ساحل بندرمعلم، ممکن است به‌دلیل کوچک بودن نمونه‌ها باشد. همان‌طورکه بیش‌ترین نمونه‌های عاری از میکروپلاستیک در نمونه‌های میگوی موزی به‌علت کوچک‌تر بودن آن‌ها نسبت به سایر نمونه‌ها دیده شد. مقدار میکروپلاستیک‌های خورده شده توسط میگوی موزی در مقایسه با غلظت‌های موجود در محیط غالباً کم است. بنابراین ما نمی‌توانیم این احتمال را رد کنیم که اگر اندازه نمونه‌ها بزرگ‌تر باشد، فراوانی ریزپلاستیک‌های دریایی در آن‌ها بیش‌تر خواهد بود. در مطالعه حاضر، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میکروپلاستیک‌های خورده شده و میانگین وزن و طول گونه‌های زیستی موردبررسی مشاهده شد. هم‌چنین مطابق با مطالعه اخیر، در مطالعات Dowarah و همکاران (۴۴) و Daniel و همکاران (۴۵) نیز به‌ترتیب همبستگی مثبتی بین فراوانی میکروپلاستیک‌های بلعیده شده و میانگین وزن دوکفه‌ای‌ها و بین طول میگو و فراوانی میکروپلاستیک‌های بلعیده شده یافت شد. در نتیجه می‌توان گفت که گونه‌های زیستی در حین رشد قادر به بلع میکروپلاستیک‌های بیش‌تری هستند. به احتمال زیاد با رشد گونه‌های زیستی، اندازه دهان آن‌ها نیز افزایش می‌یابد که به نوبه خود باعث افزایش مقدار آبی که دوکفه‌ای‌ها فیلتر می‌کنند و بلع غذا می‌شود (۴۴). گونه‌های موردمطالعه عموماً همه‌چیزخوار هستند و از انواع غذاهای گیاهی و حیوانی (مانند زئوپلانکتون‌ها، کرم‌ها، لارو نرم‌تنان و جلبک‌ها) تغذیه می‌کنند. ذرات میکروپلاستیک مطابق با مطالعه Abbasi و همکاران (۱۸) و Akhbarizadeh و همکاران (۴۶) بر روی گونه‌های میگو در سواحل خلیج فارس، در بافت نرم گونه میگوی موزی مورد بررسی در این مطالعه نیز مشاهده شد. در مطالعه Abbasi و همکاران (۱۸)، تعداد ۳۶ ذره میکروپلاستیک در بافت ماهیچه‌ای ۱۲ نمونه میگوی ببرسبز (*Penaeus Semisulcatus*) از خورموسی در خلیج فارس یافت شد. به‌طورمشابه، میانگین ۰/۳۶ ذره میکروپلاستیک در هرگرم بافت میگوی ببرسبز (*Penaeus Semisulcatus*) از شمال‌شرقی خلیج فارس توسط Akhbarizadeh و همکاران (۴۶) ثبت شد. هم‌چنین درمطالعه Bagheri و همکاران (۳۲) در خلیج گرگان دریای خزر، میانگین ۵/۷۴ ذره میکروپلاستیک در گرم بافت میگوی پاسفید (*Litopenaeus vannamei*) یافت شد. به علاوه در مطالعه Devriese و همکاران، برروی میگوی قهوه‌ای بخش جنوبی دریای شمال بین فرانسه و بلژیک، میانگین ۰/۵۳±۰/۶۴ ذره میکروپلاستیک درگرم بافت مرطوب نمونه ثبت شد (۴۵). اما در مطالعه Daniel و همکاران، هیچ‌گونه میکروپلاستیکی در بافت میگو مشاهده نشد (۴۵). دلایل احتمالی تنوع فراوانی میکروپلاستیک‌ها در میگو می‌تواند تفاوت در گونه‌های موردبررسی و یا میزان آلودگی محلی زیستگاه آن‌ها باشد (۴۸). هم‌چنین به‌نظر می‌رسد زمان احتباس روده و مکانیسم‌های ترشح روده مهم‌ترین عوامل مؤثر بر وجود یا عدم وجود میکروپلاستیک در سایر بافت‌های میگو هستند. به‌عنوان مثال، در موجودات زنده‌ای که زمان ماندگاری ذرات میکروپلاستیک در روده آن‌ها بیش‌تر است، احتمال تکه‌تکه شدن ذرات در دستگاه گوارش افزایش می‌یابد که درنتیجه می‌تواند باعث تسهیل ورود این ذرات به سایر اندام‌ها از جمله بافت‌های خوراکی شود (۴۵). مطالعه Devriese و همکاران، نشان می‌دهد که تجمع ذرات میکروپلاستیک در دستگاه گوارش، سر یا آبشش میگو نسبت به بافت عضلانی شکم که معمولاً قسمت خوراکی را تشکیل می‌دهد، بیش‌تر است (۴۷). میکروپلاستیک‌ها ممکن است از دستگاه گوارش به همولنف و سایر بافت‌ها (جایی که تجمع زیستی صورت می‌گیرد) منتقل شوند. با این‌حال، به‌نظر نمی‌رسد که برخلاف سایر آلاینده‌ها مانند ارگانوکلرین‌ها و جیوه بزرگ‌نمایی زیستی در آن‌ها رخ دهد (۴۹). در مطالعه حاضر، تفاوت قابل‌توجهی بین فراوانی میکروپلاستیک‌های بلعیده‌شده توسط گونه‌های زیستی سواحل غربی بندرعباس و گونه‌های زیستی ساحل بندرمعلم مشاهده شد. نتایج تأیید می‌کنند که فراوانی میکروپلاستیک‌های بلعیده شده توسط گونه‌های زیستی سواحل غربی بندرعباس که در نزدیکی مناطق صنعتی می‌باشند نسبت به ساحل بندرمعلم بیش‌تر است. مناطق دریایی نزدیک به ساحل ازجمله مناطقی هستند که به‌شدت تحت تأثیر انواع آلاینده‌ها به‌ویژه میکروپلاستیک‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی قرار دارند. آلودگی میکروپلاستیک در سواحل غربی بندرعباس ممکن است به‌علت وجود مراکز صنعتی ازجمله مجتمع فولاد بندرعباس، کارخانه‌های آلومنیوم و روی، مجتمع کشتی‌سازی، بنادر تجاری شهیدرجایی و باهنر، نیروگاه‌های برق و پالایشگاه‌های نفت و میعانات گازی در نزدیکی سواحل خلیج فارس باشد. دلایل ایجاد آلودگی این صنایع در مناطق ساحلی می‌تواند

تخلیه و بارگیری کشتی و نفت‌کش‌ها در بنادر تجاری، تخلیه غیراصولی فاضلاب‌های صنعتی و دفع پسماندها و مواد زائد صنعتی در رسوبات و آب‌های ساحلی باشد. هم‌چنین به‌دلیل دردسترس بودن پتروشیمی‌ها و محصولات جانبی آن، مواد صنعتی گوناگونی از جمله پلیمر، رزین، الیاف و منسوجات مصنوعی، لاستیک و پلاستیک، پوشش‌های محافظ و رنگ در این منطقه تولید شده است. به‌علاوه در مجاورت سواحل غربی بندرعباس مجتمع‌های تفریحی توریستی، اسکله قایق‌های ماهیگیری، بندرصیادی، اسکله مسافری و سواحل توریستی متعددی وجود دارد که می‌توانند باعث پراکندگی و شیوع ذرات میکروپلاستیک به‌ویژه الیاف در این منطقه شوند. درحالی‌که کم‌ترین فراوانی میکروپلاستیک‌ها در گونه‌های زیستی ساحل بندر معلم که کم‌تر تحت‌تأثیر فعالیت‌های انسانی است، دیده شد. آبزیان ساحل بندرمعلم از مجاورت مناطق کم‌جمعیت و غیرصنعتی صید شدند. بنابراین فراوانی کم‌تر ذرات میکروپلاستیک در گونه‌های زیستی این منطقه قابل انتظار بود. فعالیت‌های قایقرانی و ماهیگیری از فعالیت‌های رایج در ساحل بندرمعلم است که وجود ذرات میکروپلاستیک شناسایی شده در گونه‌های زیستی این منطقه می‌تواند نتیجه استفاده از لوازم ماهیگیری، قایق‌ها و فعالیت‌های کشاورزی در این منطقه باشد. هم‌چنین عوامل دیگری مانند الگوهای جریان باد و آب ممکن است بر فراوانی و توزیع میکروپلاستیک‌ها در مناطق مورد مطالعه تأثیر بگذارند. تا به‌امروز بیش‌تر مطالعات برروی میکروپلاستیک‌ها در رسوب، آب و گروه خاصی از موجودات متمرکز بوده درنتیجه امکان بلع میکروپلاستیک‌ها توسط سایر موجودات زنده نادیده گرفته شده است. بنابراین بررسی جامع میکروپلاستیک‌ها در چندین گونه از نرم‌تنان و سخت‌پوستان می‌تواند به‌درک جامعی از خطرات زیست محیطی آلودگی میکروپلاستیک‌ها کمک کند.

ترکیب شیمیایی ذرات میکروپلاستیک: نتایج طیف‌سنج مادون‌قرمز فوریه (FTIR) نشان دادند که نمونه‌های مورد بررسی در سواحل غربی بندرعباس و ساحل بندرمعلم انواع مختلفی از پلیمرها (PP، PE، PS، PET و PA) را بلعیده بودند. وجود این پلیمرها در برخی از مطالعات انجام شده در رسوبات و آب‌های خلیج فارس نیز گزارش شده است. به‌عنوان مثال در بررسی Kor و Mehdinia، در آب‌های خلیج فارس پلیمرهای پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و پلی‌استایرن نسبت‌به سایر پلیمرها بیش‌ترین فراوانی را داشتند (۵۰). علاوه بر این، پلیمرهای پلی‌اتیلن‌ترفتالات، پلی‌استایرن و پلی‌پروپیلن فراوان‌ترین پلیمرهای شناسایی شده در مطالعه Keshavarzifard و همکاران، در شمال‌غرب خلیج‌فارس بود (۵۱). هم‌چنین بررسی میکروپلاستیک‌های جمع‌آوری شده از رسوبات ساحلی خلیج فارس در سواحل غربی بندرعباس، برتری پلیمرهای پلی‌اتیلن، نایلون و پلی‌اتیلن ترفتالات را نشان می‌دهد (۳۷). به‌علاوه مطابق با مطالعه اخیر در تحقیق Naji و همکاران (۲۲) پلیمرهای پلی‌اتیلن، پلی‌اتیلن‌ترفتالات و نایلون در نرم‌تنان مناطق شمالی خلیج فارس شناسایی شد. در مطالعه Saeed و همکاران، در محیط‌های دریایی کویت نیز ذرات میکروپلاستیک از جنس پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن، پلی‌استایرن و نایلون بودند (۵۲). فراوانی بالای پلیمرهای پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن و پلی‌استایرن در این مطالعه با گزارشات دیگر ازجمله، Cho و همکاران (۵۳)، Baalkhuyur و همکاران (۹)، Bagheri و همکاران (۳۲)، Daniel و همکاران (۴۵) و Staichak و همکاران (۵۴) هم‌خوانی دارد. وجود الیاف مصنوعی در محیط و بدن موجودات زنده معمولاً به‌علت استفاده از انواع ادوات ماهیگیری محلی است (۵۵)، هم‌چنین بررسی‌ها تأیید می‌کنند که تجهیزات ماهیگیری مانند تورها و شناورها از طیف وسیعی از پلیمرها ازجمله پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن، پلی‌ونیل‌کلراید، پلی‌استایرن و پلی‌آمید ساخته شده‌اند (۵۶). درنتیجه می‌توان فراوانی بالای این پلیمرها در منطقه‌مورد مطالعه را به‌وجود الیاف حاصل از فعالیت‌های ماهیگیری نسبت داد. هم‌چنین پلیمرهای پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن سهم زیادی در تولید و مصرف پلاستیک‌ها در جهان دارند. دو نوع پلیمر پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن، ۶۲٪ از تقاضای جهانی پلاستیک را به‌خود اختصاص داده‌اند (۲۶). درصد بالایی از میکروپلاستیک‌های موجود در نمونه‌های دریایی ازجمله آب، رسوبات و موجودات زنده درسراسر جهان از جنس پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن هستند که ممکن است به‌دلیل تولید و مصرف انبوه، شناوری و قابلیت جابه‌جایی آن‌ها به‌دلیل چگالی کم باشد (۵۳). پلیمرهای پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن به‌دلیل چگالی کم ممکن است مدت‌های طولانی در ستون آب بماند و در طی جابه‌جایی به مناطق غیرآلوده منتقل شوند (۳۰، ۵۷). میکروپلاستیک‌های شناسایی شده در این مطالعه عمدتا از جنس پلی‌پروپیلن هستند. وجود الیاف از جنس پلی‌پروپیلن در گونه‌های زیستی نشان‌دهنده استفاده گسترده از طناب‌هایی از جنس پلی‌پروپیلن در صنعت آبزی‌پروری است (۵۳). هم‌چنین در مطالعه Waite و همکاران (۳۰) و Cho و همکاران (۵۱)، بیان شده است که اکثر ذرات فیبر موجود در محیط از الیاف طناب، تورهای ماهیگیری و لباس‌هایی از جنس نایلون و پلی‌پروپیلن می‌باشند. علاوه‌براین پلیمرهای پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن می‌توانند از منابع مختلف مانند ظروف بسته‌بندی، قطعات خودرو، داروها، محصولات خانگی، موادبهداشتی و لوازم آرایشی سرچشمه بگیرند (۲۹). ازآن‌جا که امروزه پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن از فراوان‌ترین پلاستیک‌های مورد

استفاده در شهرسازی، صنایع بسته‌بندی موادغذایی و کشاورزی هستند، به‌شدت در اکوسیستم‌های آبی شناسایی شده‌اند (۵۸، ۳، ۳۲). ذرات از جنس پلی‌اتیلن با اندازه ۰/۴ تا ۸۰ میکرومتر توسط گونه‌های زیستی بلعیده می‌شوند و پس از ورود به سلول‌ها باعث ایجاد یک پاسخ التهابی قوی و بی‌ثباتی غشای لیزوزومی می‌شوند (۳). اگرچه سخت‌پوستان توانایی تشخیص ذرات زنده از ذرات بی‌جان را دارند، با این‌حال بلع جلبک و ذرات میکروپلاستیک از جنس پلی‌استایرن در سخت‌پوستان کوچک ساکن دریا مشاهده شده است (۴۱). پلیمر پلی‌استایرن به‌طور گسترده در عایق‌های لوازم خانگی، کارد و چنگال پلاستیکی یک‌بارمصرف، جعبه حمل ماهی و شناور ماهیگیری استفاده شده است (۵۳). چگالی ذرات پلی‌استایرن معمولاً بیش‌تر از ذرات پلی‌اتیلن می‌باشد، بنابراین ممکن است نه تنها در ستون آب بلکه در رسوب نیز موجود باشند. در نتیجه می‌توانند هم برای موجودات آبزی و هم برای موجودات ساکن در رسوب ایجاد خطر کنند درحالی‌که ذرات میکروپلاستیک از جنس پلی‌اتیلن دارای چگالی کم‌تری هستند و بیش‌تر در ستون آب مشاهده می‌شوند (۳۰). با این‌حال، چگالی این پلیمرها ممکن است با تشکیل بیوفیلم تغییرکند و در نتیجه در دسترس تمام آبزیان ساکن در محیط‌های آبی قرار گیرند (۴۱). یکی از پلیمرهای اصلی زباله‌های پلاستیکی پلی‌اتیلن‌ترفتالات است. پلی‌اتیلن ترفتالات رایج‌ترین رزین پلیمری ترموپلاستیک از خانواده پلی‌استر است. از این پلیمر به‌دلیل خواص مکانیکی و عملکرد مطلوب اغلب در تولید منسوجات، لوله‌کشی، اتصالات الکترونیکی، محصولات مراقبت شخصی و ظروف بسته‌بندی موادغذایی و مایعات استفاده شده است (۵۹، ۵۷). هم‌چنین از این پلیمر به‌طورگسترده‌در پزشکی برای‌ساخت باندهای‌ارتوپدی، بخیه‌ها و تاندون‌های مصنوعی استفاده می‌شود (۴۴). اگرچه برخی کشورها مانند کانادا و آمریکا تولید، واردات و فروش لوازم بهداشتی حاوی ریزدانه‌های پلی‌اتیلن‌ترفتالات را در سال ۲۰۱۷ ممنوع کردند ولی دوام و ثبات بالای این پلیمر در بسته‌بندی‌های موادغذایی و الیاف لباس منجربه افزایش این پلیمر در محیط زیست شده است (۶۰). این‌پلیمر در مناطق پرجمعیت سواحل مورد بررسی نیز به‌وفور یافت شد که می‌تواند ناشی از رهاکردن بطری‌های نوشیدنی و کیسه‌های پلاستیکی توسط گردشگران ساحلی در محیط دریا باشد. چگالی پلیمرهای پلی‌اتیلن‌ترفتالات (۱/۳۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب) و پلی‌آمید (۱/۱۴گرم بر سانتی‌مترمکعب)، بالاتراز چگالی آب دریا (تقریباً ۱/۰۲ گرم برسانتی‌مترمکعب) است درنتیجه با سرعت بیش‌تری غرق شده و در رسوبات انباشته می‌شوند (۴۵). هم‌چنین پلیمر نایلون یکی از مهم‌ترین پلیمرهای تشکیل‌دهنده ذرات میکروپلاستیک‌دریایی است که به‌دلیل استحکام بالا و مقاومت در برابر سایش، به‌طور فراوان در نخ‌ها و تورهای‌ماهیگیری استفاده می‌شود (۳، ۱۵، ۵۹). فعالیت‌های مختلف‌ماهیگیری در سواحل‌خلیج فارس می‌تواند دلیل حضور بالای ذرات میکروپلاستیک از جنس نایلون باشد.

منابع

1. **Mu, J., Qu, L., Jin, F., Zhang, S., Fang, C., Ma, X., Zhang, W., Huo, C., Cong, Y. and Wang, J., 2019.** Abundance and distribution of microplastics in the surface sediments from the northern Bering and Chukchi Seas. Environmental Pollution. 245: 122-130.
2. **Li, R., Zhang, L., Xue, B. and Wang, Y., 2019.** Abundance and characteristics of microplastics in the mangrove sediment of the semi-enclosed Maowei Sea of the south China sea: New implications for location, rhizosphere, and sediment compositions. Environmental Pollution. 244: 685-692.
3. **Wang, T., Zou, X., Li, B., Yao, Y., Zang, Z., Li, Y., Yu, W. and Wang, W., 2019.** Preliminary study of the source apportionment and diversity of microplastics: taking floating microplastics in the South China Sea as an example. Environmental pollution. 245: 965-974.
4. **Zhang, C., Zhou, H., Cui, Y., Wang, C., Li, Y. and Zhang, D., 2019.** Microplastics in offshore sediment in the yellow Sea and east China Sea, China. Environmental Pollution. 244: 827-833.
4. **Alves, V.E. and Figueiredo, G.M., 2019.** Microplastic in the sediments of a highly eutrophic tropical estuary. Marine pollution bulletin. 146: 326-335.
5. **Andrady, A.L., 2011.** Microplastics in the marine environment. Marine pollution bulletin. 62(8): 1596-1605.
6. **Besley, A., Vijver, M.G., Behrens, P. and Bosker, T., 2017.** A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. Marine Pollution Bulletin. 114(1): 77-83.
7. **Al-Oufi, H., McLean, E., Kumar, A.S., Claereboudt, M. and Al-Habsi, M., 2004.** The effects of solar radiation upon breaking strength and elongation of fishing nets. Fisheries research. 66(1): 115-119.
8. **Baalkhuyur, F.M., Dohaish, E.J.A.B., Elhalwagy, M.E., Alikunhi, N.M., AlSuwailem, A.M., Røstad, A., Coker, D.J., Berumen, M.L. and Duarte, C.M., 2018.** Microplastic in the gastrointestinal tract of fishes along the Saudi Arabian Red Sea coast. Marine pollution bulletin. 131: 407-415.
9. **Piñon-Colin, T.D.J., Rodriguez-Jimenez, R., Pastrana Corral, M.A., Rogel-Hernandez, E. and Wakida, F.T., 2018.** Microplastics on sandy beaches of the Baja California Peninsula, Mexico. Marine pollution bulletin. 131: 63-71.
10. **Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J. and Janssen, C.R., 2013.** Microplastic pollution in deep-sea sediments. Environmental pollution. 182: 495-499.
11. **Ribic, C.A., Sheavly, S.B., Rugg, D.J. and Erdmann, E.S., 2010.** Trends and drivers of marine debris on the Atlantic coast of the United States 1997–2007. Marine pollution bulletin. 60(8): 1231-1242.

12. **Zhao, J., Ran, W., Teng, J., Liu, Y., Liu, H., Yin, X., Cao, R. and Wang, Q., 2018.** Microplastic pollution in sediments from the Bohai Sea and the Yellow Sea, China. Science of the Total Environment. 640: 637-645.
13. **Doyle, M.J., Watson, W., Bowlin, N.M. and Sheavly, S.B., 2011.** Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific Ocean. Marine environmental research. 71(1): 41-52.
14. **Do Sul, J.A.I. and Costa, M.F., 2014.** The present and future of microplastic pollution in the marine environment. Environmental pollution. 185: 352-364.
15. **Jiang, C., Yin, L., Li, Z., Wen, X., Luo, X., Hu, S., Yang, H., Long, Y., Deng, B., Huang, L. and Liu, Y., 2019**. Microplastic pollution in the rivers of the Tibet Plateau. Environmental Pollution. 249: 91-98.
16. **Su, L., Xue, Y., Li, L., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D. and Shi, H., 2016.** Microplastics in taihu lake. China Environmental Pollution. 216: 711-719.
17. **Abbasi, S., Soltani, N., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A. and Hassanaghaei, M., 2018.** Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa Estuary, Persian Gulf. Chemosphere. 205: 80-87.
18. **Bowmer, T. and Kershaw, P., 2010.** Proceedings of the GESAMP International Workshop on Microplastic Particles as a Vector in Transporting Persistent, Bio-accumulating and Toxic Substances in the Ocean, 28-30th June 2010, UNESCO-IOC, Paris. GESAMP.
19. **Graham, E.R. and Thompson, J.T., 2009.** Deposit-and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 368(1): 22-29.
20. **Papahn, F. and Ghagery, T., 2018.** Identification and classification of bivalves in the coastal waters of the northwestern Persian Gulf (from Deylam to Bahmanshir River). Journal of Experimental Animal Biology. 6(4): 44-55. (In Persian)
21. **Naji, A., Nuri, M. and Vethaak, A.D., 2018.** Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. Environmental pollution. 235: 113-120.
22. **Alsagh, A., Molaei, M. and Mesbah, A., 2008.** Investigation of cadmium contamination in surface sediments of coastal waters of Bandar Abbas. Geology and Environment Conference, Tehran. (In Persian)
23. **Li, C., Song, C., Yin, Y., Sun, M., Tao, P. and Shao, M., 2015.** Spatial distribution and risk assessment of heavy metals in sediments of Shuangtaizi estuary, China. Marine Pollution Bulletin. 98(1-2): 358-364.
24. **Karami, A., Golieskardi, A., Choo, C.K., Larat, V., Karbalaei, S. and Salamatinia, B., 2018**. Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats. Science of the total environment. 612: 1380-1386.
25. **Abidli, S., Lahbib, Y. and El Menif, N.T., 2019.** Microplastics in commercial molluscs from the lagoon of Bizerte (Northern Tunisia). Marine pollution bulletin. 142: 243-252.
26. **Tunçer, S., Artüz, O.B., Demirkol, M. and Artüz, M.L., 2018.** First report of occurrence, distribution, and composition of microplastics in surface waters of the Sea of Marmara, Turkey. Marine pollution bulletin. 135: 283-289.
27. **Cho, Y., Shim, W.J., Jang, M., Han, G.M. and Hong, S.H., 2019.** Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea. Environmental pollution. 245: 1107-1116.
28. **Daniel, D.B., Ashraf, P.M., Thomas, S.N. and Thomson, K.T., 2021.** Microplastics in the edible tissues of shellfishes sold for human consumption. Chemosphere. 264: 128554.
29. **Waite, H.R., Donnelly, M.J. and Walters, L.J., 2018.** Quantity and types of microplastics in the organic tissues of the eastern oyster Crassostrea virginica and Atlantic mud crab Panopeus herbstii from a Florida estuary. Marine pollution bulletin. 129(1): 179-185.
30. **Dobaradaran, S., Schmidt, T.C., Nabipour, I., Khajeahmadi, N., Tajbakhsh, S., Saeedi, R., Mohammadi, M.J., Keshtkar, M., Khorsand, M. and Ghasemi, F.F., 2018.** Characterization of plastic debris and association of metals with microplastics in coastline sediment along the Persian Gulf. Waste management. 78: 649-658.
31. **Bagheri, T., Gholizadeh, M., Abarghouei, S., Zakeri, M., Hedayati, A., Rabaniha, M., Aghaeimoghadam, A. and Hafezieh, M., 2020.** Microplastics distribution, abundance and composition in sediment, fishes and benthic organisms of the Gorgan Bay, Caspian Sea. Chemosphere. 257: 127201.
32. **Noori, M., Amiri, P. and Naji, A., 2019.** Distribution and abundance of microplastics in bilayers and sediments of Lengeh port on the west coast of the Persian Gulf. Journal of animal environment. 11(4): 337-344. (In Persian)
33. **Zakeri, M., Akbarzadeh, A. and Naji, A., 2019.** Microplastic contamination in white fish (*Rutilus frisii kutum*) in the southern shores of the Caspian Sea. Journal of animal environment. 11(1): 175-180. (In Persian)
34. **Franzellitti, S., Canesi, L., Auguste, M., Wathsala, R.H. and Fabbri, E., 2019.** Microplastic exposure and effects in aquatic organisms: A physiological perspective. Environmental toxicology and pharmacology. 68: 37-51.
35. **Akhbarizadeh, R., Moore, F. and Keshavarzi, B., 2018.** Investigating a probable relationship between microplastics and potentially toxic elements in fsh muscles from northeast of Persian Gulf. Environmental Pollution. 232: 154-163.
36. **Naji, A., Esmaili, Z. and Khan, F.R., 2017.** Plastic debris and microplastics along the beaches of the Strait of Hormuz, Persian Gulf. Marine pollution bulletin. 114(2): 1057-1062.
37. **Dobaradaran, S., Schmidt, T.C., Nabipour, I., Khajeahmadi, N., Tajbakhsh, S., Saeedi, R., Mohammadi, M.J., Keshtkar, M., Khorsand, M. and Ghasemi, F.F., 2018.** Characterization of plastic debris and association of metals with microplastics in coastline sediment along the Persian Gulf. Waste management. 78: 649-658.
38. **Arfaeinia, S., Moradi, M., Pasalari, H., Mehrizi, E.A., Taghizadeh, F., Esmaili, A. and Ansarizadeh, M., 2019.** The effect of land use configurations on concentration, spatial distribution, and ecological risk of heavy metals in coastal sediments of northern part along the Persian Gulf. Science of the Total Environment. 653: 783-791.
39. **Wright, S.L., Thompson, R.C. and Galloway, T.S., 2013**. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. Environmental pollution. 178: 483-492.
40. **De Sá, L.C., Oliveira, M., Ribeiro, F., Rocha, T.L. and Futter, M.N., 2018.** Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: what do we know and where should we focus our efforts in the future? Science of the total environment. 645: 1029-1039.
41. **Lusher, A.L., Mchugh, M. and Thompson, R.C., 2013.** Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. Marine pollution bulletin. 67(1-2): 94-99.

42. **Walkinshaw, C., Lindeque, P.K., Thompson, R., Tolhurst, T. and Cole, M., 2020.** Microplastics and seafood: lower trophic organisms at highest risk of contamination. Ecotoxicology and Environmental Safety. 190: 110066.

43. **Dowarah, K., Patchaiyappan, A., Thirunavukkarasu, C., Jayakumar, S. and Devipriya, S.P., 2020.** Quantification of microplastics using Nile Red in two bivalve species Perna viridis and Meretrix meretrix from three estuaries in Pondicherry, India and microplastic uptake by local communities through bivalve diet. Marine pollution bulletin. 153: 110982.

44. **Daniel, D.B., Ashraf, P.M., Thomas, S.N. and Thomson, K.T., 2021.** Microplastics in the edible tissues of shellfishes sold for human consumption. Chemosphere. 264: 128554.

45. **Akhbarizadeh, R., Moore, F. and Keshavarzi, B., 2018.** Investigating a probable relationship between microplastics and potentially toxic elements in fsh muscles from northeast of Persian Gulf. Environmental Pollution. 232: 154-163.

46. **Devriese, L.I., Van der Meulen, M.D., Maes, T., Bekaert, K., Paul-Pont, I., Frère, L., Robbens, J. and Vethaak, A.D., 2015.** Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. Marine pollution bulletin. 98(1-2): 179-187.

47. **Lopes, C., Raimundo, J., Caetano, M. and Garrido, S., 2020**. Microplastic ingestion and diet composition of planktivorous fish. Limnology and Oceanography Letters. 5(1): 103-112.

48. **Fabra, M., Williams, L., Watts, J.E., Hale, M.S., Couceiro, F. and Preston, J., 2021.** The plastic Trojan horse: Biofilms increase microplastic uptake in marine filter feeders impacting microbial transfer and organism health. Science of the Total Environment. 797: 149217.

49. **Kor, K. and Mehdinia, A., 2020.** Neustonic microplastic pollution in the Persian Gulf. Marine pollution bulletin. 150: 110665.

50. **Keshavarzifard, M., Vazirzadeh, A. and Sharifinia, M., 2021.** Occurrence and characterization of microplastics in white shrimp, Metapenaeus affinis, living in a habitat highly affected by anthropogenic pressures, northwest Persian Gulf. Marine Pollution Bulletin. 169: 112581.

51. **Saeed, T., Al-Jandal, N., Al-Mutairi, A. and Taqi, H., 2020.** Microplastics in Kuwait marine environment: results of first survey. Marine pollution bulletin. 152: 110880.

52. **Cho, Y., Shim, W.J., Jang, M., Han, G.M. and Hong, S.H., 2019.** Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea. Environmental pollution. 245: 1107-1116.

53. **Staichak, G., Ferreira-Jr, A.L., Silva, A.C.M., Girard, P., Callil, C.T. and Christo, S.W., 2021.** Bivalves with potential for monitoring microplastics in South America. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 4: 100119.

54. **Martin, J., Lusher, A., Thompson, R.C. and Morley, A., 2017.** The deposition and accumulation of microplastics in marine sediments and bottom water from the Irish continental shelf. Scientific Reports. 7(1): 1-9.

55. **Hara, J., Frias, J. and Nash, R., 2020.** Quantification of microplastic ingestion by the decapod crustacean Nephrops norvegicus from Irish waters. Marine pollution bulletin. 152: 110905.

56. **Zhang, C., Zhou, H., Cui, Y., Wang, C., Li, Y. and Zhang, D., 2019.** Microplastics in offshore sediment in the yellow Sea and east China Sea, China. Environmental Pollution. 244: 827-833.

57. **Zhao, J., Ran, W., Teng, J., Liu, Y., Liu, H., Yin, X., Cao, R. and Wang, Q., 2018.** Microplastic pollution in sediments from the Bohai Sea and the Yellow Sea, China. Science of the Total Environment. 640: 637-645.

58. **Hosseini, R., Sayadi, M.H., Aazami, J. and Savabieasfehani, M., 2020.** Accumulation and distribution of microplastics in the sediment and coastal water samples of Chabahar Bay in the Oman Sea, Iran. Marine Pollution Bulletin. 160: 111682.

59. **Miri, S., Saini, R., Davoodi, S.M., Pulicharla, R., Brar, S.K. and Magdouli, S., 2021.** Biodegradation of microplastics: Better late than never. Chemosphere. 131670.