# آلودگی میکروپلاستیک در ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) سواحل جنوبی دریای خزر


- **محمد ذاکری**: گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
- **آرش اکبرزاده***: گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
- **ابوالفضل ناجی**: گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران


تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۷

## چکیده

**میکروپلاستیک در زیستگاه‌های دریایی در سراسر جهان وجود دارد و مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که این ماده می‌تواند توسط ماهیان بلعیده شده و از طریق مصرف ماهی به انسان نیز منتقل گردد. با این‌حال داده‌های مربوط به فراوانی آن در دریاچه‌ها محدود است. هدف از این مطالعه بررسی میزان تجمع میکروپلاستیک بر روی ماهی سفید به‌عنوان یک خوراک دریایی است. این مطالعه بر روی ۵۱ قطعه ماهی سفید جمع‌آوری شده در فصل صید و در ماه‌های اسفند تا فروردین سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶ در شش ایستگاه (گمیشان، بابلسر، محمودآباد، تنکابن، چمخاله، بندرانزلی) در سواحل جنوبی دریای خزر انجام شد. نتایج نشان داد که در دستگاه گوارش ۶۶/۶٪ از ماهیان مورد مطالعه، میکروپلاستیک وجود داشت. به‌طور میانگین هر ماهی تعداد۱/۴۷ قطعه میکروپلاستیک بلعیده بود که بیش‌ترین میزان این میکروپلاستیک‌ها را الیاف(با ۳۸/۷۵٪)، سپس فرگمنت‌ها (۳۱/۴۲٪)، فیلم‌ها (۳۰٪) و دانه‌ها (با ۱۱/۴۲٪) به‌خود اختصاص دادند. این داده‌ها نشان می‌دهد که آلودگی میکروپلاستیک در ماهی سفید دریای خزر به‌میزان قابل توجهی وجود دارد. مصرف این ماهی ممکن است میکروپلاستیک را به انسان انتقال دهد. نتایج این تحقیق با گزارش‌هایی از سایر نقاط جهان مقایسه گردید که نشان می‌دهد که باید مطالعه بیش‌تری در دریای خزر انجام پذیرد.**

**کلمات کلیدی:** آلودگی میکروپلاستیک، خوراک دریایی، ماهی سفید، دریای خزر



* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Ajahani@ut.ac.ir

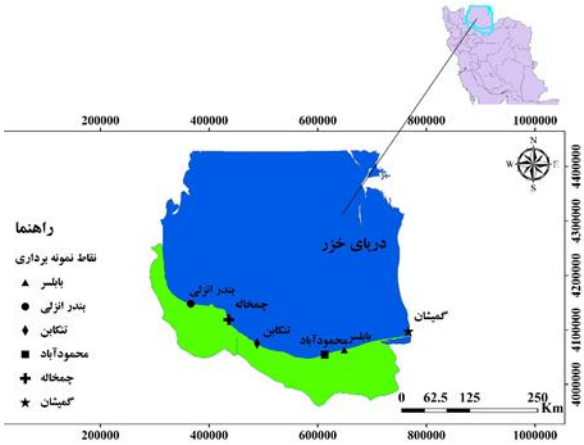
## مقدمه

در اوایل سال ۱۹۷۰، اولین گزارش‌ها از تخلیه پلاستیک‌ها در اقیانوس‌ها از طرف مجامع علمی، توجهات کمی را به‌خود جلب کردند (Fowler، ۱۹۸۷؛ Colton و Knapp، ۱۹۷۴). در سال ۲۰۱۲، ۲۸۰ میلیون تن پلاستیک در اطراف جهان تولید شد و در بسیاری از کاربردهای داخلی و صنعتی از آن استفاده می‌شود (Rochman و همکاران، ۲۰۱۳). مدارکی وجود دارد که تجمع ذرات پلاستیکی را در محیط‌زیست دریایی نشان می‌دهد و آن‌ها را تهدیدی برای اکوسیستم‌های دریایی مطرح می‌کند و خطر بالقوه‌ای برای سلامت انسان و محیط‌زیست دارد (Ivar do Sul و Costa، ۲۰۱۴؛ Oosterhuis و همکاران، ۲۰۱۴؛ Moore، ۲۰۰۸؛ Thompson و همکاران، ۲۰۰۴). آلودگی پلاستیکی در اقیانوس‌ها به‌عنوان یک پدیده جهانی به رسمیت شناخته شده است و نزدیک به ۳۳۰ میلیون تن از این زباله‌ها در سطح دریا، بستر دریا، خطوط ساحلی و هم‌چنین در مناطق قطبی به سمت استوا وجود دارند (Avio و همکاران، ۲۰۱۵). شایع‌ترین زباله دریایی، مواد پلاستیکی هستند که حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد آن را شامل می‌شوند (Gregory و Ryan، ۱۹۹۷). به پلیمرهای آلی مصنوعی که از مونومر استخراج‌شده از نفت یا گاز به‌دست آمده‌اند پلاستیک گفته می‌شود (Thompson و همکاران، ۲۰۰۹؛ Rios و همکاران، ۲۰۰۷؛ Derraik و همکاران، ۲۰۰۲). از زمان توسعه اولین پلاستیک مدرن توسط بیک‌لایت، در سال ۱۹۰۷، بسیاری از روش‌های ساخت پلاستیک به‌صورت ارزان‌قیمت بهینه‌سازی شده‌اند و درنتیجه منجر به تولید انبوه مجموعه‌هایی از پلاستیک سبک‌وزن، بادوام و مقاوم در برابر خوردگی شده‌اند (Cole و همکاران، ۲۰۱۱). ذرات کوچک، جامد، نامحلول در آب و پایدار کوچک‌تر از ۵ میلی‌متر و هم‌چنین در محدوده ذرات نانو (≥۹۹۹ نانومتر) را میکرو پلاستیک می‌نامند که الیاف و گرانول‌ها نیز جزو این دسته‌اند (GESAMP، ۲۰۱۵؛ MSFD Technical Subgroup on Marine Litter، ۲۰۱۳؛ Arthur و همکاران، ۲۰۰۹؛ Ryan و همکاران، ۲۰۰۹). میکروپلاستیک در سراسر جهان و در هر زیستگاه دریایی از جمله ساحل، ستون آب، رسوبات دریاهای عمیق، یخ‌های قطب شمال (Obbard و همکاران، ۲۰۱۴؛ Claessens و همکاران، ۲۰۱۳؛ Van Cauwenberghe و همکاران، ۲۰۱۳؛ Liebezeit و Dubaish، ۲۰۱۲؛ Browne و همکاران، ۲۰۱۱؛ Cole و همکاران، ۲۰۱۱؛ Van Franeker و همکاران، ۲۰۱۱؛ Barnes و همکاران، ۲۰۰۹)، اخیراً در آب‌های شیرین (Driedger و همکاران، ۲۰۱۵؛ Wagner و همکاران، ۲۰۱۴؛ Eriksen و همکاران، ۲۰۱۳) و در مواد غذایی و نوشیدنی مصرفی انسان نیز تشخیص داده شده است (Peters و همکاران، ۲۰۱۵). میکروپلاستیک‌ها ممکن است به دریاها و اقیانوس‌ها از طریق رودخانه‌ها، تخلیه فاضلاب، رانش زمین یا از طریق کشتی‌ها در دریا، نشت پیش‌پلت‌های تولید پلاستیک، پودر و یا توسط هوازدگی و قطعه‌قطعه شدن به محیط آبی وارد شوند (GESAMP، ۲۰۱۵؛ Andrady، ۲۰۱۱؛ Barnes و همکاران، ۲۰۰۹؛ Gregory و Andrady، ۲۰۰۳). حضور میکروپلاستیک در اقیانوس‌ها بسیار نگران‌کننده است به‌علت دوام و پایداری آن در محیط، فراگیر بودن و این‌که یک پتانسیل بالقوه برای انتقال آلاینده‌های دیگر در چرخه زیستی محسوب می‌شوند (Neves و همکاران، ۲۰۱۵). پس از مصرف میکروپلاستیک‌ها، آن‌ها می‌توانند ۱: از دستگاه گوارش عبور کرده و سرانجام دفع شوند. ۲: در دستگاه گوارش باقی‌مانده و سبب خراشیدگی و آسیب آن شوند. ۳: در غلظت‌های بالا، میکروپلاستیک‌ها می‌توانند وارد سیستم گردش خون شود. ۴: الیاف مصنوعی می‌توانند باعث انسداد اندام‌ها و جلوگیری از تغذیه موجود شوند (Avio و همکاران، ۲۰۱۵). چنین مواد افزودنی و مونومرها، ممکن است بر فرآیندهای بیولوژیکی مهم اثرگذارند و سبب اختلال غدد درون‌ریز گردند که به‌نوبه خود می‌توانند بر تحرک، تولیدمثل و رشد و ایجاد سرطان تأثیر بگذارند (Lithner و همکاران، ۲۰۱۱). دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه در جهان است که مساحت کل آن ۴۳۶ هزار کیلومترمربع است (Jafarzadeh و Farhang، ۲۰۰۶). آب تمامی نواحی و حوضه‌های آب‌ریز دریای خزر پس از مشروب نمودن اراضی کشاورزی و عبور از مناطق مسکونی و صنعتی وارد دریا شده و بدین‌ترتیب مقادیر عظیمی از پساب‌ها و ضایعات وارده به آب‌های جاری این منطقه سرانجام به دریای خزر وارد می‌شوند (Krdvany، ۱۹۹۵). سالانه بیش‌تر از ۱۲هزار تن از انواع ماهیان استخوانی در سواحل جنوبی دریای خزر صید می‌شوند که ماهی سفید نیمی از این صید را دربر می‌گیرد (غنی‌نژاد و همکاران، ۱۳۷۹). ماهی سفید ارزشمندترین ماهی استخوانی دریای خزر است. این ماهی عمدتاً در سواحل جنوبی دریای خزر از کورا تا گمیشان وجود داشته و ۹۰ درصد ذخایر آن بومی آب‌های داخلی ایران است (رضوی، ۱۳۷۴). درک این مورد مهم است که هر محیطی به میکروپلاستیک آلوده است، چراکه در معرض خطرات بالقوه این آلاینده قرار گرفته‌اند (Setälä و همکاران، ۲۰۱۴؛ Farrell و Nelson، ۲۰۱۳). این آلودگی عوارض جانبی بر روی اکوسیستم و سلامت وارد می‌آورد (GESAMP، ۲۰۱۵؛ Tanaka و همکاران، ۲۰۱۳؛ Wright و همکاران، ۲۰۱۳). نگرانی عمومی که در مورد خطرات احتمالی میکروپلاستیک‌ها وجود دارد این است که، توسط موجودات بلع شده، وارد زنجیره غذایی شود و درنهایت به انسان منتقل شود (Neves و همکاران، ۲۰۱۵). برخلاف اکوسیستم‌های دریایی، اطلاعات کمی در مورد آلودگی میکروپلاستیک‌ها در دریاچه‌ها وجود دارد. تاکنون هیچ اطلاعاتی در مورد آلودگی میکروپلاستیک‌ها در موجودات ساکن آب‌های لب‌شور از جمله در ماهیان موجود نیست. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی

میزان بروز میکروپلاستیک در ماهی سفید دریای خزر طراحی شده است که برای اولین‌بار این مطالعه در این دریاچه انجام می‌پذیرد.

## مواد و روش‌ها

ماهیان سفید از ۶ ایستگاه مختلف (گمیشان، بابلسر، محمودآباد، تنکابن، چمخاله، بندرانزلی) از آب‌های ساحلی دریای خزر از صید با تورهای پره ساحلی به‌دست آمدند (شکل ۱). از قدیمی‌ترین روش‌های صیدفعال در جهان به‌منظور صید گونه‌های نواحی گرمسیری و معتدله صید با تورهای پره ساحلی (Beach seines) است (McClanahan و Mangi، ۲۰۰۴؛ Gray و همکاران، ۲۰۰۱؛ Lamberth و همکاران، ۱۹۹۵). پلیمر مورد استفاده در ساخت تور ماهیگیری مورد بررسی قرار گرفت تا اطمینان حاصل شود که قطعه‌های الیاف تور ماهیگیری یک منبع بالقوه‌ای از مواد پلاستیکی موجود در ماهی نیستند. نمونه‌ها در طول فصل صید دی و بهمن ۱۳۹۵به‌دست آمد. از هر ایستگاه ۸ الی ۹ ماهی برای انجام این تحقیق جمع‌آوری شد. ماهیان کم‌تر از ۲ ساعت بعد از صید فریز شدند و قبل از انجام آزمایش عمل یخزدایی در دمای اتاق انجام گرفت. زیست‌سنجی (طول کل (سانتی‌متر)، طول چنگالی (سانتی‌متر)، وزن (گرم) (جدول ۱) برای هر ماهی به‌صورت جداگانه انجام شد. دستگاه گوارش هر ماهی به‌طور جداگانه، از بالای مری خارج و در انتها، در مخرج بریده و بلافاصله در کیسه‌های زیپ‌دار پلاستیکی قرار گرفت و تا ۳ ساعت قبل از انتقال به ظروف پتری برای دیدن با میکروسکوپ آزمایشگاهی نگه‌داری شد. تمام‌وسایل و تجهیزات مورد استفاده قبل از انجام آزمایش در زیر میکروسکوپ برای بررسی عدم آلودگی مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌های تر را قبل از خشک کردن وزن کرده، سپس نمونه‌ها را در ظروف شیشه‌ای که از قبل تمیز شده بودند قرار گرفتند. این ظروف را در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت قرار داده و پس از خشک کردن نمونه‌ها، دوباره وزن خشک اندازه‌گیری شد. برای فرآیند هضم از KOH (w/v ۱۰٪) استفاده کرده و به همه اندام‌ها و بافت‌ها اضافه شد. محصول حاصل را در ظروف شیشه‌ای قرار داده و در آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت قرار داده تا فرآیند هضم کامل شود. پس از حل شدن کامل امعا و احشاء، به‌وسیله کاغذ صافی فیلتر شد. کاغذ صافی به محلول سدیم یدید NaI (M ۴/۴) انتقال و سپس در معرض سونیکیت و تکان‌های شدید قرار داده شد. کاغذ صافی دوباره در محلول NaI شناورسازی شد و مجدداً در معرض سونیکیت و تکان‌های شدید قرار گرفت. سپس محلول NaI را سانتریفیوژ و دوباره فیلتر کرده وزیر میکروسکوپ مشاهده بصری و ثبت به‌انجام رسید. روش استخراج مورد استفاده برای ماهی توسط Karimi و همکاران (۲۰۱۶) توسعه داده شده است.



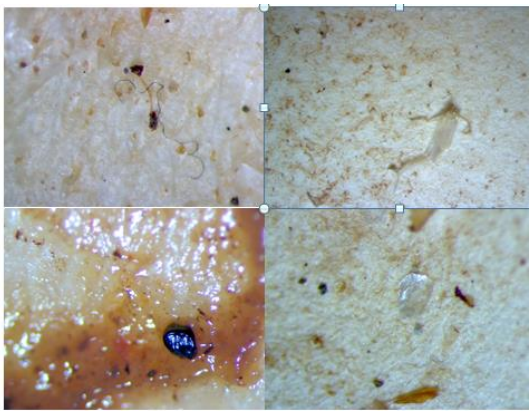

**شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری ماهی سفید (گمیشان، بابلسر، محمودآباد، تنکابن، چمخاله، بندرانزلی)**

**جدول ۱: زیست‌سنجی ماهی سفید در ایستگاه‌های مختلف**

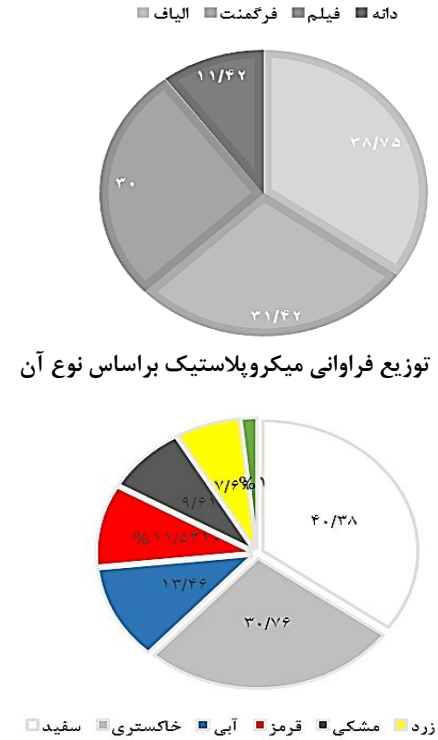
| ایستگاه | وزن (گرم) | طول فورک (سانتی‌متر) |
|---|---|---|
| گمیشان | ۷۸۷/۴۶±۸۲/۸۹ | ۴۱/۵۸±۱/۹۵ |
| بابلسر | ۷۵۵/۶۲±۷۵/۰۹ | ۳۹/۳۲±۱/۰۲ |
| محمودآباد | ۷۶۶/۲۵±۸۸/۹۵ | ۴۰/۵۸±۱/۸۶ |
| تنکابن | ۷۶۰/۷۵±۸۰/۴۵ | ۴۰/۳۵±۱/۶۲ |
| چمخاله | ۶۵۸/۶۵±۹۲/۶۲ | ۳۸/۵۸±۱/۸۶ |
| بندرانزلی | ۷۱۰/۷۰±۶۰/۲۵ | ۳۹/۴۸±۱/۷۸ |

## نتایج

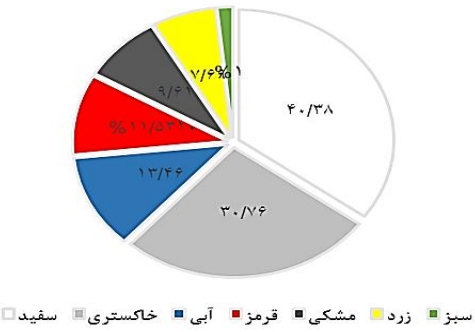
از ۵۱ ماهی مورد بررسی، ۳۴ مورد دارای پلیمر مصنوعی (۶۶/۶۶٪) بوده است، که در مجموع ۷۵ قطعه پلاستیک از شکم این ماهیان به‌دست آمد. هیچ‌کدام از قطعات به‌دست‌آمده از این آزمایش هیچ‌طیفی از قطعات دستکش، تور ماهیگیری و کیسه استفاده شده برای نگه‌داری ماهی وجود نداشت. پلاستیک جذب شده به‌طور عمده شامل الیاف (۳۸/۷۵٪)، سپس فرگمنت‌ها (۳۱/۴۲٪)، فیلم (۳۰٪) و در آخر هم دانه‌ها با (۱۱/۴۲٪) بود (شکل ۲). اندازه (طول در طویل‌ترین نقطه) پلاستیک از اندازه‌های ۰/۰۵ میلی‌متر تا ۲۴/۵ میلی‌متر بود رنگ انواع مختلف پلاستیک‌ها به‌ترتیب سفید (۴۰/۳۸٪)، خاکستری (۳۰/۷۶٪)، آبی (۱۳/۴۶٪)، قرمز (۱۱/۵۳٪) سپس مشکی (۹/۶۱٪)، زرد (۷/۶۹٪) و در انتها هم سبز با (۱/۹۲٪) بود (شکل ۳). اندازه بعضی از میکروپلاستیک‌های مشاهده شده در زیر میکروسکوپ در شکل ۵ موجود است.



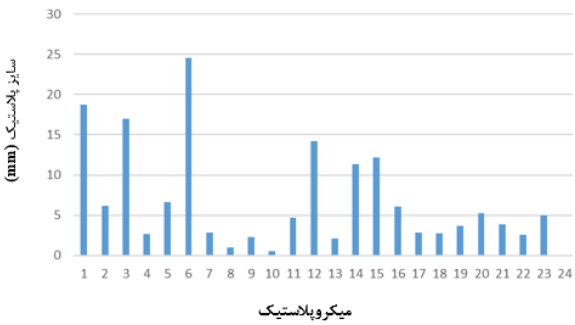
**شکل۲: عکس‌های میکروپلاستیک**
**(بالا: راست (الیاف)، چپ (فرگمنت) و پایین: راست (دانه)، چپ (فیلم)**




**شکل۳: توزیع فراوانی میکروپلاستیک براساس نوع آن**




**شکل۴: توزیع میکروپلاستیک براساس رنگ**




**شکل ۵: نمودار اندازه بعضی از میکروپلاستیک‌ها (میلی‌متر)**

## بحث

مصرف میکروپلاست‌ها توسط گونه‌های مختلف ماهی به‌خوبی از ابتدای دهه جاری مستند شده است (Lusher و همکاران، ۲۰۱۳؛ Davison و Asch، ۲۰۱۱؛ Boerger و همکاران، ۲۰۱۰) و مقالات در این زمینه به‌طور پیوسته در حال افزایش است. نسبت تعداد ماهی به مصرف پلیمرهای مصنوعی (۶۶/۶۶٪) است که به‌طور متوسط ۱/۴۷ ذره در هر ماهی است. به‌طور کل ۷۵ قطعه پلاستیک به‌دست آمد. در تحقیقات دیگری نیز به تعداد مشابه در ماهیان یافت شده است. مانند: ۱۵۷ قطعه (Bessa و همکاران، ۲۰۱۸)، ۱۳۳۷قطعه (Olgaç Güven و همکاران، ۲۰۱۷)، ۵۰۴ قطعه(Lusher و همکاران،۲۰۱۳)، ۲۶۳ قطعه (Neves و همکاران، ۲۰۱۵)، ۲۱۲ قطعه (Bellas و همکاران، ۲۰۱۶)، ۲۹۰قطعه(Rummel و همکاران، ۲۰۱۶)، ۶۴ قطعه(Bråte و همکاران، ۲۰۱۶) به‌دست آمده است. Claessens و همکاران (۲۰۱۳) شش گونه از ماهیان در سواحل خلیج تگزاس را بررسی کردند که مقدار میکروپلاستیک‌های موجود در بدن این ماهیان را ۴۲درصد و ۱/۹۳ ذره در هر ماهی برآورد کردند. نتایج مطالعات دریایی مشابهی گزارش شده است که فراوانی مصرف خوراکی بین ۲/۶ تا ۶۸٪ و ذرات در هر فرد بین ۰ تا ۰/۲۵±۳/۷۵ گزارش شده است، بنابراین نتایج این مطالعه در محدوده نتایج این محققان قرار می‌گیرد (Bellas و همکاران، ۲۰۱۶؛ Nadal و همکاران، ۲۰۱۶؛ Neves و همکاران، ۲۰۱۵؛ Romeo و همکاران، ۲۰۱۵).

در تحقیق حاضر بیش‌ترین فراوانی را بین میکروپلاستیک‌ها فیبرها دارند، مشابه تحقیق Lusher و همکاران (۲۰۱۳) است که بیش‌ترین فراوانی پلاستیک در دستگاه گوارش ماهی دریای شمال، الیاف نساجی و پلی‌آمید می‌داند. Bellas و همکاران (۲۰۱۵) نیز در تحقیقی که در بخش اسپانیایی اقیانوس اطلس و سواحل مدیترانه انجام دادند بیش‌ترین فراوانی میکروپلاستیک را فیبر میدانند. Phillips و Bonner (۲۰۱۵) نیز بر روی ماهیان در حوضه آبریز خلیج مکزیک نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند.

این مطالعه اولین مقاله منتشر شده از پلیمرهای پلاستیکی در آب لب‌شور دریای خزر و دستگاه گوارش ماهی سفید در دریاست. هدف از این پژوهش توصیف میکروپلاستیک در ماهی سفید است. اثرات جانبی احتمالی میکروپلاستی مورد بررسی قرار نگرفت و سن و جنس ماهی مورد توجه قرار نگرفتند و این ممکن است در کار آتی مفید باشد، زیرا می‌تواند در تعیین این‌که آیا پلاستیک در طول زمان انباشته شده یا به‌طور طبیعی از طریق دستگاه گوارش عبور می‌کند مورد استفاده قرار گیرد. داده‌ها در مورد مدت زمان انباشت همراه با انتقال بالقوه ذرات پلاستیکی برای کمک به درک پتانسیل فیزیکی و یا اثرات سمی آن برای اثبات پیامدهای بالقوه مصرف آن لازم است. با این

وجود وقوع گسترده و مصرف این مواد در ماهیان نشان می‌دهد که تحقیقات آینده در سراسر محدوده گسترده‌ای از گونه‌ها و زیستگاه‌ها باید درنظر گرفته‌شود تا اثرات بالقوه میکروپلاستی‌ها را در محیط این دریاچه کاملاً اثبات کند.

ظهور میکروپلاستیک‌ها در طیف گسترده‌ای از سطوح تغذیه‌ای می‌تواند خطراتی برای سلامتی مصرف‌کنندگان، ازجمله حیوانات و انسان‌ها ایجاد کند. وقوع و فراوانی میکروپلاستی مصرفی که در این مطالعه گزارش شده‌است، ماهیت‌فراوان این آلاینده را در سراسر ماهیان سفید در سواحل دریای خزر و اهمیت پروژه‌های میکروپلاستی‌ها در تلاش‌های آینده برای کنترل آلودگی نشان می‌دهد.

## منابع


۱. **رضوی‌صیاد ب.ع.، ۱۳۷۴.** ماهی سفید. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۶۵ صفحه.

۲. **غنی‌نژاد، د.؛ مقیم، م. و عبدالملکی، ش.، ۱۳۷۹.** ارزیابی ذخایر ماهیان استخوانی دریای خزر در سال ۷۸-۷۹. مرکز تحقیقات شیلات گیلان. ۱۶۵صفحه.

۳. **Andrady, A.L., 2011.** Microplastics in the marine environment. Marine pollution bulletin. Vol. 62, No. 8, pp: 1596-1605.

۴. **Arthur, C.; Baker, J.E. and Bamford, H.A., 2009.** Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA.

۵. **Avio, C.G.; Gorbi, S.; Milan, M.; Benedetti, M.; Fattorini, D.; d'Errico, G.; Pauletto, M.; Bargelloni, L. and Regoli, F., 2015.** Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. Environmental Pollution. Vol. 198, pp: 211-222.

۶. **Barnes, D.K.; Galgani, F.; Thompson, R.C. and Barlaz, M., 2009.** Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences. Vol. 364, No. 1526, pp: 1985-1998.

۷. **Bellas, J.; Martínez-Armental, J.; Martínez-Cámara, A.; Besada, V. and Martínez-Gómez, C., 2016.** Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. Marine pollution bulletin. Vol. 109, No. 1, pp: 55-60.

۸. **Bessa, F.; Barría, P.; Neto, J.M.; Frias, J.P.; Otero, V.; Sobral, P. and Marques, J.C., 2018.** Microplastics in Juvenile Commercial Fish from an Estuarine Environment. In Proceedings of the International Conference on Microplastic Pollution in the Mediterranean Sea. pp: 131-135.

۹. **Boerger, C.M.; Lattin, G.L.; Moore, S.L. and Moore, C.J., 2010.** Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. Marine pollution bulletin. Vol. 60, No. 12, pp: 2275-2278.

۱۰. **Bråte, I.L.N.; Eidsvoll, D.P.; Steindal, C.C. and Thomas, K.V., 2016.** Plastic ingestion by Atlantic cod (Gadus morhua) from the Norwegian coast. Marine pollution bulletin. Vol. 112, No. 1, pp: 105-110.

۱۱. **Browne, M.A.; Galloway, T.S. and Thompson, R.C., 2010.** Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. Environmental Science & Technology. Vol. 44, No. 9, pp: 3404-3409.

۱۲. **Claessens, M.; Van Cauwenberghe, L.; Vandegehuchte, M.B. and Janssen, C.R., 2013.** New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. Marine pollution bulletin. Vol. 70, No. 1, pp: 227-233.

۱۳. **Cole, M.; Lindeque, P.; Halsband, C. and Galloway, T.S., 2011.** Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. Marine pollution bulletin. Vol. 62, No. 12, pp: 2588-2597.

۱۴. **Colton, J.B.; Knapp, F.D. and Burns, B.R., 1974.** Plastic particles in surface waters of the northwestern Atlantic. Science. Vol. 185, No. 4150, pp: 491-497.

۱۵. **Davison, P. and Asch, R.G., 2011.** Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. Marine Ecology Progress Series. Vol. 432, pp: 173-180.

۱۶. **Derraik, J.G., 2002.** The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine pollution bulletin. Vol. 44, No. 9, pp: 842-852.

۱۷. **Do Sul, J.A.I. and Costa, M.F., 2014.** The present and future of microplastic pollution in the marine environment. Environmental Pollution. Vol. 185, pp: 352-364.

۱۸. **Driedger, A.G., 2015.** Plastic debris in the Laurentian Great Lakes: Classification, distribution and en Peters, R.; Herrera Rivera, Z.; Undas, A.; van der Lee, M.; Marvin, H.; Bouwmeester, H. and Weigel, S., 2015. Single particle ICP-MS combined with a data evaluation tool as a routine technique for the analysis of nanoparticles in complex matrices. Journal of Analytical Atomic Spectrometry. Vol. 30, No. 6, pp: 1274-1285. Evironmental drivers (Master's thesis, University of Waterloo).

۱۹. **Eriksen, M.; Mason, S.; Wilson, S.; Box, C.; Zellers, A.; Edwards, W.; Farley, H. and Amato, S., 2013.** Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. Marine pollution bulletin. Vol. 77, No. 1, pp: 177-182.

۲۰. **Farrell, P. and Nelson, K., 2013.** Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to Carcinus maenas (L.). Environmental Pollution. Vol. 177, pp: 1-3.

۲۱. **Fowler, C.W., 1987.** Marine debris and northern fur seals: a case study. Marine pollution bulletin. Vol. 18, No. 6, pp: 326-335.

۲۲. **Galgani, F.; Hanke, G.; Werner, S.D.V.L. and De Vrees, L., 2013.** Marine litter within the European marine strategy framework directive. ICES Journal of Marine Science. Vol. 70, No. 6, pp: 1055-1064.

۲۳. **GESAMP, 2015.** Sources, fate and effects of microplastics in the environment: a global assessment. In: Kershaw, P.J. (Ed.), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/ UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP. No. 90, 96 p.

۲۴. **Gray, C.A.; Kennelly, S.J.; Hodgson, K.E.; Ashby, C.J.T. and Beatson, M.L., 2001.** Retained and discarded catches from commercial beach-seining in Botany Bay, Australia. Fisheries Research. Vol. 50, No. 3, pp: 205-219.

۲۵. **Gregory, M.R. and Andrady, A.L., 2003.** Plastics in the marine environment. Plastics and the Environment. Vol. 379, pp: 389-390.

۲۶. **Gregory, M.R. and Ryan, P.G., 1997.** Pelagic plastics and other seaborne persistent synthetic debris: a review of Southern Hemisphere perspectives. In Marine Debris. New York. pp: 49-66.

۲۷. **Güven, O.; Gökdağ, K.; Jovanović, B. and Kıdeyş, A.E., 2017.** Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. Environmental Pollution. Vol. 223, pp: 286-294.

۲۸. **Jafarzadeh, H. and Farhang, M., 2006.** Pollution at sea; 1st ed. Publishing Avaye ghalam. pp: 375-378 (Persian).

۲۹. **Karami, A.; Golieskardi, A.; Choo, C.K.; Romano, N.; Ho, Y.B. and Salamatinia, B., 2017.** A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish. Science of The Total Environment. Vol. 578, pp: 485-494.

۳۰. **Krdvany P., 1995.** Water ecosystems Iran (Caspian Sea). Tehran: Dictionary Publisher. pp: 3-7 (Persian).

۳۱. **Lamberth, S.J.; Clark, B.M. and Bennett, B.A., 1995.** Seasonality of beach-seine catches in False Bay, South Africa, and implications for management. South African Journal of Marine Science. Vol. 15, No. 1, pp: 157-167.

۳۲. **Liebezeit, G. and Dubaish, F., 2012.** Microplastics in beaches of the East Frisian islands Spiekeroog and Kachelotplate. Bulletin of environmental contamination and toxicology. Vol. 89, No. 1, pp: 213-217.

۳۳. **Lithner, D.; Larsson, Å. and Dave, G., 2011.** Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. Science of the Total Environment. Vol. 409, No. 18, pp: 3309-3324.

۳۴. **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. Vol. 67, No. 1, pp: 94-99.

۳۵. **McClanahan, T.R. and Mangi, S.C., 2004.** Gear-based management of a tropical artisanal fishery based on species selectivity and capture size. Fisheries Management and Ecology. Vol. 11, No. 1, pp: 51-60.

۳۶. **Moore, C.J., 2008.** Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. Environmental research. Vol. 108, No. 2, pp: 131-139.

۳۷. **Nadal, M.A.; Alomar, C. and Deudero, S., 2016.** High levels of microplastic ingestion by the semipelagic fish bogue *Boops boops* (L.) around the Balearic Islands. Environmental Pollution. Vol. 214, pp: 517-523.

۳۸. **Neves, D.; Sobral, P.; Ferreira, J.L. and Pereira, T., 2015.** Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. Marine pollution bulletin. Vol. 101, No. 1, pp: 119-126.

۳۹. **Obbard, R.W.; Sadri, S.; Wong, Y.Q.; Khitun, A.A.; Baker, I. and Thompson, R.C., 2014.** Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. Earth's Future. Vol. 2, No. 6, pp: 315-320.

۴۰. **Oosterhuis, F.; Papyrakis, E. and Boteler, B., 2014.** Economic instruments and marine litter control. Ocean & coastal management. Vol. 102, pp: 47-54.

۴۱. **Phillips, M.B. and Bonner, T.H., 2015.** Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico. Marine pollution bulletin. Vol. 100, No. 1, pp: 264-269.

۴۲. **Rios, L.M.; Moore, C. and Jones, P.R., 2007.** Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. Marine Pollution Bulletin. Vol. 54, No. 8, pp: 1230-1237.

۴۳. **Rochman, C.M.; Hoh, E.; Kurobe, T. and Teh, S.J., 2013.** Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. Scientific reports. Vol. 3.

۴۴. **Romeo, T.; Pietro, B.; Pedà, C.; Consoli, P.; Andaloro, F. and Fossi, M.C., 2015.** First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. Marine pollution bulletin. Vol. 95, No. 1, pp: 358-361.

۴۵. **Rummel, C.D.; Löder, M.G.; Fricke, N.F.; Lang, T.; Griebeler, E.M.; Janke, M. and Gerdts, G., 2016.** Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. Marine pollution bulletin. Vol. 102, No. 1, pp: 134-141.

۴۶. **Ryan, P.G.; Moore, C.J.; van Franeker, J.A. and Moloney, C.L., 2009.** Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences. Vol. 364, No. 1526, pp: 1999-2012.

۴۷. **Setälä, O.; Fleming-Lehtinen, V. and Lehtiniemi, M., 2014.** Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. Environmental pollution. Vol. 185, pp: 77-83.

۴۸. **Thompson, R.C.; Moore, C.J.; Vom Saal, F.S. and Swan, S.H., 2009.** Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences. Vol. 364, No. 1526, pp: 2153-2166.

۴۹. **Thompson, R.C.; Olsen, Y.; Mitchell, R.P.; Davis, A.; Rowland, S.J.; John, A.W.; McGonigle, D. and Russell, A.E., 2004.** Lost at sea: where is all the plastic? Science. Vol. 304, No. 5672, pp: 838-838.

۵۰. **Van Cauwenberghe, L. and Janssen, C.R., 2014.** Microplastics in bivalves cultured for human consumption. Environmental Pollution. Vol. 193, pp: 65-70.

۵۱. **Van Cauwenberghe, L.; Vanreusel, A.; Mees, J. and Janssen, C.R., 2013.** Microplastic pollution in deep-sea sediments. Environmental Pollution. Vol. 182, pp: 495-499.

۵۲. **Van Franeker, J.A.; Blaize, C.; Danielsen, J.; Fairclough, K.; Gollan, J.; Guse, N.; Hansen, P.L.; Heubeck, M.; Jensen, J.K.; Le Guillou, G. and Olsen, B., 2011.** Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar Fulmarus glacialis in the North Sea. Environmental Pollution. Vol. 159, No. 10, pp: 2609-2615.

۵۳. **Wagner, M.; Scherer, C.; Alvarez-Muñoz, D.; Brennholt, N.; Bourrain, X.; Buchinger, S.; Fries, E.; Grosbois, C.; Klasmeier, J.; Marti, T. and Rodriguez-Mozaz, S., 2014.** Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. Environmental Sciences Europe. Vol. 26, No. 1, 12 p.

۵۴. **Wright, S.L.; Thompson, R.C. and Galloway, T.S., 2013.** The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. Environmental Pollution. Vol. 178, pp: 483-492.