

# آماده انتشار

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

مهسایازلو<sup>۱</sup>، سیدعلی اکبرهدایتی<sup>۲\*</sup>، محمدقلی زاده<sup>۳</sup>، حسین مصطفوی<sup>۴</sup>، عبدالعظیم فاضل<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی دکتری گروه 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 شهیدبهبشتی، تهران، ایران.

رایانامه: mostafavi.h@yahoo.com

۵. استادیار مرکز تحقیقات ذخایر آب‌های داخلی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: a.fazel58@gmail.com

Doi: 10.22069/japu.2023.21067.1745

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱-۱۱-۱۸

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲-۰۲-۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲-۰۲-۰۹

### چکیده

با توجه به اینکه پلاستیک‌ها مواد غیر قابل 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 زیست محیطی و بهداشتی می‌گردد و به مرور زمان با ورود به زنجیره غذایی، به سلامت موجودات زنده و به خصوص انسان‌ها آسیب می‌رساند. هدف از این مطالعه تعیین نوع و مقادیر میکروپلاستیک در بافت ماهی کپور معمولی *Cyprinus carpio* 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٪ نمونه‌ها را شامل شده و بقیه رنگ‌ها بترتیب بیشترین به کمترین فراوانی آن‌ها: قهوه‌ای، خاکستری، سفید، قرمز بود. دامنه اندازه میکروپلاستیک، ۰/۳-۳/۷۷ میلی متر و میانگین اندازه آن‌ها، ۰/۴۴ میلی متر بود. بررسی شکل و ساختار میکروپلاستیک‌ها نشان داد که بیشترین مقدار به فیبرها اختصاص و پس از آن بترتیب 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٪) و اکسیژن (۱۷/۲۱٪) بودند. شناسایی جنس پلیمر نمونه فیبر بررسی شده براساس شدت جذب های بدست آمده از طیف سنجی FTIR، پلی اتیلن بود. بررسی نتایج نشان می‌دهد که ماهیت

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

کلمات کلیدی: ماهی کپور، *Cyprinus carpio*، خلیج گرگان، آلودگی، میکروپلاستیک

## مقدمه

میکروپلاستیک‌ها به عنوان آلاینده‌های نوظهور، طی چند دهه اخیر مورد توجه محققین 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 تقسیم بندی 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). منشا میکروپلاستیک‌ها می‌تواند به دو منبع اصلی: ۱- ورود مستقیم میکروپلاستیک‌ها از راه آب‌های جاری ۲- ریز شدن مزوپلاستیک‌ها و ماکروپلاستیک‌ها مربوط باشد (۳). میکروپلاستیک‌ها با اندازه‌ها، اشکال و ریشه‌های مختلف وجود دارند. ویژگی‌های میکروپلاستیک‌ها، تعیین کننده 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 تأثیر گذار است (۴).

وجود میکروپلاستیک‌ها در محیط اغلب از طریق مطالعات آبی شناخته می‌شود که شامل نمونه برداری از پلانکتون‌ها، تجزیه و تحلیل رسوبات شنی و گل آلود، مهره داران و بی مهرگان و ارزیابی فعل و انفعالات شیمیایی آلاینده‌ها است (۵). ورود حجم بالای آلاینده‌های مختلف به محیط‌های آبی تحت تأثیر جمعیت و توسعه صنایع مختلف و گسترش مناطق کشاورزی می‌باشد. بطور 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 مسافرت 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 بصورت 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 به سمت ارزیابی خطرات زیست محیطی متفاوت می‌باشد (۶). از آنجاییکه حوضه آبی خلیج گرگان ارتباط تنگاتنگ با زندگی مردم منطقه و آبزیان بخصوص ماهیان مورد مطالعه گونه‌هایی با ارزش تجاری بالا بوده و مورد مصرف غالب مردم منطقه قرار می‌گیرند و با وجود اینکه این خلیج همه ساله مهمان پرندگان مهاجر است و بخشی از مردم از گوشت این پرندگان نیز تغذیه می‌کنند داشتن اطلاعات کافی در خصوص این آلاینده و نحوه ورود، میزان و کیفیت آلودگی میکروپلاستیک الزامی بنظر می‌رسد.

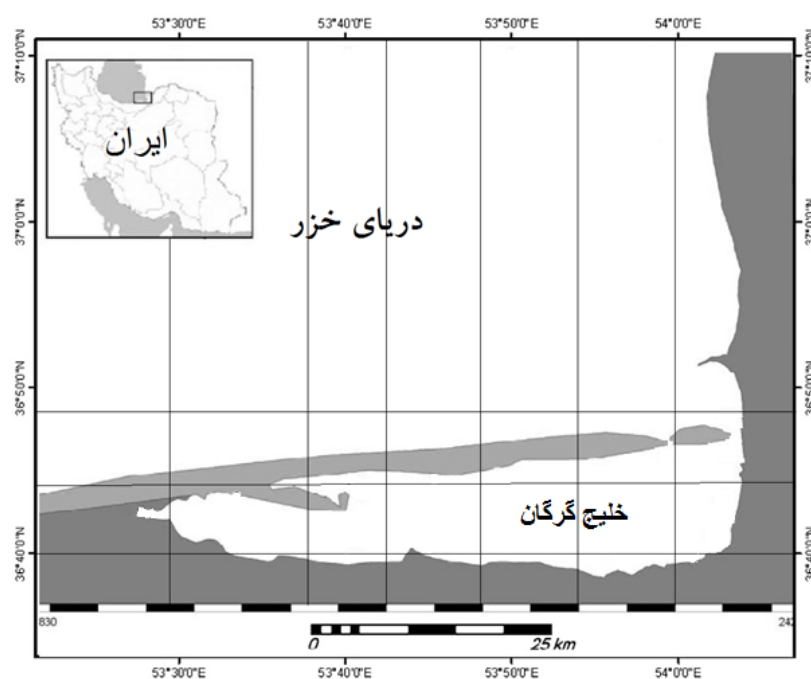
از تحقیقات انجام شده در ماهیان، در مطالعات مسعودی و همکاران (۲۰۲۱) که آلودگی میکرو پلاستیک را در ماهیان حوضه رودخانه قره‌سو، استان گلستان بررسی نمودند، نتایج بررسی آنان نشان داد که رودخانه‌های حوضه قره‌سو نه تنها در مناطق توسعه یافته با فعالیت شدید انسانی بلکه در مناطق بالادست توسط میکروپلاستیک‌ها آلوده شده‌اند که می‌توانند به‌عنوان منشأ آلودگی خلیج گرگان در نظر قرار گیرد. ابرقویی و همکاران (۲۰۲۱)، تجمع و جذب میکروپلاستیک‌های پلی استایرن در آبشش ماهی کاراس طلایی (*auratus Carassius*) را شناسایی و اثرات سمی آن بر بافت شناسی کلاسیک آبشش را بررسی کردند (۷). در مطالعات Zakeri و همکاران (۸) آلودگی میکروپلاستیک را در ماهیان تجاری اقتصادی جنوب دریای خزر بررسی نمودند و دریافتند که مقادیر معنی دار میکروپلاستیک در همه گونه‌ها قابل بررسی است (۸). Bessa 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 صید شده بررسی کردند. میکروپلاستیک از دستگاه گوارش ۱۲۰ قطعه از این ماهیان پس از هضم با محلول (۱۰٪ KOH) استخراج شد. در کل ۱۵۷ میکروپلاستیک از مجموع ماهیان بدست آمده (۹۶٪ الیاف و ۴٪ قطعه) با  $1/25 \pm 1/67$  ذره پلاستیک از هر ماهی استخراج شد و پلیمرهای پلاستیکی اصلی شناسایی شده در ماهیان مورد نظر توسط FTIR پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلی استر، پلی آکریلونیتریل و نایلون بودند (۹).

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 بخصوص صیادان وجود دارند و با توجه به لزوم پایش اکوسیستم‌های آبی از نظر آلودگی میکروپلاستیک، هدف از این تحقیق سنجش میزان آلودگی میکروپلاستیک در ماهی کپور معمولی *Cyprinus carpio* از منطقه خلیج گرگان می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

**طرح آزمایش:** خلیج گرگان حوضه‌ی نیمه بسته‌ای است که در منتهی الیه جنوب خاوری دریای خزر واقع است. خلیج گرگان حدود ۲۵ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد به شکل تقریبی مثلثی به وسعت تقریبی چهارصد کیلومتر مربع 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

دهانه ای 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 تحت تأثیر قرار می‌دهند، عبارتند از: گرگان‌رود، قره سو و باغو که در این میان گرگان‌رود از نزدیک دهانه‌ی خلیج گرگان وارد دریا می‌شود. در ایران منطقه خزر با وجود اینکه 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 تحقیق برای مطالعه آلودگی میکروپلاستیک گونه ماهی کپور 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، نمونه برداری از این گونه طی تابستان تا زمستان ۱۳۹۹ بوسیله تورکشی صیادان محلی و به کمک اداره شیلات گرگان انجام شد.



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.

آماده سازی نمونه ها: ماهیان کمتر از ۲ ساعت بعد از صید فریز شدند و قبل از انجام آزمایش عمل یخزدایی در دمای اتاق انجام گرفت. زیست سنجی برای هر ماهی به صورت جداگانه انجام شد. دستگاه گوارش هر ماهی به طور 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 60 درجه سانتیگراد به مدت 24 تا 72 ساعت قرار داده و پس از خشک کردن نمونه‌ها، دوباره وزن خشک اندازه‌گیری شد. برای فرآیند هضم از KOH (10 %) استفاده کرده و به همه اندام‌ها و بافت‌ها اضافه شد. محصول حاصل را در ظروف شیشه‌ای قرار و در آون با دمای 40 درجه سانتیگراد به مدت 48 تا 72 ساعت قرار گرفتند تا فرآیند هضم کامل شد. پس از حل شدن کامل امعا و احشاء، به وسیله 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. روش استخراج مورد استفاده برای ماهی توسط Karimi و همکاران (2016) 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 Optics Co., Ltd., Zhejiang, China) و با دوربین فیلم برداری IC80 HD و با نرم افزار (LAS) صورت گرفت.

شناسایی جنس پلیمر بوسیله دستگاه FT-IR: طیف جذب FTIR به طور متوسط ۶۴ اسکن در محدوده 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

اندازه گیری‌های ریخت سنجی 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 ( $11.5 \pm 1.5$  سانتیمتر)، وزن ( $9.72 \pm 2.94$  گرم) بود.

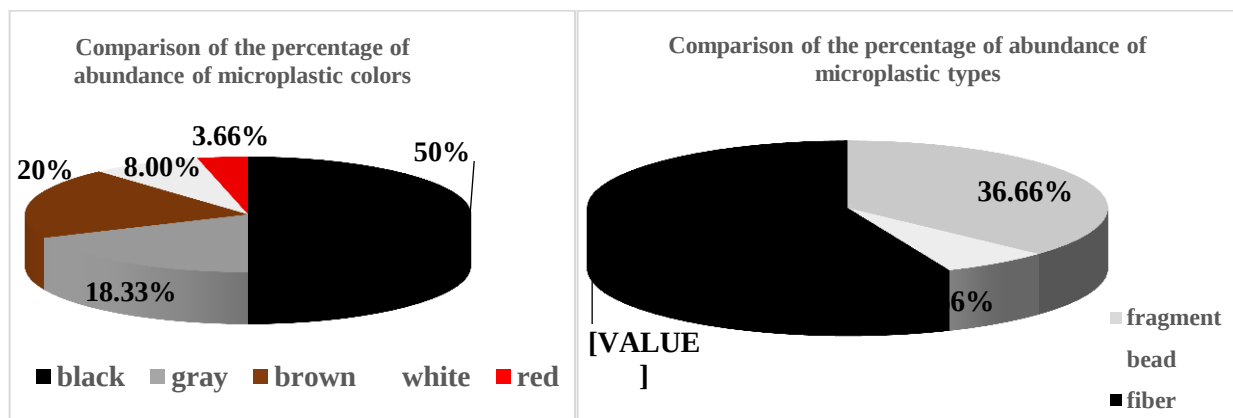
جدول ۱- میانگین زیست سنجی گونه *Cyprinus carpio* و تعداد و اندازه میکروپلاستیک‌های مورد مطالعه

**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           |
|------------------------------|-------------------------|----------------------------|------------|-------------------|------------------------|
| ۳/۷۷-۰/۰۳                    | ۵±۱۲                    | ۱/۱۹±۰/۲۲                  | ۹/۷۲±۱/۳   | ۹/۵۴±۱/۶          | <i>Cyprinus carpio</i> |

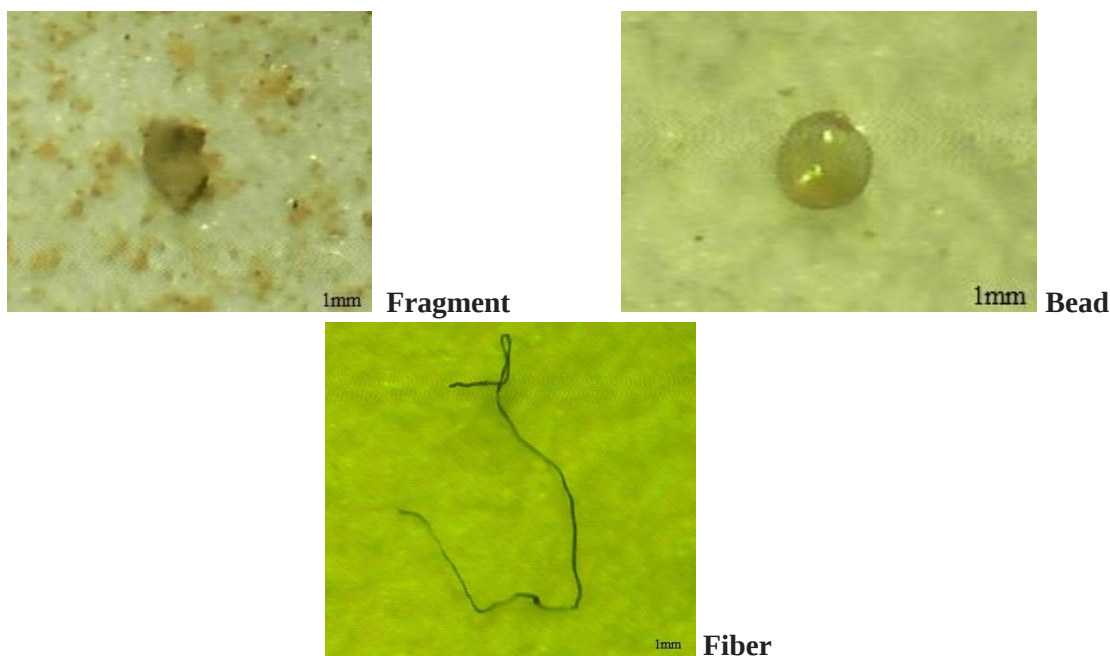
دامنه اندازه MP، ۳/۷۷-۰/۰۳ میلی متر و میانگین اندازه MP، ۰/۴۴ میلی متر در گونه *C. carpio* ثبت شد. بیشترین اندازه مشاهده شده میکرو پلاستیک در ماهی ۰-۰/۵ میلی متر بود. مقایسه درصد فراوانی رنگ و نوع میکرو پلاستیک مشاهده شده در

ماهی کپور در شکل ۲ ارایه شده است. فیبر قابل توجه‌ترین میکروپلاستیک (میانگین ۵۶ درصد) و پس از آن فرگمنت (میانگین ۳۶/۶۶ درصد) بود در حالی که بید زیر ۷ درصد بود (شکل ۳)



شکل ۲ - مقایسه فراوانی نوع و رنگ میکرو پلاستیک‌ها مشاهده شده در گونه *Cyprinus carpio*

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

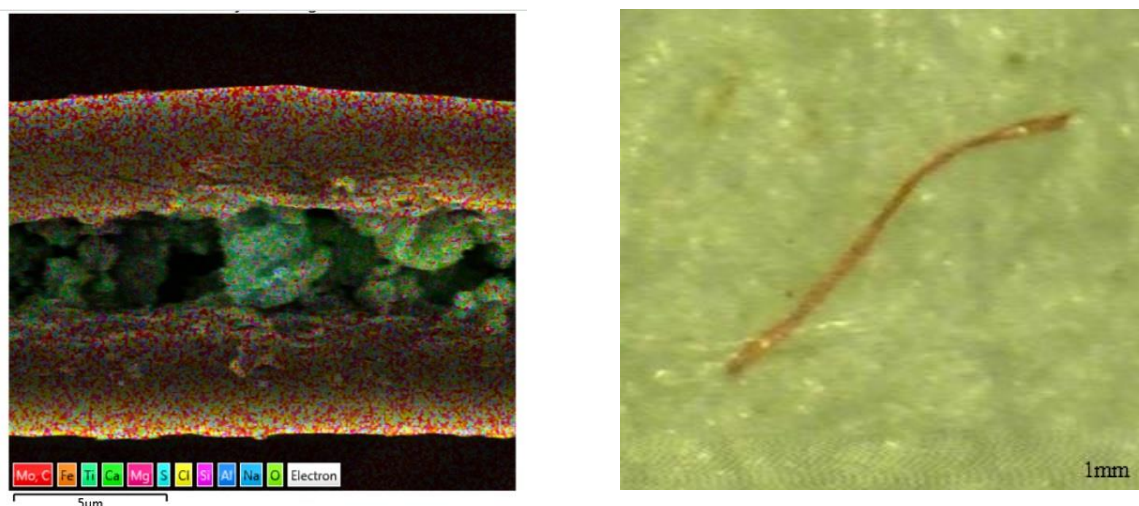


شکل ۳- نمایی از انواع میکرو پلاستیک مشاهده شده در گونه *Cyprinus carpio* در مقیاس ۱mm.

Figure 3. Microscopic images of the different types of microplastics (Fiber, Fragment, Bead) isolated from *Cyprinus carpio* (Scale bar: 1 mm).

بیشترین فراوانی میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه‌های منطقه کشاورزی و مسکونی از Fiber تشکیل شده است. شکل و ساختار فیبر موجود 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٪) و اکسیژن (۱۷/۲۱٪) بودند. شناسایی جنس پلیمر توسط طیف FTIR نشان داد (دستگاه Perkin Elmer مدل ۱ Spectrum) که پیک های جذب در شدت های ۲۸۶۴، ۱۳۶۳، ۱۴۷۰، ۱۱۳۶، ۷۲۶  $\text{cm}^{-1}$  همگی مربوط به پلی اتیلن است. بیشترین درصد از رنگ های مشاهده شده به ترتیب متعلق به رنگ مشکی (۵۰ درصد)، رنگ قهوه ای (۲۰ درصد) و رنگ خاکستری (۱۸/۳۳ درصد) و کمترین آن ها مربوط به رنگ سفید (۸ درصد) و رنگ قرمز (۳/۶۶ درصد) بود.



شکل ۴- فیبر موجود در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به اندازه ۰/۴۳ میلی متر (تصویر سمت راست). پراکنش ترکیب عناصر مختلف موجود در فیبر مورد نظر 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)**

#### بحث

میکروپلاستیک ها به طور گسترده در محیط زیست گسترش یافته اند که منجر به نگرانی در مورد تأثیر آن بر سلامت محیط زیست میشود. میکروپلاستیک توسط طیف گسترده ای از جانوران دریایی بلعیده می شوند (۱۱). هنوز برای تعیین مسیرهای جابجایی از طریق شبکه های غذایی دریایی، مکانیزم های پایدار جذب میکروپلاستیک روشن نیست. بروز آثار زیان باری روی سلامت ماهی ها بدلیل ورود مقادیر بالای میکروپلاستیک به محیط های آبی می باشد، بنابراین پیش بینی تمهیداتی برای کاهش و جلوگیری از ورود این ذرات به محیط زیست آبزیان و در صنایع مختلف دریایی و آبی پروری امری مهم و ضروری به نظر می رسد.

پلاستیک و سایر زباله های انسانی معمولاً در ماهیان دریایی یافت می شود، اما فراوانی و اثرات کاربری اراضی متفاوت بر روی ماهیان آب شیرین تا حد زیادی نامشخص است. ماهیان معمولاً ذرات پلاستیکی را به عنوان مواد غذایی، برحسب مورفولوژی این مواد انتخاب می کنند و ذرات کوچکتر به صورت منفعلانه توسط ماهی خورده می شوند (۱۲). در گونه های دریایی مطالعه شده

نشان داده شده است که بلعیدن میکروپلاستیک‌ها به طور معنی داری با اندازه ذرات مرتبط است (۱۳). میکروپلاستیک‌های کوچک ممکن است اثرات مضر بیشتری روی موجودات آبی داشته باشند. Lusher و همکاران (۱۴) نشان دادند که اندازه کوچک میکروپلاستیک‌ها در مقایسه با ماکروپلاستیک‌ها، 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، ۰/۵ - ۰ میلی‌متر بود که با نتایج Park 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 (۱۵). بیشتر نمونه‌های مورد بررسی مطالعه حاضر مشکی بودند (۵۰٪)، که با نتایج Govender 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 نمونه برداری است که این امر بصورت مشابه در مطالعات می‌باشد (۱۸، ۱۷، ۱۶). در بررسی میکروپلاستیک‌های بافت عضله ماهی سفید دریای خزر توسط تقی زاده و همکارانش در بخش جنوبی دریای خزر، ۸۰٪ 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 ۰/۰۰۰۷ ± ۰/۰۰۰۸ تا ۰/۰۰۱۵ ± ۰/۰۰۳۸ ذره/گرم (n/g) و از ۰/۵۱۷۵ ± ۱ تا ۱/۲۴۶۴ ± ۳/۱۲۵ ذره/فرد (n/I) متغیر است. 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 پلی آمید 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 (2015) 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 دریافتند که ۳۶/۵٪ درصد نمونه‌ها دارای میکروپلاستیک بوده‌اند، درحالی‌که Neves و همکاران (۲۰۱۵) ۲۶ گونه از ماهیان دریایی را در ساحل پرتغال مورد تجزیه و تحلیل قرار داد 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 (۲۱، ۱۱، ۲۰). اثرات فیزیکی شامل انسداد روده و زخم شدن اندام داخلی ممکن است منجر به گرسنگی شود (۲۲). میکروپلاستیک نیز به عنوان حامل مواد شیمیایی مضر عمل می‌کند (۱۴)، به عنوان 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

فرصت طلب 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 تاثیر قرار دهد (۱۱،۲۳). وجود مطالعات در مورد آلودگی میکروپلاستیک در گونه‌های دریایی به طور 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٪) از میکروپلاستیک‌های موجود در محیط دریایی با منشا مصنوعی را میکروفیبرها شامل می‌شوند و توسط موجودات زنده جذب می‌شود (۲۵). بعضی از محققان گزارش کرده اند که مقدار میکروپلاستیک در گونه‌های عمقزی دریا و وابسته به بستر بیشتر از گونه‌های سطح زی 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 روز افزون 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 دامنه دار 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 تلاش‌های آینده برای کنترل آلودگی نشان می‌دهد. هدف از این پژوهش شناسایی نوع و مقدار میکروپلاستیک در ماهی کپور است. تاثیرات 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 به طور 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 تحقیق 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.

- 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'Donnel 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. and P. R. Cowie. (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., and 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. and Uddin, S. (2020). Microplastic ingestion in important commercial fish in the southern Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 160, p.111598.
- 9.Bessa, F.; Barriá, 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.
- 10.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.
- 11.Lusher A.L., McHugh M., Thompson R.C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastronomic 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. 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.
- 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. and Teh, S.J. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific reports*. Vol. 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. and Kideys, 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.
17. Li, J., D. Yang, L. Li, K. Jabeen and H. Shi (2015). "Microplastics in commercial bivalves from China." *Environmental Pollution*. 207: 190-195.
18. Naji, A., Nuri, M. and Vethaak, A.D. (2018). Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environmental Pollution*, 235, pp.113-120.
19. Taghizade Rahmat Abadi, Z. Abtahi, B., Grossart, H.P. and Khodabandeh, S. (2020). Microplastic content of Kutum fish, *Rutilus frisii kutum* in the southern Caspian Sea. *Science of The Total Environment*. 752, p.141542.
20. 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.
21. Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F. and 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. 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.
24. Claessens, M., Van Cauwenberghe, L., Vandegheuchte, 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.
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.

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

Mahsa Yazarloo<sup>1</sup>, Seyed Ali Akbar Hedayati<sup>2</sup>, Mohammad Gholizadeh<sup>3</sup>, Hossein Mostafavi<sup>4</sup>, Abdolazim Fazel<sup>5</sup>

1. Ph.D. Candidate, Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mahsayazarlo@gmail.com

2. Corresponding Author, Prof., 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, Gonbad Kavos University, Gonbad Kavos, 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

### 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.

Keywords: carp, *Cyprinus carpio*, Gorgan Bay, pollution, microplastics