

(OPEN ACCESS)

Investigating of microplastic pollution in common carp (*Cyprinus carpio*) of Gorgan Bay

Mahsa Yazarloo¹, Seyed Aliakbar Hedayati^{*2}, Mohammad Gholizadeh³,
Hossein Mostafavi⁴, Abdolazim Fazel⁵

1. Ph.D. Student in Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mahsayazarlo@gmail.com
2. Corresponding Author, Professor, Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hedayati@gau.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavoods University, Gonbad Kavoods, Iran. E-mail: gholizadeh_mohammad@yahoo.com
4. Assistant Prof., Dept. of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University Tehran, Iran. E-mail: mostafavi.h@yahoo.com
5. Assistant Prof., Inland Waters Aquatics Resources Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Gorgan, Iran. E-mail: a.fazel58@gmail.com

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 02.07.2023

Revised: 04.25.2023

Accepted: 04.29.2023

Keywords:

Carp,
Cyprinus carpio,
Gorgan Bay,
Microplastics,
Pollution

ABSTRACT

Gorgan Bay is the only bay at the southeast of the Caspian Sea. Plastics are a group of synthetic or semi-synthetic materials obtained by the polymerization process. Due to the fact that plastics are non-degradable materials and have different types of pollutants, after entering the marine ecosystem, they are degraded and turned into microplastics particles. The presence of microplastic particles in the marine ecosystem causes many adverse effects and environmental and health problems, and over time, by entering the food chain, it damages the health of living organisms, especially humans. The aim of this study was to determine the type and amount of plastic input of carp in the northern, southern and western stations of Gorgan Bay in the winter of 2020 to the spring of 2021. The tissue examination of fish showed that there are various colors in the microplastics, the predominant color of most microplastics was black, which includes 50% of the samples, and the rest of the colors were in the order of their highest frequency: brown, gray, white and red. The maximum and minimum microplastic size were 0.03-3.77 mm and their average size was 0.44 mm in *C. carpio*. Examining the shape and structure of microplastics showed the most amount was allocated to fibers, followed by fragment and bead respectively. The highest percentage of elements present in the investigated fiber in the digestive system of this species by EDAX analysis were related to carbon (81.70%) and oxygen (17.21%). The type of polymer based on the absorption intensity obtained from FTIR spectroscopy was polyethylene.

Cite this article: Yazarloo, Mahsa, Hedayati, Seyed Aliakbar, Gholizadeh, Mohammad, Mostafavi, Hossein, Fazel, Abdolazim. 2026. Investigating of microplastic pollution in common carp (*Cyprinus carpio*) of Gorgan Bay. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 14 (4), 59-71.



© The Author(s).

Doi: 10.22069/japu.2023.21067.1745

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



بررسی آلودگی میکروپلاستیک در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) خلیج گرگان

مهسا یازرلو^۱، سید علی اکبر هدایتی^{۲*}، محمد قلی زاده^۳، حسین مصطفوی^۴، عبدالعظیم فاضل^۵

۱. دانشجوی دکتری شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mahsayazarlo@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hedayati@gau.ac.ir
۳. دانشیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. رایانامه: gholizadeh_mohammad@yahoo.com
۴. استادیار گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: mostafavi.h@yahoo.com
۵. استادیار مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: a.fazel58@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	با توجه به این‌که پلاستیک‌ها مواد غیرقابل تجزیه بوده و دارای انواع مختلف ترکیبات آلاینده‌اند، پس از ورود به اکوسیستم دریایی تخریب شده و به ذرات میکروپلاستیک‌ها تبدیل می‌شوند. وجود میکروپلاستیک در اکوسیستم دریایی باعث مشکلات متعدد زیست‌محیطی و بهداشتی می‌گردد و به مرور زمان با ورود به زنجیره غذایی، به سلامت موجودات زنده و به‌خصوص انسان‌ها آسیب می‌رساند. هدف از این مطالعه تعیین نوع و مقادیر میکروپلاستیک در بافت ماهی کپور معمولی <i>Cyprinus carpio</i> خلیج گرگان در جنوب شرقی دریای خزر در سال ۱۳۹۹ بود. نتایج نشان داد که رنگ‌های متنوعی در میکروپلاستیک‌ها وجود دارد که رنگ غالب مشکی ۵۰ درصد نمونه‌ها را شامل شده و بقیه رنگ‌ها به ترتیب بیش‌ترین به کم‌ترین فراوانی آن‌ها: قهوه‌ای، خاکستری، سفید، قرمز بود. دامنه اندازه میکروپلاستیک، ۰/۰۳-۳/۷۷ میلی‌متر و میانگین اندازه آن‌ها، ۰/۴۴ میلی‌متر بود. بررسی شکل و ساختار میکروپلاستیک‌ها نشان داد که بیش‌ترین مقدار به فیبرها اختصاص و پس از آن به ترتیب فرگمنت و بید بیش‌ترین میزان را داشتند. بیش‌ترین میزان درصد عناصر موجود در فیبر مورد بررسی در دستگاه گوارش این گونه که با آنالیز EDAX توسط دستگاه SEM انجام شد، مربوط به عناصر کربن (۸۱/۷۰ درصد) و اکسیژن (۱۷/۲۱ درصد) بودند. شناسایی جنس پلیمر نمونه فیبر بررسی شده براساس شدت جذب‌های به‌دست آمده از طیف‌سنجی FTIR، پلی‌اتیلن بود. بررسی نتایج نشان می‌دهد که ماهیت فراوان میکروپلاستیک‌ها در ماهیان کپور خلیج گرگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۸	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۵	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۹	
واژه‌های کلیدی: آلودگی، خلیج گرگان، ماهی کپور، میکروپلاستیک، <i>Cyprinus carpio</i>	

و هم‌چنین خروجی فاضلاب‌های صنعتی و مسکونی که مستقیماً وارد خلیج می‌شوند، تأثیرات بالقوه میکروپلاستیک‌ها در محیط را کاملاً اثبات می‌کند.

استناد: یازلو، مهسا، هدایتی، سید علی‌اکبر، قلی‌زاده، محمد، مصطفوی، حسین، فاضل، عبدالعظیم (۱۴۰۴). بررسی آلودگی میکروپلاستیک در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) خلیج گرگان. نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۴ (۴)، ۷۱-۵۹.

Doi: 10.22069/japu.2023.21067.1745



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

میکروپلاستیک‌ها به عنوان آلاینده‌های نوظهور، طی چند دهه اخیر مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است. این آلاینده‌ها به ذرات پلاستیکی با قطر کم‌تر از ۵ mm گفته می‌شود که می‌تواند از طرق مختلفی به محیط‌های دریایی وارد شده و سلامت محیط و جانداران را به خطر اندازد (۱). اکوسیستم‌های آب شیرین در حمل و نقل ریزپلاستیک نقش مهمی ایفا کرده که بررسی مکانی و ویژگی‌های این آلوده کننده‌ها در نواحی آب شیرین ضروری می‌باشد و مطالعات کمی روی مصرف میکروپلاستیک توسط ماهیان آب شیرین گزارش شده است. از نظر منبع تولید می‌توان این ذرات کوچک را به دو نوع اولیه و ثانویه تقسیم‌بندی کرد. میکروپلاستیک‌های اولیه در صنایع مختلفی از جمله در صنایع آرایشی بهداشتی تولید می‌شوند و در ساخت خمیر دندان و شامپوها از میکروپلاستیک‌ها استفاده می‌شود. میکروپلاستیک‌های ثانویه از تجزیه شیمیایی، فیزیکی و یا زیستی پلاستیک‌های رها شده در محیط ایجاد می‌شوند (۲). منشأ میکروپلاستیک‌ها می‌تواند به دو منبع اصلی: ۱- ورود مستقیم میکروپلاستیک‌ها از راه آب‌های جاری ۲- ریزش‌دهن مزوپلاستیک‌ها و ماکروپلاستیک‌ها مربوط باشد (۳). میکروپلاستیک‌ها با اندازه‌ها، اشکال و ریشه‌های مختلف وجود دارند. ویژگی‌های میکروپلاستیک‌ها، تعیین‌کننده توزیع و تأثیر آن در محیط می‌باشد. داشتن دانسیته متفاوت یکی از ویژگی‌های آن‌هاست. بعضی میکروپلاستیک‌ها سبک‌تر ($1/2 \text{ g cm}^{-3} \leq$ دانسیته) و بعضی چگال‌تر ($1/2 \text{ g cm}^{-3} >$ دانسیته) هستند. این تفاوت ویژگی در میکروپلاستیک‌ها بر میزان تخریب، شکل و خصوصیات سطح این ذرات تأثیرگذار است (۴). وجود میکروپلاستیک‌ها در محیط اغلب از طریق مطالعات آبی شناخته می‌شود که شامل نمونه‌برداری از

پلانکتون‌ها، تجزیه و تحلیل رسوبات شنی و گل آلود، مهره‌داران و بی‌مهرگان و ارزیابی فعل و انفعالات شیمیایی آلاینده‌ها است (۵). ورود حجم بالای آلاینده‌های مختلف به محیط‌های آبی تحت‌تأثیر جمعیت و توسعه صنایع مختلف و گسترش مناطق کشاورزی می‌باشد. به‌طور کلی عوامل آلاینده محیط زیست دریا به دو دسته عوامل طبیعی و انسانی تقسیم می‌شود که عوامل انسانی تهدید بزرگ و فوری برای اکوسیستم خلیج گرگان به شمار می‌رود. کاهش سطح آب خلیج و میزان آلودگی آن در سال‌های اخیر تا حد خطرناکی با هم منطبق شده اند. جذب گردشگران و مسافری متعدد در سواحل خلیج گرگان باعث اثرات زیادی بر افزایش آلودگی آن می‌شود. ورود پساب‌های صنعتی به این دریا یکی دیگر از علل اصلی آلودگی خلیج گرگان است. در سراسر مناطق ساحلی، تعداد زیادی از مردم از راه صید ماهی چه به‌صورت قانونی و یا غیر قانونی امرار معاش می‌کنند و ادوات و تورهای صیادی نیز پس از شکست در محیط آبی موجب آلودگی آن می‌شود. توسعه و افزایش بسیار زیاد استخراج منابع هیدروکربنی نیز بر بار آلودگی این دریا افزوده است. لزوم توجه به پلاستیک‌ها و به ویژه میکروپلاستیک‌ها به عنوان یک مبحث جدی در حفاظت محیط زیست و بهداشت عمومی مطرح می‌باشد. وجود و بررسی میکروپلاستیک در شبکه غذایی دریایی، یک اولویت پژوهشی و گام اساسی به‌سمت ارزیابی خطرات زیست‌محیطی متفاوت می‌باشد (۶). از آنجایی که حوضه آبی خلیج گرگان ارتباط تنگاتنگ با زندگی مردم منطقه و آبزیان به‌خصوص ماهیان مورد مطالعه گونه‌هایی با ارزش تجاری بالا بوده و مورد مصرف غالب مردم منطقه قرار می‌گیرند و با وجود این‌که این خلیج همه‌ساله مهمان پرندگان مهاجر است و بخشی از مردم از گوشت این پرندگان نیز تغذیه می‌کنند داشتن

با توجه به منابع آلاینده در خلیج گرگان احتمال تجمع میکروپلاستیک‌ها در ماهیان مختلف از جمله ماهی کپور وجود دارد. نظر به این که ماهی کپور در رژیم غذایی مردم محلی به خصوص صیادان وجود دارند و با توجه به لزوم پایش اکوسیستم‌های آبی از نظر آلودگی میکروپلاستیک، هدف از این پژوهش سنجش میزان آلودگی میکروپلاستیک در ماهی کپور معمولی *Cyprinus carpio* از منطقه خلیج گرگان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

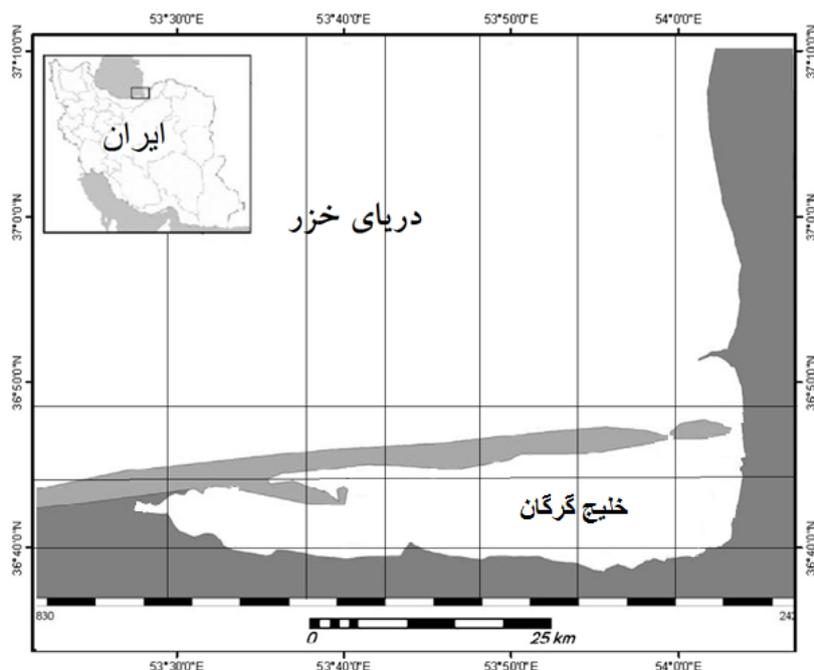
طرح آزمایش: خلیج گرگان حوضه نیمه بسته‌ای است که در منتهی‌الیه جنوب خاوری دریای خزر واقع است. خلیج گرگان حدود ۲۵ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد به شکل تقریبی مثلثی به وسعت تقریبی چهارصد کیلومترمربع و عمق دو تا شش متر واقع شده و با تنگه‌ای به طول حدود سیصد متر به دریا متصل می‌شود (شکل ۱). اتصال آبی خلیج گرگان با دریای خزر از طریق دهانه‌ای در حد فاصل آشوراده با سرزمین اصلی، برقرار است. این ارتباط به گونه‌ای نیست که خلیج گرگان از انرژی هیدرودینامیک دریای خزر برخوردار باشد، بنابراین خلیج گرگان از این نظر بیش‌تر متأثر از فرایندهای داخل حوضه است. رودخانه‌هایی که خلیج گرگان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند، عبارتند از: گرگان‌رود، قره‌سو و باغو که در این میان گرگان‌رود از نزدیک دهانه خلیج گرگان وارد دریا می‌شود. در ایران منطقه خزر با وجود این که تنها چهار درصد از کل خاک کشور را در بر می‌گیرد، ولی حدود چهل درصد از فعالیت‌های کشاورزی کشور در این منطقه صورت می‌پذیرد که این عامل باعث ورود پساب‌های کشاورزی از طریق رودخانه‌ها به این خلیج می‌شود. در این پژوهش برای مطالعه آلودگی میکروپلاستیک گونه ماهی کپور

اطلاعات کافی در خصوص این آلاینده و نحوه ورود، میزان و کیفیت آلودگی میکروپلاستیک الزامی به نظر می‌رسد.

از پژوهش‌های انجام شده در ماهیان، در مطالعات مسعودی و همکاران (۲۰۲۱) که آلودگی میکروپلاستیک را در ماهیان حوضه رودخانه قره‌سو، استان گلستان بررسی نمودند، نتایج بررسی آنان نشان داد که رودخانه‌های حوضه قره‌سو نه تنها در مناطق توسعه یافته با فعالیت شدید انسانی بلکه در مناطق بالادست توسط میکروپلاستیک‌ها آلوده شده‌اند که می‌تواند به‌عنوان منشأ آلودگی خلیج گرگان در نظر قرار گیرد. ابرقویی و همکاران (۲۰۲۱)، تجمع و جذب میکروپلاستیک‌های پلی‌استایرن در آبشش ماهی کاراس طلایی (*Carassius auratus*) را شناسایی و اثرات سمی آن بر بافت‌شناسی کلاسیک آبشش را بررسی کردند (۷). در مطالعات ذاکری و همکاران (۸) آلودگی میکروپلاستیک را در ماهیان تجاری اقتصادی جنوب دریای خزر بررسی نمودند و دریافتند که مقادیر معنی‌دار میکروپلاستیک در همه گونه‌ها قابل‌بررسی است (۸). بسا و همکاران (۲۰۱۸)، مصرف میکروپلاستیک را در سه گونه تجاری دریایی عبارتند از (*Dicentrarchus labrax*)، (*Diplodus vulgaris*) و (*Platichthys flesus*) از خور موندگو در پرتغال صیدشده بررسی کردند. میکروپلاستیک از دستگاه گوارش ۱۲۰ قطعه از این ماهیان پس از هضم با محلول (۱۰ درصد KOH) استخراج شد. در کل ۱۵۷ میکروپلاستیک از مجموع ماهیان به‌دست آمده (۹۶ درصد الیاف و ۴ درصد قطعه) با $1/25 \pm 1/67$ ذره پلاستیک از هر ماهی استخراج شد و پلیمرهای پلاستیکی اصلی شناسایی شده در ماهیان موردنظر توسط FTIR پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌استر، پلی‌آکریلونیتریل و نایلون بودند (۹).

این گونه طی تابستان تا زمستان ۱۳۹۹ به‌وسیله تورکشی صیادان محلی و به کمک اداره شیلات گرگان انجام شد.

معمولی (*Cyprinus carpio*) در منطقه خلیج گرگان، با توجه به دسترسی مکانی و کاربری اراضی بالادست در نقاط ورودی‌های آب به ایستگاه‌های شمالی، جنوبی و غربی خلیج گرگان، نمونه‌برداری از



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محل صید ماهیان خلیج گرگان.

Figure 1. Map of the study area showing the fish sampling location in Gorgan Bay, Caspian Sea.

خشک کردن نمونه‌ها، دوباره وزن خشک اندازه‌گیری شد. برای فرآیند هضم از KOH (۱۰ درصد) استفاده کرده و به همه اندام‌ها و بافت‌ها اضافه شد. محصول حاصل را در ظروف شیشه‌ای قرار و در آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت قرار گرفتند تا فرآیند هضم کامل شد. پس از حل شدن کامل امعا و احشاء، به‌وسیله کاغذ صافی (Whatman PLC 122) فیلتر شد. کاغذ صافی به محلول سدیم یدید (NaI) انتقال و سپس در معرض سونیکیت و تکان‌های شدید قرار داده شد. سپس محلول NaI را سانتریفیوژ و دوباره فیلتر کرده و زیر میکروسکوپ مشاهده بصری و ثبت به انجام رسید.

آماده‌سازی نمونه‌ها: ماهیان کم‌تر از ۲ ساعت بعد از صید فریز شدند و قبل از انجام آزمایش عمل یخ‌زدایی در دمای اتاق انجام گرفت. زیست‌سنجی برای هر ماهی به صورت جداگانه انجام شد. دستگاه گوارش هر ماهی به‌طور جداگانه، از بالای مری تا انتها مخرج بریده و خارج شد. تمام وسایل 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 قرار می‌گیرند. این ظروف را در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت قرار داده و پس از

مادون قرمز ۴۰۰۰ تا ۴۰۰ سانتی‌متر با وضوح ۴ سانتی‌متر ثبت شد. نوع پلیمر بر اساس فراوانی جذب پیوند شیمیایی خاص موجود در نمونه‌های پلیمر مشخص شده تشخیص داده شد. نوع و مدل دستگاه ذکر شود.

نتایج

اندازه‌گیری‌های ریخت‌سنجی شامل تعداد و اندازه میکروپلاستیک‌ها گونه *Cyprinus carpio* در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که گونه *Cyprinus carpio* دارای بیش‌ترین طول کل ($11/5 \pm 1/51$ سانتی‌متر)، وزن ($9/72 \pm 2/94$ گرم) بود.

روش استخراج مورد استفاده برای ماهی توسط کریمی و همکاران (۲۰۱۶) توسعه داده شده است (۱۰).

مشاهده میکروپلاستیک‌ها: بررسی اولیه بصری توسط چشم و زیر میکروسکوپ جهت جداسازی میکروپلاستیک انجام گرفت. شناسایی نوع میکروپلاستیک با ارزیابی بصری با استفاده از یک استریومیکروسکوپ (NOVEL NSZ-810, Ningbo Yongxin) و دوربین فیلم برداری IC80 HD و با نرم‌افزار (Opitics Co., Ltd., Zhejiang, China) (LAS) صورت گرفت.

شناسایی جنس پلیمر به وسیله دستگاه FT-IR. طیف جذب FTIR به‌طور متوسط ۶۴ اسکن در محدوده

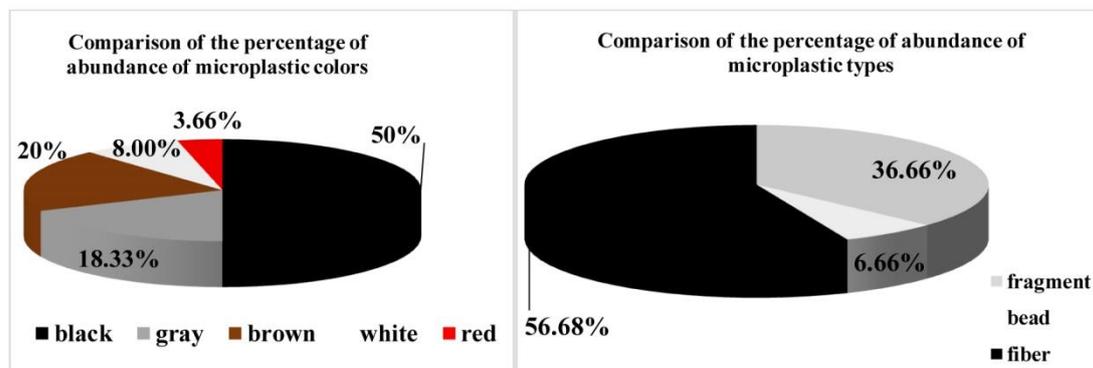
جدول ۱- میانگین زیست‌سنجی گونه *Cyprinus carpio* و تعداد و اندازه میکروپلاستیک‌های مورد مطالعه.

Table 1. Biometric characteristics of *Cyprinus carpio* and the abundance and size of ingested microplastics.

Microplastic Size Range (mm)	Number of Microplastics	Digestive Tract Weight (g)	Weight (g)	Total Length (cm)	Fish Species
3.77±0.03	5±12	1.19±0.22	9.72±1.3	9.54±1.6	<i>Cyprinus carpio</i>

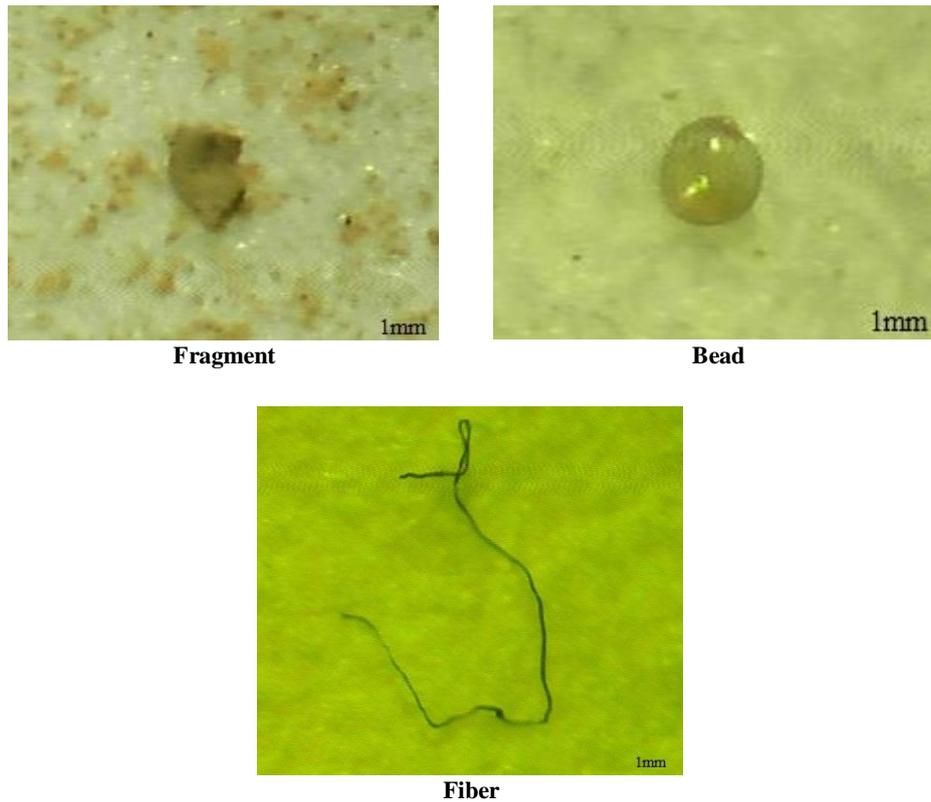
شکل ۲ ارایه شده است. فیبر قابل‌توجه‌ترین میکروپلاستیک (میانگین ۵۶ درصد) و پس از آن فرگمنت (میانگین ۳۶/۶۶ درصد) بود در حالی‌که بید زیر ۷ درصد بود (شکل ۳).

دامنه اندازه MP، $3/77-0/03$ میلی‌متر و میانگین اندازه MP، $0/44$ میلی‌متر در گونه *C. carpio* ثبت شد. بیش‌ترین اندازه مشاهده شده میکروپلاستیک در ماهی $0-0/5$ میلی‌متر بود. مقایسه درصد فراوانی رنگ و نوع میکروپلاستیک مشاهده شده در ماهی کپور در



شکل ۲- مقایسه فراوانی نوع و رنگ میکروپلاستیک‌ها مشاهده شده در گونه *Cyprinus carpio*.

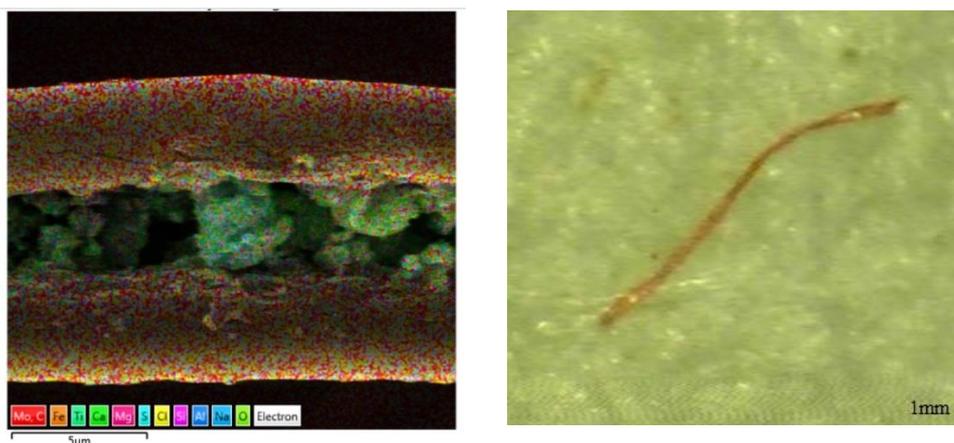
Figure 2. Abundance of microplastic types (A) and colors (B) identified in *Cyprinus carpio*.



شکل ۳- نمایی از انواع میکرو پلاستیک مشاهده شده در گونه *Cyprinus carpio* در مقیاس ۱ mm. **Figure 3. Microscopic images of the different types of microplastics (Fiber, Fragment, Bead) isolated from *Cyprinus carpio* (Scale bar: 1 mm).**

(دستگاه Perkin Elmer مدل ۱ Spectrum) که پیک‌های جذب در شدت‌های ۲۸۶۴، ۱۱۳۶، ۱۴۷۰، ۱۳۶۳، ۷۲۶ cm^{-1} همگی مربوط به پلی‌اتیلن است. بیش‌ترین درصد از رنگ‌های مشاهده شده به ترتیب متعلق به رنگ مشکی (۵۰ درصد)، رنگ قهوه‌ای (۲۰ درصد) و رنگ خاکستری (۱۸/۳۳ درصد) و کم‌ترین آن‌ها مربوط به رنگ سفید (۸ درصد) و رنگ قرمز (۳/۶۶ درصد) بود.

بیش‌ترین فراوانی میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه‌های منطقه کشاورزی و مسکونی از Fiber تشکیل شده است. شکل و ساختار فیبر موجود در در شکل ۴، درصد عناصر مختلف موجود در آن ارایه شده است. بیش‌ترین میزان درصد عناصر موجود در فیبر مورد بررسی در دستگاه گوارش این گونه با انجام آنالیز EDAX توسط دستگاه SEM مربوط به عناصر کربن (۸۱/۷۰ درصد) و اکسیژن (۱۷/۲۱ درصد) بودند. شناسایی جنس پلیمر توسط طیف FTIR نشان داد



شکل ۴- فیبر موجود در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به اندازه ۰/۴۳ میلی‌متر (تصویر سمت راست).

پراکنش ترکیب عناصر مختلف موجود در فیبر موردنظر با انجام آنالیز Map توسط دستگاه SEM (تصویر سمت چپ).

Figure 4. A microplastic fiber (0.43 mm) extracted from *Cyprinus carpio* (Right). SEM-EDAX elemental mapping showing the distribution of carbon and oxygen in the fiber (Left).

منفعلانه توسط ماهی خورده می‌شوند (۱۲). در گونه‌های دریایی مطالعه شده نشان داده شده است که بلعیدن میکروپلاستیک‌ها به‌طور معنی‌داری با اندازه ذرات مرتبط است (۱۳). میکروپلاستیک‌های کوچک ممکن است اثرات مضر بیشتری روی موجودات آبرزی داشته باشند. لاشر و همکاران (۱۴) نشان دادند که اندازه کوچک میکروپلاستیک‌ها در مقایسه با میکروپلاستیک‌ها، جذب آن‌ها از طریق موجودات را تسهیل می‌کند. نگرانی‌ها در مورد پتانسیل انتقال میکروپلاستیک و قرار گرفتن انسان در معرض آن از طریق خوراکی وجود دارد (۱۴).

در مطالعه حاضر، بیش‌ترین نوع، رنگ و اندازه میکروپلاستیک ماهی‌ها به ترتیب فیبر، مشکی، ۰-۰/۵ میلی‌متر بود که با نتایج پارک و همکاران (۲۰۲۰) با غالبیت میکروپلاستیک ۱ < میلی‌متر قابل مقایسه می‌باشد. هم‌چنین در مطالعه مسعودی و همکاران (۲۰۲۱)، ۸۷ درصد از ماهیان در بافت گوارشی خود دارای میکروپلاستیک بودند که تقریباً با میانگین ۶ ذره در ماهی که در آن فیبر، میکروپلاستیک غالب بود اما اندازه میکروپلاستیک‌های ۰/۵-۱ میلی‌متر غالب بودند

بحث

میکروپلاستیک‌ها به‌طور گسترده در محیط زیست گسترش یافته‌اند که منجر به نگرانی در مورد تأثیر آن بر سلامت محیط زیست می‌شود. میکروپلاستیک توسط طیف گسترده‌ای از جانوران دریایی بلعیده می‌شوند (۱۱). هنوز برای تعیین مسیرهای جابجایی از طریق شبکه‌های غذایی دریایی، مکانیزم‌های پایدار جذب میکروپلاستیک روشن نیست. بروز آثار زیان‌باری روی سلامت ماهی‌ها به‌دلیل ورود مقادیر بالای میکروپلاستیک به محیط‌های آبی می‌باشد، بنابراین پیش‌بینی تمهیداتی برای کاهش و جلوگیری از ورود این ذرات به محیط زیست آبریان و در صنایع مختلف دریایی و آبرزی‌پروری امری مهم و ضروری به نظر می‌رسد.

پلاستیک و سایر زباله‌های انسانی معمولاً در ماهیان دریایی یافت می‌شود، اما فراوانی و اثرات کاربردی اراضی متفاوت بر روی ماهیان آب شیرین تا حد زیادی نامشخص است. ماهیان معمولاً ذرات پلاستیکی را به‌عنوان مواد غذایی، برحسب مورفولوژی این مواد انتخاب می‌کنند و ذرات کوچک‌تر به صورت

دریافتند که ۳۶/۵ درصد نمونه‌ها دارای میکروپلاستیک بوده‌اند، درحالی‌که ناوس و همکاران (۲۰۱۵) ۲۶ گونه از ماهیان دریایی را در ساحل پرتغال مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و مشخص کردند که ۱۹/۸ درصد از ماهی‌ها دارای آلودگی میکروپلاستیک در دستگاه گوارش خود بودند. بلعیدن میکروپلاستیک باعث تأثیر مستقیم فیزیکی و فیزیولوژیکی بر موجودات دریایی می‌شود (۱۱، ۲۰، ۲۱). اثرات فیزیکی شامل انسداد روده و زخم شدن اندام داخلی ممکن است منجر به گرسنگی شود (۲۲). میکروپلاستیک نیز به‌عنوان حامل مواد شیمیایی مضر عمل می‌کند (۱۴)، به‌عنوان مثال آلودگی‌های آلی پایدار (POPs) از محیط اطراف جذب می‌شوند و بر روی سطوح میکروپلاستیک تمرکز می‌کنند. فرضیه‌های اخیر مربوط به مصرف میکروپلاستیک توسط ماهی نشان داده است که رفتار تغذیه آن‌ها مانند استراتژی‌های فرصت‌طلب احتمال استفاده از میکروپلاستیک در آن‌ها را افزایش دهد، اما قرار گرفتن در معرض میکروپلاستیک را هم‌چنین سن و محدوده طبقات عمقی مختلف در ستون آب ممکن است تحت تأثیر قرار دهد (۱۱، ۲۳). وجود مطالعات در مورد آلودگی میکروپلاستیک در گونه‌های دریایی به‌طور فزاینده‌ای رایج هستند (۲۴)، اما مطالعات بسیار کمی از حضور و اثرات میکروپلاستیک در دریاچه‌ها انجام شده است. در نتیجه، شناسایی نوع و مقدار میکروپلاستیک ماهی در این مجموعه، بسیار مهم است. میکروپلاستیک‌های فیبری می‌توانند از صنایع ماهیگیری، قایقرانی، تفریحی، فاضلاب‌های خانگی، شستشوی لباس و سایر فعالیت‌های انسانی حاصل شود. بیش از (۸۰ درصد) از میکروپلاستیک‌های موجود در محیط دریایی با منشا مصنوعی را میکروفیبرها شامل می‌شوند و توسط موجودات زنده جذب می‌شود (۲۵). بعضی از پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که مقدار میکروپلاستیک در گونه‌های

(۱۵). بیش‌تر نمونه‌های مورد بررسی مطالعه حاضر مشکی بودند (۵۰ درصد)، که با نتایج گاوندر و همکاران (۲۰۲۰)، مسعودی و همکاران (۲۰۲۱)، یکسان است. مقدار میکروپلاستیک در نمونه‌هایی که در کنار شهرها و از مصب رودخانه‌ها برداشت شد که از نظر تراکم جمعیت و صنعت، نسبتاً کم‌تر و بکرتر است، کم‌تر از بقیه ایستگاه‌های نمونه‌برداری است که این امر به‌صورت مشابه در مطالعات می‌باشد (۱۶، ۱۷، ۱۸) در بررسی میکروپلاستیک‌های بافت عضله ماهی سفید دریای خزر توسط تقی‌زاده و همکارانش در بخش جنوبی دریای خزر، ۸۰ درصد ماهیان بررسی شده دارای میکروپلاستیک در بافت خود بوده که عمدتاً فیبرهای فرگمنت و ذرات سنتزی بود. هم‌چنین بیش از ۵۰ درصد ذرات دارای اندازه کوچک‌تر از ۵۰۰ میکرون بودند (۱۹). در ماهی سفید تعداد کل میکروپلاستیک‌های دیده شده از $0/0007 \pm 0/0008$ تا $0/0015 \pm 0/0038$ ذره/گرم (n/g) و از $1 \pm 0/5175$ تا $1/2464 \pm 3/125$ ذره/فرد (n/I) متغیر است. در پژوهش حاضر بیش‌ترین فراوانی را بین میکروپلاستیک‌ها فیبرها دارند، مشابه پژوهش لاشر و همکاران (۲۰۱۳) است که بیش‌ترین فراوانی پلاستیک در دستگاه گوارش ماهی دریای شمال، الیاف نساجی و پلی‌آمید می‌داند. بلاس و همکاران (۲۰۱۵) نیز در پژوهشی که در بخش اسپانیایی اقیانوس اطلس و سواحل مدیترانه انجام دادند بیش‌ترین فراوانی میکروپلاستیک را فیبر می‌دانند. فیلیپس و بانر (۲۰۱۵) نیز بر روی ماهیان در حوضه آبریز خلیج مکزیک نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. مطالعاتی دیگر که وجود میکروپلاستیک را در دستگاه گوارش گونه‌های تجاری گزارش کرده‌اند: لوشر و همکاران (۲۰۱۳) ۱۰ گونه از ماهی‌های دریایی را از کانال انگلیسی مورد بررسی قرار داد و

تلاش‌های آینده برای کنترل آلودگی نشان می‌دهد. هدف از این پژوهش شناسایی نوع و مقدار میکروپلاستیک در ماهی کپور است. تأثیرات جانبی احتمالی میکروپلاستیکی مورد بررسی قرار نگرفت. جنس و سن ماهی مورد توجه قرار نگرفتند و این ممکن است در برنامه‌های آینده مفید باشد، زیرا می‌تواند در تعیین این‌که آیا پلاستیک به‌طور طبیعی یا در طول زمان انباشته شده 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 الزامی است.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مادی و معنوی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گرفت و هم‌چنین از پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی که در انجام این پژوهش همکاری نمودند، قدردانی می‌گردد.

عمق‌زی دریا و وابسته به بستر بیش‌تر از گونه‌های سطح‌زی می‌باشد (۱۸، ۲۶) که می‌تواند با وجود ضایعات پلاستیکی در اعماق مرتبط باشد، که بستر نهایی برای پلاستیک در محیط دریایی محسوب می‌شود.

گسترش شهرها و افزایش روزافزون تراکم انسانی در اطراف خلیج گرگان، فقدان وجود سیستم تصفیه فاضلاب و سرازیر شدن فاضلاب‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی از شهرهای اطراف به این محدوده، حیات خلیج گرگان از نظر آلودگی و موجودات آن را به شدت به خطر انداخته است و لزوم مطالعات دامنه‌دار آن ضروری است. در نهایت باید تمامی ارگان‌های مرتبط دولتی و غیردولتی تلاش خود را جهت مدیریت بهینه خلیج گرگان انجام دهند و با یک برنامه‌ریزی منسجم و هدفمند معضلات آن شناسایی گردد و در اولویت‌بندی جهت رفع شدن قرار گیرند و مطالعات دوره‌ای از وضعیت این خلیج با پشتوانه و جدیت بیش‌تری انجام گردد. فراوانی میکروپلاستیکی مصرفی که در این مطالعه گزارش شده است، ماهیت فراوان این آلاینده را در همه ماهیان کپور در خلیج گرگان و اهمیت پروژه‌های میکروپلاستیک‌ها در

منابع

1. Auta, H. S., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment international*. 102, 165-176.
2. Prokić, M. D., Radovanović, T. B., Gavrić, J. P., & Faggio, C. (2019). Ecotoxicological effects of microplastics: Examination of biomarkers, current state and future perspectives. *Trends in Analytical Chemistry*. 111, 37-46.
3. Lusher A. L., O'Donnell C., Officer R., & O' Connor I. (2016). Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish. *ICES Journal of Marine Science*. 73, 1214-1225.
4. Murray, F., & Cowie, P. R. (2011). "Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758)." *Marine pollution bulletin*. 62(6), 1207-1217.
5. Ivar do Sul, J. A., & Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environment Pollution*. 185, 352-364. **envpol.2013.10.036.**
6. Avio, C. G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., d'Errico, G., & Regoli, F. (2015). Pollutants

- bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environmental Pollution*. 198, 211-222.
7. Abarghoei, S., Hedayati, A., Miandareh, H. K., Ghorbani, R., & Bagheri, T. (2016). Histopathological effects of waterborne silver nanoparticles and silver salt on the gills and liver of Goldfish. *Carassius auratus*. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 13(7), 11-18.
 8. Zakeri, M., Naji, A., Akbarzadeh, A., & Uddin, S. (2020). Microplastic ingestion in important commercial fish in the southern Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 160, 111598.
 9. Bessa, F., Barría, P., Neto, J. M., Frias, J. P., Otero, V., Sobral, P., & 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.
 10. Karami, A., Golieskardi, A., Choo, C. K., Romano, N., Ho, Y. B., & Salamatinia, B. (2017). A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish. *Science of The Total Environment*. 578, 485-494.
 11. Lusher, A. L., McHugh, M., & Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*. 67, 94-99.
 12. Bellas, J., Martínez-Armental, J., Martínez-Cámara, A., Besada, V., & Martínez-Gómez, C. (2016). Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Marine pollution bulletin*. 109(1), 55-60.
 13. Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*. 178, 483-492.
 14. Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S. J. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific reports*. 3, 44.
 15. Park, T. J., Lee, S. H., Lee, M. S., Lee, J. K., Lee, S. H., & Zoh, K. D. (2020). Occurrence of microplastics in the Han River and riverine fish in South Korea. *Science of the Total Environment*. 708 (2), 134535.
 16. Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, B., & Kıdeys, 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*. 223, 286-294.
 17. Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., & Shi, H. (2015). "Microplastics in commercial bivalves from China." *Environmental Pollution*. 207, 190-195.
 18. Naji, A., Nuri, M., & Vethaak, A. D. (2018). Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environmental Pollution*, 235, 113-120.
 19. Taghizade Rahmat Abadi, Z., Abtahi, B., Grossart, H. P., & Khodabandeh, S. (2020). Microplastic content of Kutum fish, *Rutilus frisii kutum* in the southern Caspian Sea. *Science of the Total Environment*. 752, 141542.
 20. Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine pollution bulletin*. 101(1), 119-126.
 21. Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F., & Fossi, M. C. (2015). First evidence of presence of plastic.
 22. Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364, 2153-2166.
 23. Rios, L. M., Moore, C., & Jones, P. R. (2007). Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Marine Pollution Bulletin*. 54(8), 1230-1237.

24. Claessens, M., Van Cauwenberghe, L., Vandegehuchte, M. B., & Janssen, C. R. (2013). New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine pollution bulletin*. 70 (1), 227-233.
25. UNEP. (2016). Marine Plastic Debris and Microplastics – Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change. United Nations Environment Programme, Nairobi.
26. Jabeen, K., Li, B., Chen, Q., Su, L., Wu, C., Hollert, H., & Shi, H. (2018). Effects of virgin microplastics on Goldfish (*Carassius auratus*). *Chemosphere*, 213, 323-332.

