



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی



## بررسی حضور میکروپلاستیک‌ها در دستگاه گوارش گونه هوور مسقطی (*Katsuwonus pelamis*) در خلیج چابهار

لیلی امیر کیا، آرش شکوری\*

گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی، چابهار، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله:

**زمینه و هدف:** میکروپلاستیک‌ها به دلیل اندازه کوچک، توسط طیف گسترده‌ای از جانداران دریایی استفاده و عمدتاً در دستگاه گوارش آن‌ها انباشته می‌شوند، بطوریکه در بافت‌های صدها گونه از آبزیان از جمله ماهی‌ها یافت شده‌اند. به دلیل اهمیت غذایی ماهی برای انسان بررسی آلودگی آن‌ها بسیار مهم است. هدف اصلی این مطالعه بررسی حضور میکروپلاستیک‌ها در ماهی هوور مسقطی (*Katsuwonus pelamis*) دریای عمان است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰  
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۰  
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۱۵

**روش بررسی:** در مجموع از ۱۷ قطعه ماهی هوور مسقطی استفاده شد. پس از زیست‌سنجی و تشریح و جداسازی دستگاه گوارش ماهی، ابتدا عمل هضم و استخراج میکروپلاستیک‌ها با استفاده از محلول KOH صورت گرفت. شناسایی و شمارش نیز توسط استرئومیکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتال انجام شد. برای بررسی پلیمری، آنالیزهای اسپکتروفتومتری FTIR انجام گرفت. **یافته‌ها:** فراوانی کل و میانگین فراوانی میکروپلاستیک‌ها به ترتیب ۳۳۱ ذره در  $19/4 \pm 7/3$  ذره در فرد است. رشته (۶۴/۳۵ درصد) و قطعات (۲۸/۷ درصد) اشکال غالب را در نمونه‌ها تشکیل دادند. بیشترین طیف رنگی به قرمز (۲۸/۷ درصد) و کمترین به بنفش (۱/۵۱ درصد) اختصاص داشت. بیشترین تعداد میکروپلاستیک‌های شناسایی شده دارای اندازه ۱-۰/۵ mm (۵۳ درصد) بودند. بررسی ذرات به روش ATR-FTIR نشان داد که پلیمر نایلون و پلی کربنات، ذرات پلیمری غالب بودند.

**واژگان کلیدی:** میکروپلاستیک، تن ماهیان، هوور مسقطی، دریای عمان

**نتیجه‌گیری:** در تمام نمونه‌ها میکروپلاستیک وجود داشت. فراوانی میکروپلاستیک‌ها در آب، رسوبات و طعمه آلوده باعث می‌شود تا به راحتی در دسترس بوده و توسط ماهیان بلعیده شوند که این به احتمال زیاد عامل اصلی وجود میکروپلاستیک در ماهی‌ها است.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:  
aarash220@yahoo.com

Please cite this article as: Amirkia L, Shakouri A. Presence of microplastics in the digestive tract of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in Chabahar Bay. Iranian Journal of Health and Environment. 2024;16(4):629-52.

## مقدمه

اکوسیستم‌های دریایی بخش قابل توجهی از اقتصاد جهانی را پشتیبانی می‌کنند و خدمات حیاتی اکوسیستم از جمله ذخیره کربن، حفاظت از خطوط ساحلی و مواد غذایی را ارائه می‌دهند. علاوه بر این، شیلات و آبی‌پروری برای ۵۶/۹ میلیون نفر شغل، معیشت و هویت فرهنگی فراهم می‌کند (۱). اکوسیستم‌های دریایی نسبت به افزایش و تشدید فعالیت‌های توسعه و تغییرات محیطی آسیب‌پذیر هستند و اثرات فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌های دریایی باعث نگرانی فزاینده شده است. امروزه به علت فعالیت‌های مخرب انسانی، پوشش و کیفیت زیستگاه آبی کاهش یافته است (۱). اکوسیستم‌های دریایی تحت تاثیر دو نوع آلودگی اصلی قرار دارند: مواد شیمیایی و پسماند (۲). پسماندهای دریایی شامل تمام محصولات تولیدی (بیشتر پلاستیکی) هستند که به اقیانوس ختم می‌شوند. مدیریت ضعیف پسماندها، منجر به تجمع آن‌ها می‌شود (۳). انواع متداول پسماندهای دریایی شامل اقلام پلاستیکی مختلف مانند کیسه‌های خرید و بطری‌های نوشیدنی، به همراه ته سیگار، درب بطری، بسته‌بندی مواد غذایی و وسایل ماهیگیری هستند. پسماندهای پلاستیکی آلاینده‌هایی مشکل‌ساز هستند، زیرا ماندگاری بالایی دارند. اقلام پلاستیکی ممکن است صدها سال طول بکشد تا تجزیه شوند (۴). پلاستیک‌ها ترکیبی از پلیمرهای آلی با زنجیره بلند هستند (۵). پلیمرهای مصنوعی به دلیل ویژگی‌هایی که دارند، جایگزین بسیاری از مواد طبیعی مشتق شده در جامعه مدرن شده‌اند (۶). طی یک مطالعه جدید بیان شد که محصولات پلاستیکی به‌طور گسترده در بسیاری از زمینه‌ها مانند مواد بسته‌بندی (۳۹/۵ درصد از کل تولید پلاستیک)، مصالح ساختمانی (۲۰/۱ درصد)، قطعات خودرو (۸/۶ درصد)، لوازم الکتریکی (۵/۷ درصد) و مواد کشاورزی (۳/۴ درصد) و بقیه شامل لوازم خانگی، تجهیزات ورزشی و سایر محصولات کاربرد دارد (۷).

آلودگی پلاستیکی از گسترده‌ترین مشکلات تأثیرگذار بر محیط دریایی است. همچنین سلامت اقیانوس‌ها، ایمنی و کیفیت غذا، سلامت انسان و جهانگردی ساحلی را تهدید می‌کند و به تغییرات اقلیم کمک می‌کند (۸). پسماندهای پلاستیکی بی‌اثر در زندگی روزمره، وارد محیط آبی شده و با روند هیدرودینامیکی در مسافت طولانی مهاجرت می‌کنند که منجر به آلودگی جهانی می‌شود. در محیط دریایی، پلاستیک حدود ۸۰-۶۰ درصد پسماندهای دریایی را تشکیل می‌دهد. جهت کاهش آلودگی پلاستیک، مطالعات زیادی برای استفاده مجدد از پلاستیک انجام شده است (۷).

میکروپلاستیک‌ها به‌طور کلی به‌عنوان ذرات پلاستیکی با اندازه کمتر از ۵ mm تعریف می‌شوند و به‌طور کلی محدودیتی در اندازه کمتر برای آن‌ها وجود ندارد. آن‌ها در سرتاسر جهان، از سرزمین اصلی تا اقیانوس، از شهرها گرفته تا مناطق دور دست توزیع می‌شوند (۹). در محیط دریایی، جذب ذرات پلاستیک اندکی پس از ورود به آب آغاز شده و می‌تواند در مدت ۷ روز بیوفیلمی با جذب پایدار ایجاد کند (۱۰). عواملی که بر این پیوست بیولوژیکی تأثیر می‌گذارند بسیار پیچیده هستند، از جمله آن‌ها تغییرات فصلی، موقعیت جغرافیایی، دمای آب، وضعیت مواد مغذی آب دریا، نوع رسوب و سرعت جریان آب هستند (۱۱). در سطح فیزیکی، بقایای میکروپلاستیک‌ها می‌تواند از طریق درهم تنیدگی و بلعیدن، تأثیر مستقیم مکانیکی بر موجودات آبی داشته باشد. پس از بلع، باعث ایجاد احساس سیری کاذب در آبزیان می‌کنند، بنابراین اشتها را تحت تأثیر قرار می‌دهند و حتی باعث انسداد داخلی یا آسیب به دستگاه گوارش می‌شوند (۱۲). میکروپلاستیک‌ها در دستگاه گوارش موجودات جمع می‌شوند، سپس بر رشد و تولید مثل موجودات زنده تأثیر می‌گذارند. نتایج مطالعات نشان داده‌اند که اندازه کوچک‌تر ذرات میکروپلاستیک به‌راحتی توسط ارگانسیم‌ها جذب و تجمع می‌یابند که باعث کاهش سرعت رشد، باروری

کاهش دهد که در نهایت با چشم غیر مسلح قابل تشخیص نیست (۱۷). این فرایند تجزیه مواد پلاستیکی بزرگ به قطعات بسیار کوچک‌تر به‌عنوان تکه‌تکه شدن (Defragmentation) شناخته می‌شود (۱۱). شیوع میکروپلاستیک‌ها با اشکال ناهموار نشان می‌دهد که تکه‌تکه شدن از یک منبع اصلی و بزرگ‌تر است (۱۸).

این شواهد موجب نگرانی در مورد مصرف میکروپلاستیک‌ها توسط انسان از طریق مصرف گونه‌های دریایی آلوده به این ذرات به‌عنوان مواد غذایی و اثرات بالقوه بر سلامت انسان است. دانش درباره اثرات میکروپلاستیک بر سلامت انسان از طریق مصرف ماهی و صدف‌ها هنوز در مراحل ابتدایی است و نیاز به بررسی بیشتری دارد (۱۹). هدف از انجام این مطالعه بررسی و شناسایی میکروپلاستیک‌های موجود در گونه ماهی هوور مسقطی یکی از پرمصرف‌ترین ماهیان توسط انسان (از خانواده تن ماهیان) است.

هوور مسقطی با نام انگلیسی Skipjack tuna و نام علمی *Katsuwonus pelamis* با اندازه متوسط از خانواده ماهی تن، *Scombridae* است. طول آن تا ۱ m می‌رسد. این ماهی دریایی در آب‌های گرمسیری و معتدل یافت می‌شود و یک گونه بسیار مهم برای شیلات است (۲۰). این ماهی دریایی دارای قدرت شنای سریع است که در آب‌های استوایی در سراسر جهان وجود دارد، در آب‌های سطحی در دسته‌های بزرگ (حداکثر ۵۰۰۰۰ ماهی) زندگی می‌کند و از ماهی‌ها، سخت پوستان، سرپایان و نرم‌تنان تغذیه می‌کند. فلس ندارد، به‌جز روی خط جانبی و معمولاً طول کل آن حدوداً ۸۰ cm و وزن آن ۸ تا ۱۰ kg است. حداکثر طول ۱۰۸ cm و حداکثر وزن آن ۳۴/۵ kg است. تعیین سن این ماهی دشوار است و تخمین طول عمر بالقوه آن بین ۸ تا ۱۲ سال است. ماهی هوور مسقطی یک تخم‌گذار دسته‌ای است. تخم‌ریزی در تمام طول سال در آب‌های استوا اتفاق می‌افتد (۲۰). ماهی هوور مسقطی با ۶۸

و طول عمر موجودات می‌شود (۱۳). میکروپلاستیک‌ها مواد شیمیایی حمل شده را به موجودات زنده منتقل می‌کنند. مواد شیمیایی جذب شده توسط میکروپلاستیک‌ها، مانند پلی‌کلرو بی‌فنیل‌ها (PCBs) دارای اثرات سرطان‌زا، تراژونیک و جهش‌زایی بر روی ارگانیسم‌ها هستند. مطالعات نشان داده است که میکروپلاستیک‌ها با آلاینده‌ها می‌توانند باعث تجمع این آلاینده‌ها در موجودات آبی شوند (۱۴).

راه‌حل‌های آلودگی دریایی شامل پیشگیری و پاکسازی است. پلاستیک یکبار مصرف به‌وفور در جامعه امروزی از کیسه‌های خرید گرفته تا بسته‌بندی و بطری‌های پلاستیکی استفاده می‌شود. تغییر رویکرد جامعه به استفاده از پلاستیک یک فرآیند طولانی و از نظر اقتصادی چالش‌برانگیز خواهد بود (۱۵). در مقابل، پاکسازی ممکن است برای برخی موارد غیرممکن باشد. بسیاری از انواع پسماندها (از جمله برخی از پلاستیک‌ها) شناور نیستند، بنابراین در اعماق اقیانوس رسوب می‌کنند. پلاستیک‌هایی که شناور می‌شوند، معمولاً در لکه‌های بزرگ (stains) در چرخش‌های اقیانوس جمع می‌شوند. حتی برخی از راه‌حل‌های امیدوارکننده برای مبارزه با آلودگی دریایی ناکافی هستند. پلاستیک‌های موسوم به «زیست‌تخریب‌پذیر» اغلب تنها در دمایی بالاتر از دمای اقیانوس تجزیه می‌شوند (۳). میکروپلاستیک‌های اولیه قطعات کوچک پلاستیکی هستند که به‌طور هدفمند ساخته می‌شوند (۱۶). آن‌ها معمولاً در مواد شوینده بهداشتی، مواد آرایشی و فناوری انفجار هوا استفاده می‌شوند. در برخی موارد، استفاده از آن‌ها در دارو به‌عنوان ناقل داروها گزارش شده است (۸). پلاستیک‌های ثانویه قطعات کوچکی از پلاستیک هستند که از تجزیه بقایای پلاستیک بزرگ‌تر چه در دریا و چه در خشکی حاصل می‌شوند. باگذشت زمان، اوج تخریب فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی، از جمله تخریب نوری ناشی از قرار گرفتن در معرض نور خورشید، می‌تواند یکپارچگی ساختاری بقایای پلاستیک را به‌اندازه‌ای

درصد از کل توده بدن، بیشترین درصد ماهیچه‌های اسکلتی اختصاص داده شده به حرکت را در بین تمام موجودات دارد؛ یک ماهی تجاری و شکاری مهم است که معمولاً با استفاده از تورهای کیسه‌ای صید می‌شود و به‌صورت تازه، منجمد، کنسرو شده، خشک شده، شور و دودی به فروش می‌رسد (۲۱). با توجه به استفاده روزمره انسان از کنسرو ماهی‌ها و به خصوص تن ماهیان، این گونه‌ها باید از نظر سلامت مورد ارزیابی قرار گیرند؛ لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی وجود یا عدم وجود میکروپلاستیک‌ها در بافت دستگاه گوارش گونه ماهی تن هورر مسقطی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### – نمونه برداری

نمونه‌ها به‌صورت تصادفی از ماهیان صید شده در کارخانه فانوس واقع در شهرک صنعتی کنارک تهیه و در همان جا طول و وزن آن‌ها زیست‌سنجی شدند. سپس، نمونه‌ها تشریح، امعاء و احشاء از مری تا مخرج جدا و درون فویل آلومینیومی قرار گرفتند و در جعبه‌های حاوی پودر یخ جهت دور ماندن از آلودگی‌های سطحی بلافاصله، به مجتمع آزمایشگاهی دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، انتقال داده شدند و تا زمان انجام آزمایش در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  قرار گرفتند. در زمان تجزیه و تحلیل تمام تجهیزات آزمایشگاهی قبل از استفاده با الکل شستشو داده شد و اقدامات احتیاطی دقیق در کل مراحل برای جلوگیری از آلودگی انجام شد. استریل کردن و تمیز کردن ظروف شیشه‌ای با استفاده از آب مقطر فوق خالص و اتانول انجام و توسط آون خشک شد. جهت جلوگیری از آلودگی، سطح کار با اتانول ۷۰ درصد تمیز شد (۲۲). دستگاه‌های گوارش نمونه‌ها از سایر محتویات شکمی به‌طور کامل جدا شدند. سپس، نمونه‌ها درون ظروف شیشه‌ای در دستگاه آون با دمای  $60^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲۴ h جهت خشک شدن کامل قرار گرفتند.

### – آماده‌سازی و شناسایی میکروپلاستیک‌ها

همه اقدامات، قبل از مشاهدات میکروسکوپی، در یک هود بخار انجام گرفت که تا حد امکان بسته نگهداشته شود. محلول‌های هیدروکسید پتاسیم و یدید سدیم قبل از استفاده فیلتر شدند. نمونه‌ها و محلول‌ها تا حد امکان پوشیده نگهداشته شدند و در طول فرآیند آزمایشی از دستکش‌های نیتریل برای جلوگیری از آلودگی‌های احتمالی استفاده شد (۲۳). حدود  $20\text{ g}$  نمونه خشک شده را درون ارلن  $250\text{ mL}$  استریل شده انتقال داده و به آن‌ها سه برابر وزن ماده بیولوژیک محلول ۱۰ درصد KOH (هیدروکسید پتاسیم) و ۱۰ درصد NaOH اضافه شد. بشرها جهت جلوگیری از آلوده شدن توسط هوا با فویل آلومینیومی پوشانده شده و به مدت ۴۸ h در انکوباتور در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  نگهداری شدند. پس از ۴۸ h، نمونه‌های هضم شده از طریق فیلترهای ۲۰ میکرومتری فیلتر شدند. روش هضم با استفاده از ۱۰ درصد KOH به‌عنوان بهترین روش برای استخراج میکروپلاستیک‌ها با بالاترین راندمان جداسازی ثبت شده است (۲۴، ۲۵). نمونه‌هایی که در محلول NaOH قرار داشتند نسبت به نمونه‌هایی که در محلول KOH بودند زودتر هضم شدند. می‌توان نتیجه گرفت NaOH سبب تسریع عمل هضم می‌شود. با توجه به این موضوع نمونه‌ها با محلول KOH یک روز بیشتر در دستگاه انکوباتور قرار داشتند. پس از هضم کامل محلول‌ها، نمونه‌ها با  $50\text{ mL}$  آب فوق خالص Milli-Q رقیق شدند و بلافاصله روی کاغذهای فیلتر ۴۲ واتمن (PCTE، اندازه منافذ  $0.2\text{ }\mu\text{m}$ ) فیلتر شدند.

بعد از اینکه نمونه‌ها فیلتر شدند با آب دو بار تقطیر از روی کاغذ صافی شسته و به درون ارلن منتقل شدند، از آنجاکه در هنگام هضم ممکن است مواد غیر قابل هضم دیگری مانند پوسته و گیاه علاوه بر ذرات پلاستیکی در محلول باقی‌مانده باشند، برای شناسایی بهتر ذرات پلاستیک چگالی آب توسط  $\text{ZnCl}_2$  از  $0.917\text{ g/cm}^3$  تا  $1/6\text{ g/cm}^3$  افزایش داده شد.

استریو (OLYMPUS SZX16، ژاپن) مجهز به دوربین دیجیتال مشاهده و تصاویر ثبت شد. برای اندازه‌گیری حداکثر طول ذرات (برحسب  $\mu\text{m}$ ) از نرم‌افزار پردازش تصویر "ImageJ" استفاده شد. ذرات روی فیلترها برای جداسازی ذرات پلاستیکی و ذرات غیر پلاستیکی با بازرسی بصری با کمک معیارهای شناسایی شرح داده شده در مطالعه Hidalgo-Ruz و همکاران (۲۰۱۲) (۲۶) به‌دقت ارزیابی شدند. ذرات پلاستیک بر اساس اندازه، شکل و رنگ آن‌ها طبقه‌بندی شدند.

### یافته‌ها

– زیست‌سنجی ماهی

نتایج حاصل از زیست‌سنجی طول کل (cm) و وزن کل (kg) نشان داد که ماهیان صید شده از آب‌های چابهار دارای وزن و طول بیشتری هستند. با این حال ماهیان صید شده از آب‌های سواحل چین دارای وزن و طول حدود ماهیان چابهار بودند و ماهیان صید شده از آب‌های عمیق در منطقه سیشل، وزن و طول کمتری نسبت به دو منطقه دیگر داشتند (جدول ۱).

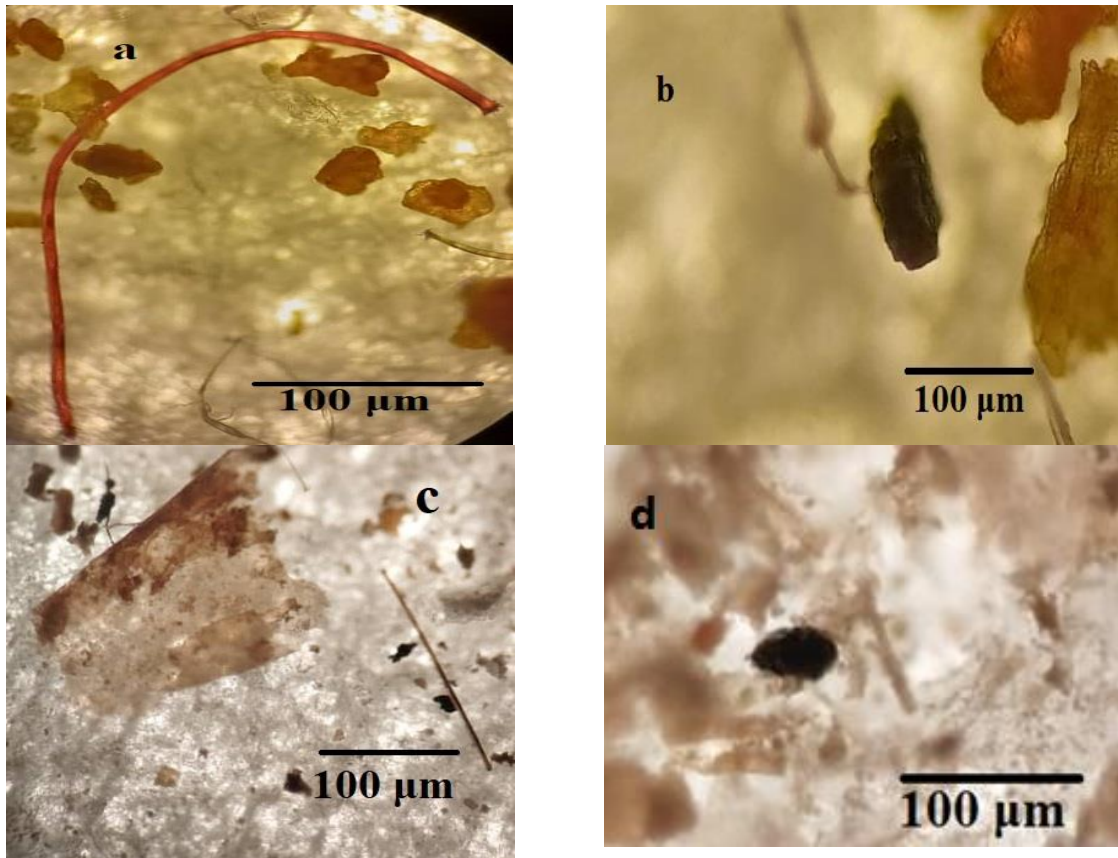
از آنجا که بیشترین چگالی پلاستیک‌ها  $1/3 \text{ g/cm}^2$  مربوط به پلیمر PVs است، تمام ذرات پلاستیکی در سطح آب شناور می‌شوند. برای این منظور ابتدا محلول اشباع از  $\text{ZnCl}_2$  درست شد، در  $100 \text{ mL}$  آب تقریباً  $30 \text{ g}$   $\text{ZnCl}_2$  به‌آرامی اضافه و با همزن شیشه‌ای به مدت  $2 \text{ h}$  هم زده شدند تا آب به‌صورت کاملاً شفاف شود (شکل ۳). از محلول ساخته شده به میزان دو برابر حجم نمونه‌های فیلتر شده ریخته شد، به مدت  $24 \text{ h}$  کنار گذاشته شدند و پس از آن نمونه‌ها در حمام اولتراسونیک  $15 \text{ min}$  قرار گرفتند و پس از  $1 \text{ h}$  تکان دادن کامل هر نمونه، به مدت یک شبانه روز کنار گذاشته شدند تا ذرات پلاستیکی بروی سطح شناور شوند. در مرحله بعد، لوله‌ها بر روی یک تکان دهنده اوربیتال با سرعت  $200 \text{ RPM}$  به مدت  $5 \text{ min}$  و سپس در  $500 \text{ RPM}$  به مدت  $2 \text{ min}$  سانتریفیوژ شدند. پس از سانتریفیوژ، مایع رویی جدا شده و روی یک فیلتر پلی‌کربنات  $5 \mu\text{m}$  (Whatman،  $47 \text{ mm}$ ) فیلتر شدند. فیلترها در ظروف پتری شیشه‌ای تمیز نگهداری شدند. تمام فیلترهای به‌دست‌آمده از مراحل فوق در زیر میکروسکوپ

جدول ۱- میانگین طول و وزن (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) ماهیان مطالعه شده

نام گونه	تعداد ماهی	طول کل (cm)	وزن کل (kg)
ماهی هور مستطی	قطعه ۱۷	$53/8 \pm 4/9$	$2/8 \pm 0/6$

شده شامل اشکال، رشته، قطعه، فیلم و ریزمهره بودند. تصاویر ثبت شده از این ذرات، در شکل ۱ ارائه شده است.

– تصاویر میکروپلاستیک موجود در نمونه‌های ماهی  
در مطالعه انجام شده، تمامی نمونه‌های ماهی حاوی ذرات میکروپلاستیک بودند، که این ذرات میکروپلاستیک شناسایی



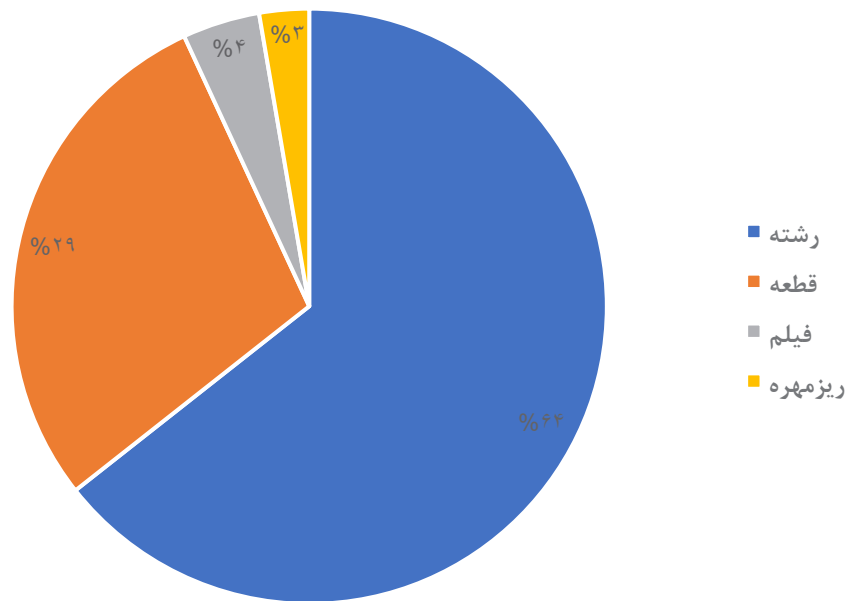
شکل ۱- تصاویر اشکال شناسایی شده میکروپلاستیک‌های (a: رشته، b: قطعه، c: فیلم، d) ریزمهره

بیشتر از اشکال دیگر بود و فراوانی‌های بعدی به ترتیب برای قطعه، فیلم و ریزمهره شناسایی شدند. همچنین، به ازای هر قطعه ماهی،  $19/4 \pm 7/3$  ذره میکروپلاستیک در فرد و  $0/118$  ذره در گرم وزن بدن ماهی یافت شد (جدول ۲ و نمودار ۱).

فراوانی تعداد و اشکال ذرات میکروپلاستیک‌های بررسی شده تمام نمونه‌های سیستم گوارش ماهی هوور مسقطی تهیه شده از شرکت فانوس در کنارک دارای ذرات میکروپلاستیک بودند که مجموعاً از سیستم گوارش ۱۷ قطعه ماهی ۳۳۱ ذره میکروپلاستیک شناسایی شد. در این بین فراوانی شکل رشته

جدول ۲- فراوانی میکروپلاستیک‌های شناسایی شده در دستگاه گوارش ماهی

ریزمهره	فیلم	قطعه	رشته	ماهی هوور مسقطی
۹	۱۴	۹۵	۲۱۳	مجموع فراوانی
۲/۷ درصد	۴/۲ درصد	۲۸/۷ درصد	۶۴/۳۵ درصد	درصد فراوانی



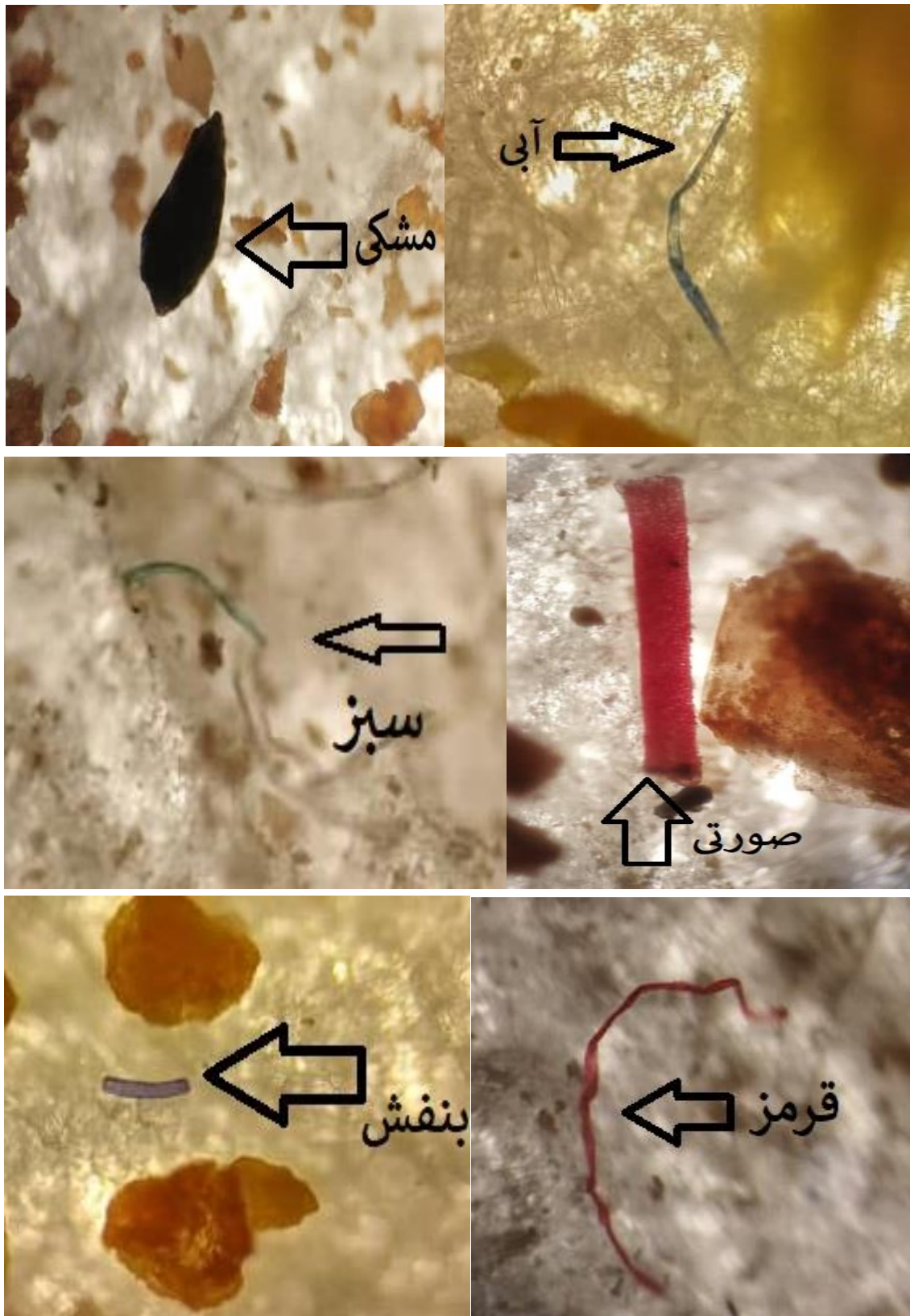
نمودار ۱- درصد فراوانی میکروپلاستیک‌های شناسایی شده در دستگاه گوارش ماهی

قهوه‌ای، صورتی و بنفش در میکروپلاستیک‌های استخراج شده شناسایی شدند (جدول ۳). تصاویر طیف‌های رنگی مشاهده شده در میکروپلاستیک‌ها در شکل ۲ ارائه شده است.

– بررسی فراوانی میکروپلاستیک بر اساس رنگ در مطالعه حاضر ۸ طیف رنگی مشخص شد که از این بین بیشترین ذرات میکروپلاستیک دارای طیف رنگی قرمز بودند و بعد از آن به ترتیب رنگ‌های مشکی، شفاف، آبی، سبز،

جدول ۳- توزیع فراوانی رنگ میکروپلاستیک‌های یافت شده در دستگاه گوارش ماهی شوریده

رنگ‌ها	فراوانی	درصد فراوانی
قرمز	۹۵	۲۸/۷
مشکی	۷۳	۲۲/۰۵
شفاف	۶۵	۱۹/۶۳
آبی	۴۱	۱۲/۳۸
سبز	۲۳	۶/۹۷
قهوه ای	۱۷	۵/۱۳
صورتی	۱۲	۳/۶۲
بنفش	۵	۱/۵۱



شکل ۲- تصاویر شناسایی شده در میکروپلاستیک های مطالعه حاضر

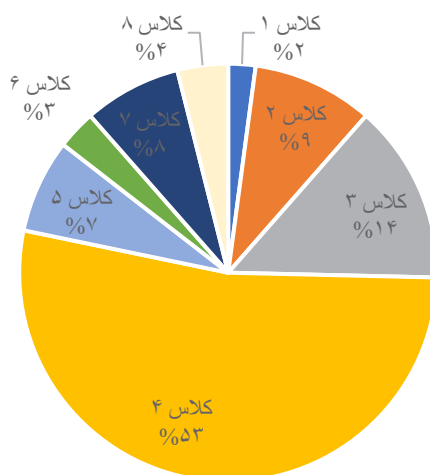




ادامه شکل ۲- تصاویر شناسایی شده در میکروپلاستیک‌های مطالعه حاضر

۵ (۲-۱ mm)، ۶ (۳-۲ mm)، کلاس ۷ (۴-۳ mm) و کلاس ۸ (۵-۴ mm). که در این بین ۷ ذره در کلاس ۱، ۳۱ ذره در کلاس ۲، ۴۶ ذره در کلاس ۳، ۱۷۵ ذره در کلاس ۴، ۲۴ ذره در کلاس ۵، ۱۰ ذره در کلاس ۶، ۲۵ ذره در کلاس ۷ و ۱۳ ذره در کلاس ۸ شناسایی شد (نمودار ۲).

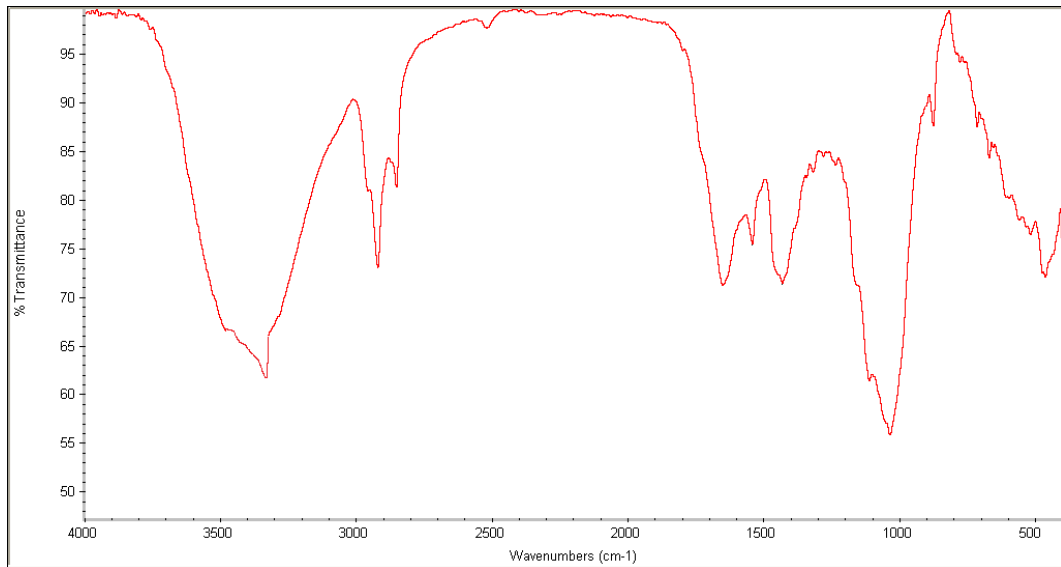
بررسی میکروپلاستیک‌ها بر اساس اندازه در ماهی شوریده اندازه ذرات میکروپلاستیک یافت شده (۳۳۱ قطعه) در نمونه‌های مشاهده شده از ۰/۱ تا ۵ mm بودند. از نظر طول، میکروپلاستیک‌ها در هشت کلاس مختلف دسته‌بندی شدند: کلاس ۱ (اندازه: ۰ - ۰/۱ mm)، کلاس ۲ (۰/۳ - ۰/۱ mm)، کلاس ۳ (۰/۵ - ۰/۳ mm)، کلاس ۴ (۱ - ۰/۵ mm)



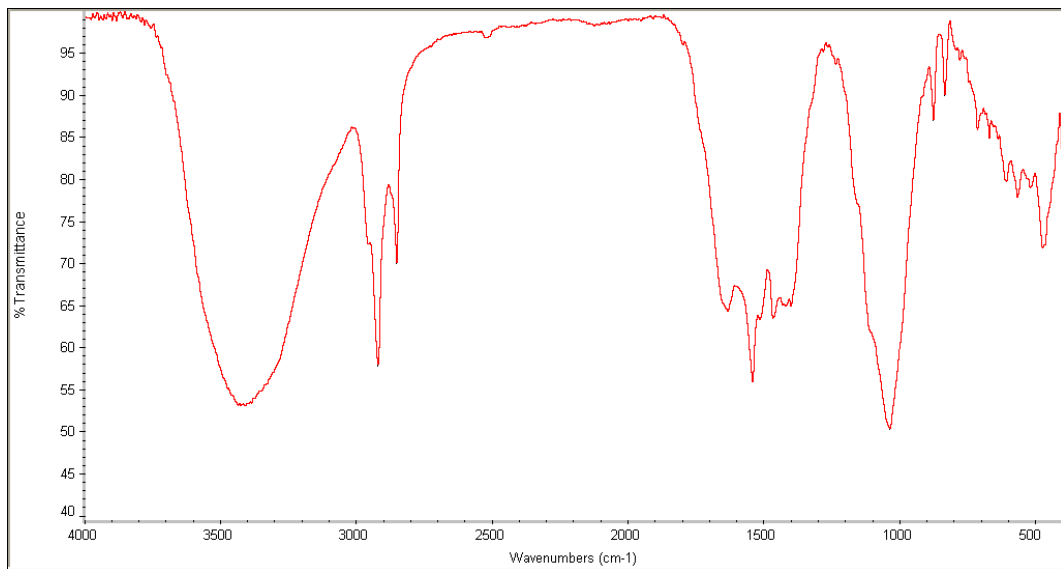
نمودار ۲- درصد فراوانی اندازه میکروپلاستیک‌های شناسایی شده در مطالعه حاضر

تصادفی انتخاب و با طیفسنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (ATR-FTIR) آنالیز شدند. نتایج نشان داد که پلیمر نایلون و پلی کربنات ذرات پلیمری غالب بودند و بعد از آن ها به ترتیب پلیمرهای تأیید شده به ترتیب پلی استر، پلی اورتان، پلی اتیلن و پلی اتیلن ترفتالات بودند (اشکال ۳-الف تا ۳-د).

شناسایی پلیمر میکروپلاستیک ها در مجموع ۳۳۱ ذره میکروپلاستیک شناسایی شدند که آنالیزهای اسپکتروفتومتری FTIR برای بررسی پلیمری انجام شد. متأسفانه، انجام آنالیز FTIR روی همه ذرات ممکن نبود، زیرا زمان بر و پرهزینه بود. در این راستا، ۴۱ ذره به طور

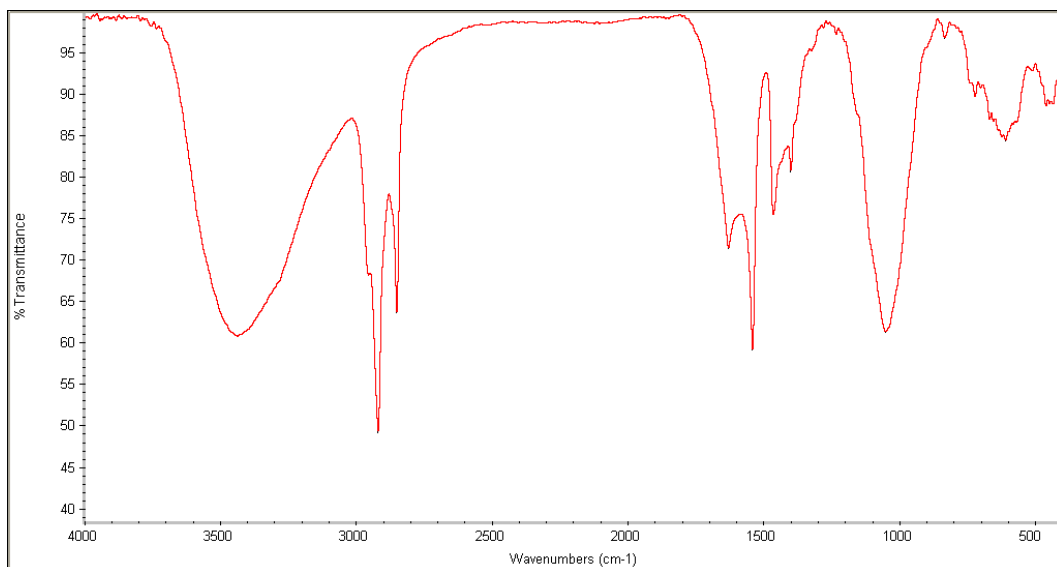


(الف)

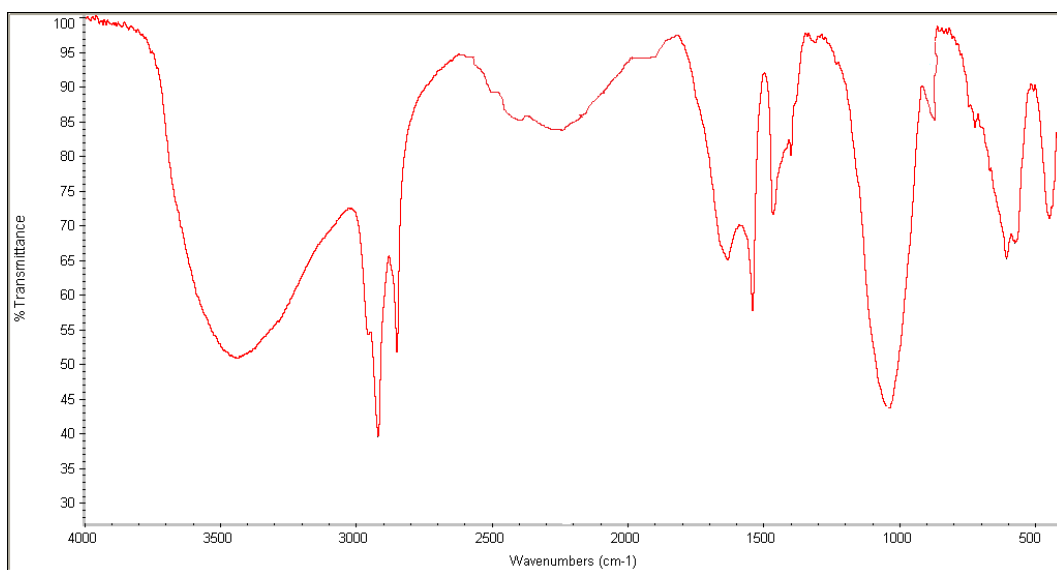


(ب)

شکل ۳- الف) ATR-FTIR پلیمر نایلون، ب) ATR-FTIR پلیمر پلی کربنات، پ) ATR-FTIR پلیمر پلی استر، ت) ATR-FTIR پلیمر پلی اورتان، ج) ATR-FTIR پلیمر پلی اتیلن و د) ATR-FTIR پلیمر پلی اتیلن ترفتالات

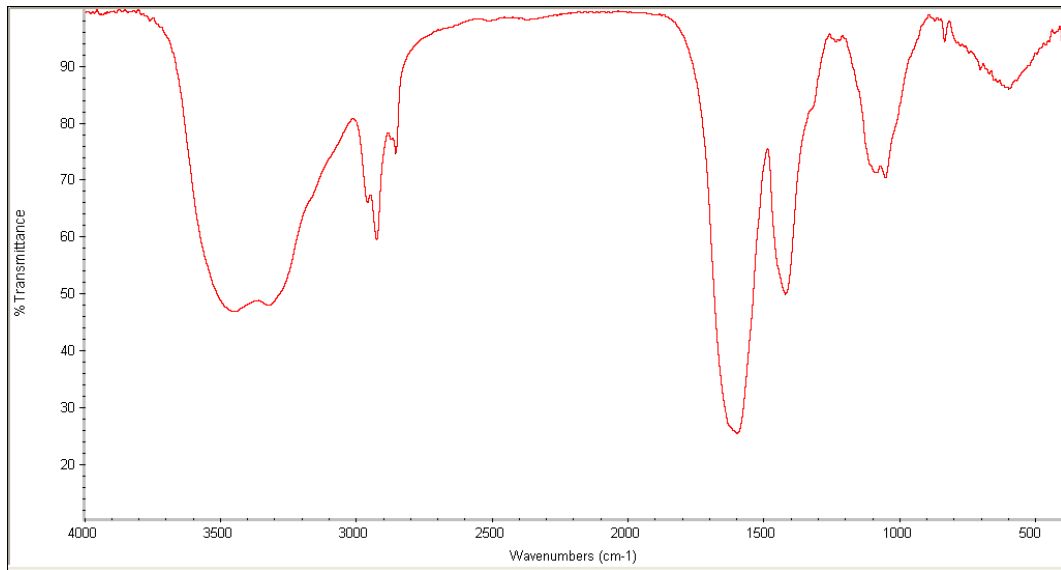


(ب)

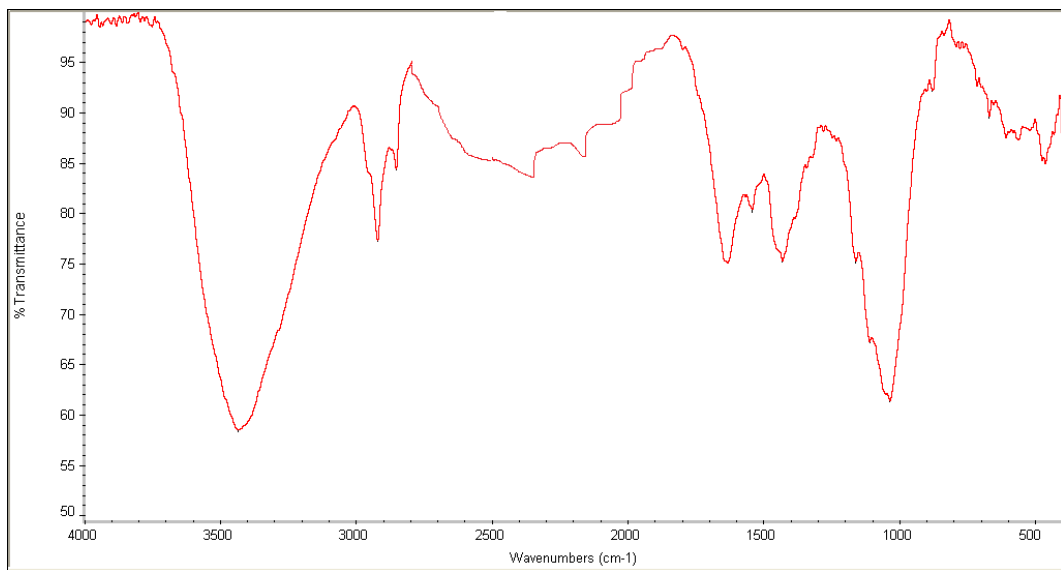


(ت)

ادامه شکل ۳- الف) ATR-FTIR پلیمر نایلون، ب) ATR-FTIR پلیمر پلی کربنات، پ) ATR-FTIR پلیمر پلی استر،  
ت) ATR-FTIR پلیمر پلی اورتان، ج) ATR-FTIR پلیمر پلی اتیلن و د) ATR-FTIR پلیمر پلی اتیلن ترفتالات



(ج)



(د)

ادامه شکل ۳- الف) ATR-FTIR پلیمر نایلون، ب) ATR-FTIR پلیمر پلی کربنات، پ) ATR-FTIR پلیمر پلی استر،  
ت) ATR-FTIR پلیمر پلی اورتان، ج) ATR-FTIR پلیمر پلی اتیلن و د) ATR-FTIR پلیمر پلی اتیلن ترفتالات

## بحث

– بررسی میکروپلاستیک بر اساس فراوانی

تجزیه و تحلیل فراوانی میکروپلاستیک‌ها نشان دهنده ۳۳۱ ذره با میانگین  $7/3 \pm 19/4$  ذره میکروپلاستیک در فرد و ۰/۱۱۸ ذره در گرم وزن بدن بود. Huang و همکاران (۲۷) گزارش کردند که ماهیان تالاب حرا Zhanjiang به میکروپلاستیک (فراوانی ۲/۸۳ مورد/فرد) آلوده شده بودند (۲۷). استراتژی تغذیه و فراوانی میکروپلاستیک‌ها عواملی هستند که بر بلع میکروپلاستیک توسط ماهی تأثیر می‌گذارند (۲۸). Huang و همکاران (۲۷) گزارش دادند که عادات تغذیه عوامل مهمی در بلع میکروپلاستیک هستند (۲۷)؛ در نتیجه، مصرف میکروپلاستیک ممکن است بسته به مکان و گونه متفاوت باشد. در مطالعه Agharokh و همکاران (۲۹) بر روی ماهیان خلیج فارس، فراوانی میکروپلاستیک‌ها ۰/۳۳ ذره در فرد بود. در مطالعه Yagi و همکاران (۳۰) شش گونه از هفت گونه ماهیان در ژاپن حاوی میکروپلاستیک بودند؛ به‌طور کلی، میکروپلاستیک در هر ۰/۳۶ مورد به ازای هر فرد بود. نتایج آن‌ها نشان داد که فراوانی میکروپلاستیک در زیستگاه مهم‌ترین عامل در بلع آن‌ها توسط ماهیان است. نتایج مطالعه Yagi و همکاران (۳۰) نشان داد که اکثر ماهی‌ها احتمالاً میکروپلاستیک را مستقیماً در طول فعالیت‌های تغذیه معمولی مصرف می‌کنند، میکروپلاستیک را با ماهی‌های کوچک و سخت‌پوستان اشتباه می‌گیرند یا به‌طور تصادفی آن را می‌بلعند (بلع اولیه). بلع ثانویه زمانی اتفاق می‌افتد که طعمه‌های مصرف‌شده توسط یک شکارچی خورده شود (۳۱). Kor و همکار (۳۲) گزارش کردند که در آب‌های خلیج چابهار و دریای عمان منابع مختلف آلودگی میکروپلاستیک، احتمالاً کشتی‌های تجاری، ماهیگیری و فعالیت‌های توریستی هستند. محققین بیان داشتند که برخی از گونه‌های ماهی ممکن است مستقیماً با میکروپلاستیک آلوده شوند (۳۳). طبق مطالعه Kor و همکاران (۳۴) بندر چابهار

دارای کشتی‌های باری متعدد، کشتی‌های بزرگ ماهیگیری، قایق‌های کوچک و کشتی‌های قدیمی شکسته شده است. فعالیت ماهیگیری در این منطقه زیاد بوده و تعداد زیادی انبار و آلاچیق برای قایق‌های ماهیگیری ساخته شده است. همچنین به دلیل فعالیت شبانه‌روزی صیادان، تورهای ماهیگیری باقیمانده و ظروف غذا وجود دارد. فعالیت‌های گردشگری و تفریحی نیز می‌تواند تا حدود زیادی عامل آلودگی دریای عمان در بخش خلیج چابهار باشند. در سال‌های اخیر، بندر سازی در منطقه، لایروبی و همچنین انتقال خاک از مناطق دیگر به بندر، میزان آلودگی میکروپلاستیک را افزایش داده است. Aliabad و همکاران (۳۵) بیان کردند، مقایسه مستقیم نتایج بین فراوانی نمونه‌های میکروپلاستیک جمع‌آوری‌شده با سایر نمونه‌های گزارش‌شده جهانی مشکل است که می‌تواند به دلیل روش‌های مختلف نمونه‌برداری، استخراج، آنالیز و استفاده از واحدهای گزارش‌دهی مختلف باشد. به‌طور کلی، فراوانی میکروپلاستیک در آب، رسوبات و طعمه آلوده به‌احتمال زیاد عوامل اصلی مؤثر بر وقوع میکروپلاستیک در ماهی هستند، اگرچه مطالعات بیشتری در مورد این موضوع مورد نیاز است.

به‌طور کلی، برخی از مطالعات گزارش کرده‌اند که امکان آلودگی ماهی توسط میکروپلاستیک ممکن است تحت تأثیر آلودگی خارجی در طی آنالیز تجربی باشد (۳۶). در واقع، Akoueson و همکاران (۳۶) پیشنهاد کردند که کاهش آلودگی محیط آزمایشگاه به صفر، حتی با رویکردهای تضمین کیفیت بالا، امکان پذیر نیست. از سوی دیگر، دریافت میکروپلاستیک توسط ماهی می‌تواند بسته به گونه، مکان، زمان نمونه‌برداری، زیستگاه و عادت تغذیه متفاوت باشد (۲۹). جنبه دیگری که در مطالعات میکروپلاستیک باید در نظر گرفت این است که برخی مطالعات KOH را به‌عنوان محلولی مناسب برای هضم بافت‌های ماهی گزارش کرده‌اند (۳۷، ۳۸)، اما مطالعات دیگر گزارش کرده‌اند که KOH می‌تواند برخی از پلیمرها مانند PET و PVC را

تجزیه کند؛ بنابراین، می‌تواند بر فراوانی میکروپلاستیک موجود در ماهی تأثیر بگذارد (۳۹).

– بررسی میکروپلاستیک بر اساس شکل

در این مطالعه، رشته (۶۴/۳۵ درصد) و قطعات (۲۸/۷ درصد) به‌عنوان اشکال غالب نمونه‌های جمع‌آوری شده یافت شدند. فیلم‌ها و ریزمهرها به ترتیب با فراوانی ۴/۲ درصد و ۲/۷ درصد از نمونه‌های جمع‌آوری شده را تشکیل دادند. شیوع نوع میکروپلاستیک الیاف نیز توسط برخی مطالعات دیگر گزارش شده است، مانند تحقیقات انجام شده در آب‌های خور یانگ تسه (۴۰)، دریای بالتیک (۴۱)، در رسوبات و سواحل (۳۴، ۴۲)، بافت ماهی و میگو (۴۳، ۴۴) و در نرم‌تنان قسمت شمالی خلیج فارس (۴۵). مطالعه Ghattavi و همکار (۴۶) نیز نشان‌دهنده غالب بودن اشکال فیبر و بعد از آن قطعه در ماهیان دریای عمان بود. اکثر ذرات میکروپلاستیک در ماهیان دریای عمان در مطالعه Naji و همکار (۴۷) رشته (۵۰ درصد) و قطعه (۲۸ درصد) و بعد از آن گلوله (۱۸ درصد) و فیلم (۱ درصد) بودند که از نظر اشکال رشته و قطعه با مطالعه حاضر همخوانی داشتند. مقایسه شکل ظاهری میکروپلاستیک‌ها در مطالعات انجام شده نشان از غالب بودن رشته، نسبت به دیگر اشکال یافت شده دارد که تقریباً در تمام مطالعات، این برتری از لحاظ آماری به شکل رشته است (۴۸-۵۰). تورها و طناب‌های ماهیگیری، فاضلاب خانگی و منسوجات ممکن است منبع اصلی رشته‌های بلعیده شده توسط ماهی باشند (۱۱، ۵۱). قطعات و فیلم‌ها نیز احتمالاً از تکه‌تکه شدن پلاستیک‌های بزرگ‌تر (مانند کیسه‌ها و بطری‌های پلاستیکی) و ریزدانه‌ها، مواد خام محصولات پلاستیکی (۵۲) به دست آمده‌اند که در ماهیان مورد بررسی یافت شدند. اشکال غالب در ماهیان خلیج فارس نیز در مطالعه Agharokh و همکاران (۲۹) فیبر بود. Yagi و همکاران، Markic و همکاران (۳۰، ۵۳) به ترتیب برای ماهیان نیوزلند و ژاپن دریافتند که همانند مطالعه حاضر

دارای مقادیر بالایی از میکروپلاستیک به شکل رشته هستند. مطالعه Taghizadeh و همکاران (۵۴) بر روی ماهی سفید در دریای خزر نیز نشان داد که شکل غالب میکروپلاستیک‌های شناسایی شده فیبر و به دنبال آن قطعات و ریزمهرها بودند. نتایج مشابهی نیز از غالبیت میکرو پلاستیک فیبر و قطعه در ماهیان خلیج گرگان گزارش شده است (۵۵). این نتایج نشان می‌دهند که مصرف انواع مختلف میکروپلاستیک ممکن است تا حد زیادی به گونه‌های ماهی و شرایط محیطی مربوطه بستگی داشته باشد.

Kor و همکاران (۳۴) فراوانی وجود میکروپلاستیک فیبر مانند را در خلیج چابهار به دلیل انتقال پسماندهای شهری توسط کانال آب بیان کردند. Phaksopa و همکاران (۵۶) گزارش کردند که فیبر (در اندازه‌های متفاوت) می‌تواند از تخلیه لباس‌های خانگی ساخته شده از مواد مصنوعی (پلی‌استر، پلی‌اتیلن، یا نایلون) یا قطعاتی از وسایل ماهیگیری (مانند طناب و تور) وارد سیستم‌های آبی شود. برخلاف مطالعه حاضر غالب‌ترین اشکال میکروپلاستیک‌هایی که در ماهی‌های پلاژیک و کفزی آب‌های ژاپن یافت شد به ترتیب فیلم و فیبر بودند (۳۰). Murray و همکاران (۵۷) فیبر را به‌عنوان شکل خطرناک میکروپلاستیک‌ها شناسایی کردند، زیرا می‌توانند جمع شده و گره بخورند و در نتیجه از هضم غذا جلوگیری کنند. شکل میکروپلاستیک‌ها به‌عنوان شاخصی برای درک منشأ آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. Aliabad و همکاران (۳۵) بیان کردند که در خلیج چابهار برخی از نمونه‌های میکروپلاستیک جمع‌آوری شده، تکه‌های رنگ بودند. این نوع پلیمرها به دلیل جذب آلاینده‌های آلی و همچنین وجود فلزات سنگین در ساختارهای شیمیایی آن‌ها، خطرناک هستند (۵۸).

نتایج مطالعه Napper و همکاران (۵۹) اولین موردی است که نشان می‌دهد مقادیر زیادی میکروپلاستیک می‌تواند از حمل طناب‌های ماهیگیری در محیط‌های دریایی تشکیل شود. برای

(۲۹) رنگ‌های غالب شامل مشکی، قرمز و آبی بود. در مطالعه حاضر نیز رنگ‌های غالب قرمز و مشکی بودند. Agharokh و همکاران (۲۹) گزارش کردند که میکروپلاستیک‌های رنگی احتمالاً از منابع انسانی مانند منسوجات مصنوعی (لباس و فرش از ساکنان ساحل) و تجزیه محصولات مصرفی نشأت گرفته‌اند. سایر مطالعات نشان دادند که رنگ‌های سفید و آبی (۳۴)، مشکی (۴۶)، آبی و سفید (۶۲) و سیاه یا خاکستری (۴۴) رایج‌ترین رنگ‌های میکروپلاستیک‌های شناسایی شده هستند. در واقع، رنگ‌های میکروپلاستیک را می‌توان برای ارزیابی اولیه منشأ و انواع ترکیبات شیمیایی میکروپلاستیک به کار برد (۵۲)؛ با این حال، رنگ‌ها می‌توانند با هوازدگی تغییر کنند (۶۳، ۶۴).

تنوع رنگ ذرات میکروپلاستیک را می‌توان به منشأ آن‌ها از منابع مختلف نسبت داد (۶۵). چندرنگ بودن ذرات میکروپلاستیک باعث افزایش میزان جذب آن‌ها توسط موجودات دریایی می‌شود. رنگ‌ها به دلیل ویژگی‌های مشابه بین پلاستیک و طعمه، شناسایی نادرست میکروپلاستیک به‌عنوان غذا توسط موجودات دریایی را افزایش می‌دهند. گزارش شده است که رنگ و بوی خاص در صورت شبیه بودن به طعمه می‌تواند شکارچیان را جذب کند (۶۶، ۶۷).

#### – بررسی میکروپلاستیک بر اساس اندازه

در مطالعه حاضر بررسی اندازه میکروپلاستیک‌ها نشان داد که بیشترین اندازه بین ۱-۰/۵ mm بود. Yagi و همکاران (۳۰) گزارش کردند که میانگین اندازه میکروپلاستیک‌ها برای ماهیان پلاژیک و کفزی در ژاپن به ترتیب ۳/۱۲ mm و ۱/۸۲ mm بوده است. آن‌ها بیان کردند که گونه‌های پلاژیک، میکروپلاستیک‌های بزرگ‌تری را نسبت به گونه‌های کفزی بلعیدند که به این معنی است که انواع زیستگاه‌های مختلف بر اندازه میکروپلاستیک بلعیده شده تأثیر می‌گذارند. موجودات زنده ممکن است میکروپلاستیک را به عنوان غذای خود به

بررسی نتایج، در فعالیت‌های ماهیگیری بسته به نوع کشتی و عمقی که ماهیگیری در آن انجام می‌شود، طول طناب مستقر می‌تواند تا ۲۲۰ m باشد. با فرض اینکه طناب متوسطی به طول ۵۰ m از یک قایق کشیده شود پیش‌بینی کردند، هر بار که طنابی با عمر حدود دو سال کشیده شود می‌تواند ۷۰۰ تا ۲۰۰۰ قطعه میکروپلاستیک آزاد کند، درحالی‌که طنابی با عمری بیش از دو سال، می‌تواند ۳۶۰۰ تا ۳۸۰۰۰ آزاد کند. در مجموع این امر می‌تواند منجر به ورود سالانه ۳۲۶ میلیون تا ۱۷ میلیارد قطعه میکروپلاستیک به اقیانوس شود. بنابراین نتایج نشان می‌دهد که بخش دریایی می‌تواند منبع مهمی از میکروپلاستیک برای محیط‌زیست دریایی باشد.

#### – بررسی میکروپلاستیک بر اساس رنگ

مطالعه صورت گرفته نشان داد که غالب‌ترین رنگ‌ها به ترتیب برای قرمز (۲۸/۷ درصد)، مشکی (۲۲/۰۵ درصد)، شفاف (۱۹/۶۳ درصد) و آبی (۱۲/۳۸ درصد) بودند که درصدی بالاتر از ۱۰ داشتند. رنگ‌های سبز (۶/۹۷ درصد)، قهوه‌ای (۵/۱۳ درصد)، صورتی (۳/۶۲ درصد) و بنفش (۱/۵۱ درصد) نیز با درصد کمتر از ۱۰ شناسایی شدند. برخلاف مطالعه حاضر در مطالعه Yagi و همکاران (۳۰) متداول‌ترین رنگ‌های میکروپلاستیک شناسایی شده شفاف، سفید و آبی بودند که ۷۰ درصد از میکروپلاستیک را برای ماهی‌های پلاژیک و کفزی در آب‌های ژاپن تشکیل می‌دادند. مکان‌های نمونه‌برداری با عوامل فیزیکی و بیولوژیکی موجود در آن‌ها ممکن است برای حل تنوع الگوهای توزیع رنگ در میکروپلاستیک‌ها کلیدی باشد. Phaksopa و همکاران (۵۶) نیز گزارش کردند که رنگ میکروپلاستیک‌ها و شباهت به غذا ممکن است در احتمال بلعیدن آن‌ها برای موجودات، به‌ویژه در ماهی‌های پلانکتون خوار نقش داشته باشد. مطالعات قبلی گزارش کرده‌اند که ماهی‌ها ممکن است به اشتباه به‌جای طعمه، مواد رنگی را مصرف کنند (۶۰، ۶۱). در مطالعه Agharokh و همکاران

اشتباه بخورند (۶۸). در مطالعه Agharokh و همکاران، میکروپلاستیک از نظر اندازه کوچکتر از ۲ mm بودند (۲۹). در مطالعه Taghizadeh و همکاران (۵۴) بر روی ماهی سفید در دریای خزر بیشترین اندازه میکروپلاستیکها کمتر از ۰/۵ mm بودند که با مطالعه حاضر همخوانی نداشت. مطالعات قبلی گزارش داده‌اند که جذب ذرات کوچکتر از ۰/۱۵ mm ممکن است در بافت‌های داخلی ماهی رخ دهد (۳۳، ۶۹). همچنین گزارش شده است که نانوذرات قادر به توزیع در بافت‌های داخلی مانند کبد و بیضه‌ها از طریق جریان خون و حتی عبور از سد خونی مغزی و تجمع در مغز ماهی هستند (۷۰). بنابراین، تشخیص ذرات کوچکتر از ۰/۱۵ mm در این مطالعه، نگرانی در مورد این آلاینده‌ها را در ماهی افزایش می‌دهد. با توجه به اینکه اندازه میکروپلاستیک بر فراهمی زیستی آبی آن‌ها و جذب آلودگی آلی در سطح میکروپلاستیک تأثیر می‌گذارد، توزیع اندازه در محیط‌های دریایی مهم است. مساحت سطح مؤثر ذرات با کاهش اندازه افزایش می‌یابد و در نتیجه جذب آلاینده‌های آلی در سطح آبریز میکروپلاستیک افزایش می‌یابد؛ در نتیجه باعث افزایش آلودگی اکوسیستم می‌شود (۳۵، ۷۱). به نظر می‌رسد که سمیت میکروپلاستیک به‌طور مستقیم به‌اندازه آن‌ها و همچنین ترکیبات سازنده آن‌ها بستگی دارد (۷۲). میکروپلاستیک‌های کوچکتر به‌راحتی در دسترس هستند تا توسط ارگانیسم‌های مختلف بلعیده شده، به‌عنوان عوامل استرس‌زا عمل کرده و به سیستم ایمنی آسیب برساند (۷۱، ۷۳).

– بررسی میکروپلاستیک بر اساس پلیمر

در مطالعه حاضر نتایج تجزیه و تحلیل ATR-FTIR نشان داد که بیشترین پلیمرهای شناسایی شده شامل نایلون و پلی کربنات هستند. برخلاف مطالعه حاضر، پلی‌اتیلن پلیمر غالب برای ماهیان دریایی و کفزی در ژاپن بود؛ دیگر پلیمرهای

شناسایی شده توسط ATR-FTIR متیل متاکریلات و پلی ایزوپرن بودند (۳۰). بیشترین نوع پلیمر یافت شده در مطالعه Agharokh و همکاران (۲۹)، پلی‌اتیلن و پروپیلن بود که با مطالعه حاضر همخوانی نداشت. تورهای ماهیگیری یکی از کاربردهای اصلی نایلون در محیط‌های دریایی است، زیرا این نایلون مستحکم است و در صورت قرار گرفتن طولانی مدت در معرض آب شور خراب نمی‌شود. شیوع نایلون به‌عنوان انواع اصلی میکروپلاستیک در محیط دریایی قبلاً گزارش شده است (۴۵، ۶۵، ۷۱). در مطالعه Naji و همکار (۴۷) برخلاف مطالعه حاضر بیشترین پلیمر مربوط به پلی‌اتیلن بود. به‌طور کلی، هشت پلیمر مختلف شامل سلفون، پلی استایرن، نایلون، رزین آلکیدی، پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلی‌اتیلن با چگالی بالا و پلی‌اتیلن ترفتالات توسط ATR-FTIR و Raman در مطالعه Rasta و همکاران (۴۸) شناسایی شدند که پلیمرهای پلی‌اتیلن و پلی پروپیلن پلیمرهای غالب در بافت ماهی بودند. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که منابع زیادی مانند ابزارهای ماهیگیری (مانند تورهای ماهیگیری و طناب)، محصولات مصرفی (مانند کیسه‌های سوپرمارکت، درب بطری و بسته‌بندی)، فعالیت‌های توریستی و فاضلاب لباسشویی می‌توانند مقادیر زیادی میکروپلاستیک را با انواع پلیمرهای مختلف در اکوسیستم آبی آزاد کنند (۷۴). بر اساس تجزیه و تحلیل Micro-Raman، پلی‌اتیلن، پلی‌اتیلن ترفتالات، پلی استایرن، پلی وینیل کلراید و پلی پروپیلن به‌عنوان پلیمرهای پلاستیکی تأیید شدند (۲۹). اکثر مطالعات، پلی‌اتیلن و پلی پروپیلن را به‌عنوان فراوان‌ترین انواع پلیمرهای موجود در میکروپلاستیک‌های دریایی گزارش کرده‌اند (۲۶، ۷۵). همان‌طور که توسط Pirc و همکاران (۷۶) تأیید شده است، شستشوی خانگی منسوجات و پوشاک منبع ثابت و گسترده‌ای از میکروالیاف پلاستیکی پلی‌اتیلن ترفتالات در محیط زیست است.



## نتیجه گیری

دولت‌ها و سازمان‌های محیط زیستی به منظور وضع قوانین یا تدوین دستورالعمل‌هایی برای کاهش استفاده از پلاستیک و جلوگیری از ورود این پسماندها به دریای عمان دارد. انجام مطالعات بیشتر بر روی گونه‌های ماهیان مهم تجاری در آب‌های دریای عمان توصیه می‌شود.

پسماندهای پلاستیکی موجود در محیط آبی چالشی بزرگ برای دانشمندان، محیط بانان و مدیران است. مشکلی که موجودات دریایی بزرگ با آن روبرو هستند، اما اطلاعات کافی در مورد میزان حضور میکروپلاستیک در موجودات دریایی دریای عمان وجود ندارد. همچنین انباشت پلاستیک‌ها تا حد زیادی به دلیل عدم آگاهی و آموزش لازم در خصوص حفاظت از محیط زیست در بین مردم بوده است که با مدیریت نادرست پسماندهای شهری تقویت شده است. در مطالعه حاضر تعداد کل ذرات میکروپلاستیک ۳۳۱ ذره بود که در تمام نمونه‌های ماهی ذرات میکروپلاستیک شناسایی شد. تعداد زیادی الیاف و قطعات در این بررسی شناسایی و اشکال دیگر فیلم‌ها و ریزمهره‌ها با فراوانی کمتر مشاهده شدند و ترکیب اصلی پلیمری که با تجزیه و تحلیل ATR-FTIR تأیید شده بود، نایلون بود. بیشترین اندازه در محدوده ۱-۰/۵ mm برای میکروپلاستیک‌ها شناسایی شد. طیف‌های رنگی غالب شناسایی شده به ترتیب مربوط به قرمز، مشکی، شفاف و آبی بودند. منطقه مورد مطالعه در مجموع، با توجه به اهمیت دریای عمان، نیاز مبرمی به تصمیم‌گیری توسط

## ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

## تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل (بخشی از) پایان‌نامه با عنوان "بررسی حضور میکروپلاستیک‌ها در دستگاه گوارش گونه هوور مسقطی (*Katsuwonus pelamis*) در خلیج چابهار" در مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار است، که با حمایت مادی شرکت شهرک‌های صنعتی استان سیستان و بلوچستان به انجام رسیده است.

## References

- Brooks WR, Rudd ME, Cheng SH, Silliman BR, Gill DA, Ahmadi GN, et al. Social and ecological outcomes of conservation interventions in tropical coastal marine ecosystems: a systematic map protocol. *Environmental Evidence*. 2020;9(1):9.
- Ansari T, Marr I, Tariq N. Heavy metals in marine pollution perspective-a mini review. *Journal of Applied Sciences*. 2004;4(1):1-20.
- Schmaltz E, Melvin EC, Diana Z, Gunady EF, Rittschof D, Somarelli JA, et al. Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. *Environment International*. 2020;144:106067.
- Almroth BC, Eggert H. Marine plastic pollution: sources, impacts, and policy issues. *Review of environmental Economics and Policy*. 2019.
- Ritchie H SV, Roser M, "Plastic Pollution" Published online at OurWorldInData.org. 2023 Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/plastic-pollution'.
- Lebreton L, Andrady A. Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*. 2019;5(1):1-11.
- Du H, Xie Y, Wang J. Environmental impacts of microplastics on fishery products: An overview. *Gondwana Research*. 2022;108:213-20.
- Patel AK, Bhagat C, Taki K, Kumar M. Microplastic vulnerability in the sediments of the Sabarmati river of India. *Resilience, Response, and Risk in Water Systems: Shifting Management and Natural Forcings Paradigms*. 2020:127-38.
- Eerkes-Medrano D TR, Occurrence, fate, and effect of microplastics in freshwater systems. *Microplastic contamination in aquatic environments: Elsevier*; 2018. p. 95-132.
- Collignon A, Hecq J-H, Galgani F, Collard F, Goffart A. Annual variation in neustonic micro- and meso-plastic particles and zooplankton in the Bay of Calvi (Mediterranean-Corsica). *Marine Pollution Bulletin*. 2014;79(1-2):293-8.
- Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*. 2011;62(12):2588-97.
- Wang W, Yuan W, Chen Y, Wang J. Microplastics in surface waters of dongting lake and hong lake, China. *Science of The Total Environment*. 2018;633:539-45.
- Jeong C-B, Won E-J, Kang H-M, Lee M-C, Hwang D-S, Hwang U-K, et al. Microplastic size-dependent toxicity, oxidative stress induction, and p-JNK and p-p38 activation in the monogonont rotifer (*Brachionus koreanus*). *Environmental Science and Technology*. 2016;50(16):8849-57.
- Avio CG, Gorbi S, Milan M, Benedetti M, Fattorini D, d'Errico G, et al. Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environmental Pollution*. 2015;198:211-22.
- Rhodes CJ. Plastic pollution and potential solutions. *Science Progress*. 2018;101(3):207-60.
- Karbalaei S, Golieskardi A, Hamzah HB, Abdulwahid S, Hanachi P, Walker TR, et al. Abundance and characteristics of microplastics in commercial marine fish from Malaysia. *Marine Pollution Bulletin*. 2019;148:5-15.
- Masura J BJ, Foster G, Arthur C, Laboratory methods for the analysis of microplastics in

- the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. 2015. Silver Spring, MD, NOAA Marine Debris Division, 31pp. (NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48).
18. Conkle JL, Báez Del Valle CD, Turner JW. Are we underestimating microplastic contamination in aquatic environments? *Environmental Management*. 2018;61(1):1-8.
19. Rist S, Almroth BC, Hartmann NB, Karlsson TM. A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics. *Science of The Total Environment*. 2018;626:720-6.
20. Collette BB NC, FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. 1983. FAO Fish. Synopsis, (125)Vol. 2: 137 p.
21. Miyake MP MN, Nakano H, Historical trends of tuna catches in the world. FAO Fisheries Technical Paper. No. 467. Rome, FAO. 2004. 74p.
22. Akhter N PS, Baseline Study of Microplastics in the Gastrointestinal Tract of Commercial Species Inhabiting in the Coastal Waters of Karachi, Sindh, Pakistan. *Frontiers in Marine Science*. 2022. 9:855386.
23. Bashir A, Hashmi I. Detection in influx sources and estimation of microplastics abundance in surface waters of Rawal Lake, Pakistan. *Heliyon*. 2022;8(3):e09166.
24. Lusher A HP, Mendoza-Hill J, Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 615. 2017. 126pp+xvii.
25. Thiele CJ, Hudson MD, Russell AE. Evaluation of existing methods to extract microplastics from bivalve tissue: Adapted KOH digestion protocol improves filtration at single-digit pore size. *Marine Pollution Bulletin*. 2019;142:384-93.
26. Hidalgo-Ruz V, Gutow L, Thompson RC, Thiel M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Technology*. 2012;46(6):3060-75.
27. Huang J-S, Koongolla JB, Li H-X, Lin L, Pan Y-F, Liu S, et al. Microplastic accumulation in fish from Zhanjiang mangrove wetland, South China. *Science of The Total Environment*. 2020;708:134839.
28. Battaglia F, Beckingham B, McFee W. First report from North America of microplastics in the gastrointestinal tract of stranded bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Marine Pollution Bulletin*. 2020;160:111677.
29. Agharokh A, S. Taleshi M, Bibak M, Rasta M, Torabi Jafroudi H, Rubio Armesto B. Assessing the relationship between the abundance of microplastics in sediments, surface waters, and fish in the Iran southern shores. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022:1-13.
30. Yagi M, Kobayashi T, Maruyama Y, Hoshina S, Masumi S, Aizawa I, et al. Microplastic pollution of commercial fishes from coastal and offshore waters in southwestern Japan. *Marine Pollution Bulletin*. 2022;174:113304.
31. Nelms SE, Galloway TS, Godley BJ, Jarvis DS, Lindeque PK. Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental*

- Pollution. 2018;238:999-1007.
32. Kor K, Mehdiinia A. Neustonic microplastic pollution in the Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*. 2020;150:110665.
  33. Barboza LGA, Lopes C, Oliveira P, Bessa F, Otero V, Henriques B, et al. Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Science of The Total Environment*. 2020;717:134625.
  34. Kor K, Ghazilou A, Ershadifar H. Microplastic pollution in the littoral sediments of the northern part of the Oman Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 2020;155:111166.
  35. Aliabad MK, Nassiri M, Kor K. Microplastics in the surface seawaters of Chabahar Bay, Gulf of Oman (Makran coasts). *Marine Pollution Bulletin*. 2019;143:125-33.
  36. Akoueson F, Sheldon LM, Danopoulos E, Morris S, Hotten J, Chapman E, et al. A preliminary analysis of microplastics in edible versus non-edible tissues from seafood samples. *Environmental Pollution*. 2020;263:114452.
  37. Dehaut A, Cassone A-L, Frère L, Hermabessiere L, Himber C, Rinnert E, et al. Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution*. 2016;215:223-33.
  38. Karami A, Golieskardi A, Choo CK, Romano N, Ho YB, Salamatinia B. A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish. *Science of The Total Environment*. 2017;578:485-94.
  39. Pfeiffer F, Fischer EK. Various digestion protocols within microplastic sample processing—evaluating the resistance of different synthetic polymers and the efficiency of biogenic organic matter destruction. *Frontiers in Environmental Science*. 2020;8:572424.
  40. Zhao S, Zhu L, Wang T, Li D. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: first observations on occurrence, distribution. *Marine Pollution Bulletin*. 2014;86(1-2):562-8.
  41. Gewert B, Ogonowski M, Barth A, MacLeod M. Abundance and composition of near surface microplastics and plastic debris in the Stockholm Archipelago, Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 2017;120(1-2):292-302.
  42. Akhbarizadeh R, Moore F, Keshavarzi B. Investigating a probable relationship between microplastics and potentially toxic elements in fish muscles from northeast of Persian Gulf. *Environmental Pollution*. 2018;232:154-63.
  43. Masoudi E, Hedayati A, Bagheri T, Salati A, Safari R, Gholizadeh M, et al. Microplastic contamination in fishes of Gharasoo River basin, Golestan Province. *Aquaculture Sciences*. 2022;9(2):108-15.
  44. Abbasi S, Soltani N, Keshavarzi B, Moore F, Turner A, Hassanaghahi M. Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa Estuary, Persian Gulf. *Chemosphere*. 2018;205:80-7.
  45. Naji A, Nuri M, Vethaak AD. Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environmental Pollution*. 2018;235:113-20.
  46. Ghattavi K, Naji A. Assessment of microplastics in the gastrointestinal tract of some fish caught for

- human consumption in Bandar Abbas, the Persian Gulf. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2019;12(3).. (in Persian)
47. Naji A KS, Study of Micro-plastic contamination in five species of prevailing fishes of Chabahar Bay,(Sistan and Baluchestan Province). *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 2019. pp.113-123. (in Persian)
48. Rasta M, Sattari M, Taleshi MS, Namin JI. Microplastics in different tissues of some commercially important fish species from Anzali Wetland in the Southwest Caspian Sea, Northern Iran. *Marine Pollution Bulletin*. 2021;169:112479.
49. Neves D, Sobral P, Ferreira JL, Pereira T. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*. 2015;101(1):119-26.
50. Lusher AL, Mchugh M, Thompson RC. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*. 2013;67(1-2):94-9.
51. Browne MA, Crump P, Niven SJ, Teuten E, Tonkin A, Galloway T, et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science and Technology*. 2011;45(21):9175-9.
52. da Costa JP PA, Santos PS, Duarte AC, Rocha-Santos T. Microplastics in soils: assessment, analytics and risks. *Environmental Chemistry*. 2018;16(1):18-30.
53. Markic A, Niemand C, Bridson JH, Mazouni-Gaertner N, Gaertner J-C, Eriksen M, et al. Double trouble in the South Pacific subtropical gyre: Increased plastic ingestion by fish in the oceanic accumulation zone. *Marine Pollution Bulletin*. 2018;136:547-64.
54. Taghizadeh Rahmat Abadi Z, Abtahi B, Grossart H-P, Khodabandeh S. Microplastic content of Kutum fish, *Rutilus frisii kutum* in the southern Caspian Sea. *Science of The Total Environment*. 2021;752:141542.
55. Bagheri T, Gholizadeh M, Abarghouei S, Zakeri M, Hedayati A, Rabaniha M, et al. Microplastics distribution, abundance and composition in sediment, fishes and benthic organisms of the Gorgan Bay, Caspian sea. *Chemosphere*. 2020;257:127201.
56. Phaksopa J, Sukhsangchan R, Keawsang R, Tanapivattanakul K, Thamrongnawasawat T, Worachananant S, et al. Presence and characterization of microplastics in coastal fish around the eastern coast of Thailand. *Sustainability*. 2021;13(23):13110.
57. Murray F, Cowie PR. Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Marine Pollution Bulletin*. 2011;62(6):1207-17.
58. Amara I, Miled W, Slama RB, Ladhari N. Antifouling processes and toxicity effects of antifouling paints on marine environment. A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2018;57:115-30.
59. Napper IE, Wright LS, Barrett AC, Parker-Jurd FN, Thompson RC. Potential microplastic release from the maritime industry: Abrasion of rope. *Science of The Total Environment*. 2022;804:150155.
60. Wright SL, Thompson RC, Galloway TS. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution*.

- 2013;178:483-92.
61. de Sá LC, Luís LG, Guilhermino L. Effects of microplastics on juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*): confusion with prey, reduction of the predatory performance and efficiency, and possible influence of developmental conditions. *Environmental Pollution*. 2015;196:359-62.
62. Castillo AB, Al-Maslamani I, Obbard JP. Prevalence of microplastics in the marine waters of Qatar. *Marine Pollution Bulletin*. 2016;111(1-2):260-7.
63. Eriksen M, Maximenko N, Thiel M, Cummins A, Lattin G, Wilson S, et al. Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*. 2013;68(1-2):71-6.
64. Stolte A, Forster S, Gerdtz G, Schubert H. Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Marine Pollution Bulletin*. 2015;99(1-2):216-29.
65. Sathish N, Jeyasanta KI, Patterson J. Abundance, characteristics and surface degradation features of microplastics in beach sediments of five coastal areas in Tamil Nadu, India. *Marine Pollution Bulletin*. 2019;142:112-8.
66. Kühn S, Bravo Rebolledo EL, Van Franeker JA. Deleterious effects of litter on marine life. *Marine Anthropogenic Litter*. 2015:75-116.
67. Procter J, Hopkins FE, Fileman ES, Lindeque PK. Smells good enough to eat: Dimethyl sulfide (DMS) enhances copepod ingestion of microplastics. *Marine Pollution Bulletin*. 2019;138:1-6.
68. Ory NC, Sobral P, Ferreira JL, Thiel M. Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre. *Science of The Total Environment*. 2017;586:430-7.
69. Panel EC. Statement on the presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal* 2016; 14 (6): 4501, 30 pp. 2016.
70. Mattsson K, Johnson EV, Malmendal A, Linse S, Hansson L-A, Cedervall T. Brain damage and behavioural disorders in fish induced by plastic nanoparticles delivered through the food chain. *Scientific Reports*. 2017;7(1):11452.
71. Klein S, Worch E, Knepper TP. Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-Main area in Germany. *Environmental Science and Technology*. 2015;49(10):6070-6.
72. Lei L, Wu S, Lu S, Liu M, Song Y, Fu Z, et al. Microplastic particles cause intestinal damage and other adverse effects in zebrafish *Danio rerio* and nematode *Caenorhabditis elegans*. *Science of The Total Environment*. 2018;619:1-8.
73. Auta HS, Emenike C, Fauziah SH. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*. 2017;102:165-76.
74. Feng S, Lu H, Tian P, Xue Y, Lu J, Tang M, et al. Analysis of microplastics in a remote region of the Tibetan Plateau: Implications for natural environmental response to human activities. *Science of The Total Environment*. 2020;739:140087.
75. Pan Z, Guo H, Chen H, Wang S, Sun X, Zou Q, et al. Microplastics in the Northwestern Pacific: Abundance, distribution, and characteristics.

Science of The Total Environment. 2019;650:1913-22.

76. Pirc U, Vidmar M, Mozer A, Kržan A. Emissions of microplastic fibers from microfiber fleece during domestic washing. Environmental Science and Pollution Research. 2016;23:22206-11.



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Presence of microplastics in the digestive tract of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in Chabahar Bay

Lieli Amirkia, Arash Shakouri\*

Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Maritime and Marine Sciences University, Chabahar, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 22 October 2023  
**Revised:** 06 January 2024  
**Accepted:** 10 January 2024  
**Published:** 05 March 2024

**Keywords:** Microplastics, Skipjack, *Katsuwonus pelamis*, Oman sea

**\*Corresponding Author:**  
aarash220@yahoo.com

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Microplastic pollution due to its small size can be used by a wide range of marine organisms and accumulate mainly in their digestive system, as they have been found in the tissues of aquatic animals, including fish. Due to the nutritional importance of fish for humans, it is very important to check their contamination. The main purpose of this research is to investigate the presence of microplastics in skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Oman Sea.

**Materials and Methods:** 17 pieces of skipjack tuna were used. After the biometry, dissection and isolation of the digestive system of the fish, the digestion and extraction of microplastics were done using KOH solution. Identification and counting were also done by a stereomicroscope equipped with a digital camera. FTIR spectrophotometric analyses were performed to investigate the polymers.

**Results:** The total frequency and average frequency of microplastics are 331 particles and  $19.4 \pm 7.3$  particles per individual, respectively. String (64.35%) and pieces (28.7%) were the dominant forms in the samples. The highest color spectrum was assigned to red (28.7%) and the lowest to violet (1.51%). The largest number of identified microplastics had a size of 0.5-1 mm (53%). Analysis of particles by ATR-FTIR method showed that nylon polymer and polycarbonate were the dominant polymer particles.

**Conclusion:** Microplastics are present in all samples. The abundance of microplastics in water, sediments and contaminated bait makes them easily available and swallowed by fish, which is most likely the main reason for the presence of microplastics in fish.

Please cite this article as: Amirkia L, Shakouri A. Presence of microplastics in the digestive tract of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in Chabahar Bay. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2024;16(4):629-52.

