نوع، اندازه، رنگ، فراوانی و ترکیب میکرو پلاستیک‌ها در دستگاه گوارش ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) در سواحل استان گیلان

مصطفی فلاح باقری‌نژاد نیکو [۱]
محمدرضا رحیمی بشر [۲*]

۱ و ۲. گروه بیولوژی دریا، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

***مسئول مکاتبات:**
Rahimibashar@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۹۰۲۰۸۱۵
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۳۰
این مقاله پژوهشی برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

هر گونه مواد جامد پایدار و فرآوری شده که در محیط دریایی یا ساحلی دور انداخته می‌شوند، زباله‌های دریایی نام دارند. بخش بزرگی از این زباله‌ها از پلاستیک تشکیل‌شده که با ورود به زنجیره غذایی اکوسیستم‌های آبی مسائل متعددی را به وجود آورده‌اند. هدف از این تحقیق نیز بررسی وجود، فراوانی، اندازه، شکل و رنگ میکرو پلاستیک‌ها در دستگاه گوارش ماهی کفال طلایی در حوضه جنوب غرب دریایی خزر بوده است. تعداد ۱۰۰ عدد ماهی به‌صورت فصلی و تصادفی در سال ۱۳۹۷ از پره‌های صیادی استان گیلان جمع‌آوری و پس از زیست‌سنجی، کالبدشکافی شدند. نتایج نشان دادند که نمونه‌ها ۸۳ عدد نر و ۱۷ ماده و ۴۹ درصد از ماهیان آلوده بوده و تعداد ۷۰ قطعه میکرو پلاستیک از دستگاه گوارش آن‌ها جداسازی گردید. بین طول و وزن ماهیان با تعداد میکرو پلاستیک‌های موجود در دستگاه گوارش آن‌ها ارتباط معنی‌دار آماری برقرار بوده و ازنظر زمانی در بهار کمترین و در پاییز بیشترین تعداد مشاهده گردید. تمام میکرو پلاستیک‌ها از نوع رشته‌ای و بیشترین فراوانی اندازه مربوط به دسته ۱≤ میلی‌متر بوده و در چهار رنگ سیاه، قرمز، آبی و سبز که رنگ سیاه با ۳۷ قطعه بیشترین فراوانی را دارا بود و درمجموع ۲ نوع پلیمر، پلی‌پروپلین و پلی‌استایرن در دستگاه گوارش ماهیان یافت شد. با توجه به اهمیت کفال‌ماهیان در سبد غذایی مردم حوضه جنوبی خزر و نظر به این‌که این ماهیان با توجه به رژیم غذایشان در مقابل آلودگی بسیار آسیب‌پذیر هستند، نتایج این تحقیق مشخص نمودند که این نوع آلودگی وارد زنجیره غذایی ماهیان حوضه جنوبی خزر شده که باید توجه خاصی به آن مبذول گردد.

واژگان کلیدی: آلودگی، میکرو پلاستیک، کفال طلایی (*Liza aurata*)، دریای خزر.

مقدمه

هرگونه مواد جامد پایدار و فرآوری شده که در محیط دریایی یا ساحلی دور انداخته‌شده‌اند به‌اصطلاح زباله‌های دریایی نامیده می‌شوند. زباله‌های دریایی، اقیانوس‌های جهان را از مناطق قطبی تا استوا آلوده کرده‌اند (Gregory and Ryan, 1997؛ Barnes *et al.*, 2009؛ Zarfl and Matthies, 2010). آن‌ها یا در سطح دریا شناورند (Ryan and Moloney, 1993؛ Barnes and Milner, 2005)، یا بروی بستر قرار می‌گیرند (Galgani *et al.*, 2000) و یا در سواحل تجمع یافته‌اند (Barnes and Milner, 2005).

بخش اعظم (۶۰–۸۰ درصد) زباله‌های دریایی از پلاستیک تشکیل‌شده است. فقط ۱۹۲ کشور ساحلی در سال ۲۰۱۰ حدود ۲۷۵ میلیون تن ضایعات پلاستیکی تولید کرده‌اند (Jambeck *et al.*, 2015) و حدود ۵۰ درصد از پلاستیک‌های تولیدشده پس از یک‌بار استفاده، دفع شده که دراین‌بین مواد بسته‌بندی مهم‌ترین آن‌ها هستند. ۲۰ تا ۲۵ درصد از پلاستیک‌هایی که وارد محیط طبیعی می‌شوند، طول عمر متوسطی دارند و از محصولات مصرفی بادوام، مانند کاربری‌های الکترونیکی و وسایل نقلیه به دست می‌آیند (Hopewell *et al.*, 2009) و برخی می‌توانند چند دهه تا هزاران سال به شکل پلیمری خود باقی بمانند (Hopewell *et al.*, 2009; Thompson *et al.*, 2010). تمامی این پلاستیک‌ها، پلیمرهای آلی

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

مصنوعی بوده که از پلیمریزاسیون مونومرهای استخراج‌شده از نفت خام و گاز ایجاد می‌شوند (Cole *et al.*, 2011). ویژگی پلاستیک‌ها باعث شده است که آن‌ها جایگزین بسیاری از مواد، ازجمله چوب، کاغذ، سنگ، چرم، فلز، شیشه و سرامیک شوند که در محدوده وسیعی از محصولات می‌توان آن‌ها را یافت (Andrady and Neal, 2009). به‌طورمعمول، پلی‌اتیلن بیشترین نوع پلیمری است که در محیط دیده می‌شود (Corcoran *et al.*, 2015؛Ballent *et al.*, 2016 ؛*Castaneda et al.*, 2014).

به‌عنوان‌مثال ۵۳ درصد از تولید پلیمر پلاستیک در ایالات‌متحده را پلی‌اتیلن تشکیل می‌دهد (Jambeck *et al.*, 2015). زباله‌های پلاستیکی پس ورود به محیط دریایی خردشده و به قطعات کوچک تبدیل می‌گردد. طبقه‌بندی پلاستیک‌ها بر اساس اندازه آن‌هاست، به این صورت که این قطعات را به چهار طبقه ماکرو، مزو، میکرو و نانوپلاستیک‌ها تقسیم می‌کنند. اقلام بزرگ مانند بطری آب، کیسه‌های پلاستیکی و ظروف غذا که به‌راحتی برای چشم انسان قابل‌مشاهده هستند را ماکرو پلاستیک (> ۲۰۰ میلی‌متر) و قطعات کوچک‌تر از ۲۰۰ میلی‌متر (۵ تا ۲۰۰ میلی‌متر) که معمولاً با سهولت نسبی قابل‌مشاهده هستند را مزوپلاستیک می‌نامند (Eriksen *et al.*, 2013). در ارتباط با میکرو پلاستیک‌ها هنوز هیچ مرز استانداردی برای آن‌ها تعریف‌نشده است. بسیاری از پژوهش‌گران، میکرو پلاستیک‌ها را به‌عنوان ذرات کوچک‌تر از ۵ میلی‌متر تعریف کرده‌اند (*Arthur et al.*, 2008)، درحالی‌که سایر پژوهشگران بیشترین حد اندازه ذرات را یک میلی‌متر تعیین کرده‌اند (Claessens *et al.*, 2011). به‌طورکلی میکرو پلاستیک‌ها را به میکرو پلاستیک‌های اولیه و ثانویه طبقه‌بندی کرده‌اند. میکرو پلاستیک‌های اولیه در لوازم‌خانگی، محصولات بهداشت شخصی مانند پاک‌کننده صورت، خمیردندان و به میزان کم در پزشکی یعنی به‌عنوان حامل‌هایی دارویی دیده می‌شوند. به‌عنوان‌مثال، تخمین زده‌شده است که تقریباً ۶ درصد از تولید مایعات پاک‌کننده پوستی که در اتحادیه اروپا، سوئیس و نروژ فروخته‌شده‌اند، شامل میکرو پلاستیک‌هایی هستند که بیش از ۹۳ درصد از پلی‌اتیلن (PE) تشکیل‌شده‌اند (Gouin *et al.*, 2015). میکرو پلاستیک‌های ثانویه از بسیاری از منابع بالقوه حاصل می‌شوند و می‌توانند به شکل قطعه‌ای، رشته‌ای و پوسته‌ای مشاهده شوند. میکرو پلاستیک‌های ثانویه از شکستن ذرات پلاستیکی بزرگ‌تر به وجود می‌آیند. هنگامی‌که پلاستیک‌ها وارد محیط می‌شوند، تحت تأثیر فرآیندهای فیزیکی، زیستی و شیمیایی قرار می‌گیرند که این فرآیندها می‌توانند با کاهش یکپارچگی ساختار پلاستیک‌ها منجر به تکه‌تکه شدن آن‌ها شوند. بااین‌وجود، فرآیند تکه‌تکه شدن پلاستیک‌ها می‌تواند قبل از اینکه پلاستیک‌ها وارد محیط شوند، مانند انتشار الیاف مصنوعی هنگام شستن لباس‌ها، اتفاق بیافتد (Da Costa *et al.*, 2016). چگالی ذرات پلاستیکی به‌طور قابل‌توجهی بسته به نوع پلیمر و فرایند تولید متفاوت است (Chubarenko *et al.*, 2016). ذرات پلاستیکی دارای طیف گسترده‌ای از چگالی از ۰/۰۵ گرم بر سانتی مترمکعب برای فوم پلی‌استر تا ۲/۳-۲/۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب برای پلی‌تترا فلورو اتیلن (تفلون) می‌باشند (Duis and Coors, 2016; Chubarenko *et al.*, 2016). نمونه‌برداری از سطح آب (Zhang *et al.*, 2015) و همچنین نمونه‌گیری ساحلی عموماً پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن و گاهی اوقات پلی‌استایرن را به‌عنوان میکرو پلاستیک‌های غالب معرفی می‌کنند (Law *et al.*, 2010).

آلودگی میکرو پلاستیکی در تمام اقیانوس‌های جهان به‌طور آشکار موجودات دریایی را تهدید می‌کند. طیف وسیعی از تاکسون‌های دریایی در سطوح تغذیه‌ای مختلف، از آغازیان (Christaki *et al.*, 1998)، زئوپلانکتون‌ها (Cole *et al.*, 2016)، پرندگان (Van Franeker *et al.*, 2011)، لاک‌پشت‌های دریایی (Tourinho *et al.*, 2010)، ماهیان (Carpenter *et al.*, 1972; Foekema *et al.*, 2013; Rochman *et al.*, 2015; Neves *et al.*, 2015) تا پستانداران دریایی (Besseling *et al.*, 2015; Lusher *et al.*, 2015) تحت تأثیر و در معرض آلودگی‌های پلاستیکی قرار دارند. مشابه بودن اندازه این مواد با رسوبات و برخی از موجودات پلانکتونی، باعث می‌شود که این مواد به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم توسط موجودات آبزی خورده شوند (Gall and Thompson, 2015؛ Gross, 2015). این میکرو پلاستیک‌ها پس از مصرف می‌توانند از طریق دفع یا باقی‌ماندن در بافت‌های حیوانات در معرض حذف باشند (Browne *et al.*, 2008؛ Von Moos *et al.*, 2012). Cole و همکاران (۲۰۱۱) و Wright و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که میکرو پلاستیک‌ها بر بسیاری از گونه‌های دریایی، از سوسپانسیون‌فیدرها

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

و فیلترفیدرها تا تغذیه‌کنندگان از بقایای جانوران تأثیر می‌گذارند و خطرات آن‌ها نه‌تنها شامل مصرف خود پلاستیک، بلکه شامل آلاینده‌های شیمیایی جذب‌شده بروی آن‌ها نیز می‌باشد. مصرف میکرو پلاستیک‌ها نه‌تنها باعث تأثیرات مخرب فیزیکی مانند سایش درونی اندام‌ها و انسداد در بدن موجودات می‌شود، بلکه از طریق جذب سطحی آلاینده‌ها و فلزات سنگین از محیط باعث ایجاد راهی احتمالی برای انتقال این آلودگی‌های ثانویه در موجودات در معرض می‌شوند (Rochman *et al*., 2013).

اثرات فیزیکی میکرو پلاستیک‌ها بر روی موجودات دریایی شامل انسداد روده، مهار ترشح آنزیم معده، کاهش محرک‌های تغذیه، کاهش میزان هورمون استروئید، تأخیر در تخمک‌گذاری و عدم تولیدمثل موفق معرفی‌شده است (McCauley and Bjorndal, 1999؛ Wright *et al*., 2013). ذرات میکرو پلاستیکی ازلحاظ شیمیایی و فیزیکی بر عملکرد و تکامل لارو ماهیان تأثیر می‌گذارند. ذرات پلی‌استایرن مانع از تفریخ می شوند و مصرف آن‌ها منجر به کاهش سرعت رشد و تغییر ترجیح غذایی و رفتارهای غریزی لارو ماهیان می‌شود. علاوه بر این، زمانی که لارو ماهیان در معرض این ذرات قرار می‌گیرند به نشانه‌های خطر بویایی پاسخ نشان نمی‌دهند و میزان مرگ‌ومیر ناشی از تحریک شکارچی به میزان قابل‌توجهی افزایش پیدا می‌کند (Lönnstedt and Eklöv, 2016). همچنین مصرف پلی‌استایرن باعث تغییر رفتار ماهی و اختلال در متابولیسم چربی ماهیان آب شیرین می‌گردد (Cedervall *et al*., 2012).

در چندین سال گذشته توجه به این نوع آلودگی و تعیین فراوانی، ترکیبش در تمامی سواحل جهان و خصوصاً در سواحل ایران به‌شدت موردتوجه قرارگرفته است. به‌عنوان‌مثال توزیع و فراوانی زائدات پلاستیکی در مناطق گردشگری سواحل جنوبی دریای خزر (ساحل ایزد شهر) توسط مسعودنیک و ریاحی‌بختیاری (۱۳۹۴) موردمطالعه قرار گرفت و فراوان‌ترین نوع میکرو پلاستیک‌ها، پلی‌استایرن‌ها (که در صنعت ماهیگیری به‌وفور استفاده می‌شوند) همچنین میکرو پلاستیک‌های سفیدرنگ از فراوانی بیشتری نسبت به سایر میکرو پلاستیک‌ها برخوردار بودند. همچنین مطالعات تعداد میکرو پلاستیک‌ها در رسوبات دریای خزر در استان مازندران نشان داد که در هر کیلوگرم از رسوبات این ناحیه ۲۵ تا ۳۳۰ قطعه با اندازه‌های بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میکرون و بیشترین ترکیب پلی‌استرت با پراکنش لکه‌ای بوده است (Mehdinia *et al*., 2020).

Akhbarizadeh و همکاران (۲۰۱۶) تعداد میکرو پلاستیک‌ها در رسوبات سواحل خارک را بین ۵۹ تا ۲۱۷ قطعه در ۲۰۰ گرم رسوب بیان نمودند. همچنین عنوان کردند که میکرو پلاستیک‌ها در تمام نمونه‌های رسوبات، بیشتر از نوع تکه‌ای و رشته‌ای هستند. Sanchez و همکاران (۲۰۱۴) آلودگی میکرو پلاستیکی ماهی ریز قنات (*Gobio gobio*) در رودخانه‌های فرانسه را موردمطالعه قراردادند. آن‌ها دستگاه گوارش ۱۸۶ قطعه ماهی را تشریح کردند و نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن بود که ۱۲ درصد از ماهیان آلوده به میکرو پلاستیک‌ها هستند.

کفال ماهیان از ذخایر باارزش دریای خزر محسوب می‌شوند که نقش مهمی را در زنجیره غذایی آن ایفا می‌کنند. این ماهیان از راسته سوف ماهی شکلان (Perciformes) و خانواده کفال ماهیان (Mugilidae) می‌باشند که در حال حاضر دو گونه از آن‌ها شامل کفال پوزه‌باریک (*Liza saliens*) و کفال طلایی (*Liza auratus*) در دریای خزر زیست می‌نمایند. این ماهیان از کرم‌ها، نرم‌تنان، سخت‌پوستان و دتریت‌ها تغذیه می‌کنند و به‌صورت گروهی در آب‌های شور، لب‌شور و دهانه (مصب) رودخانه‌ها زیست می‌نمایند. در سن ۴ تا ۶ سالگی بالغ شده و از اوایل شهریور تا اواسط آبان ماه تخم‌ریزی می‌کنند و دارای ارزش اقتصادی بالایی می‌باشند (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷).

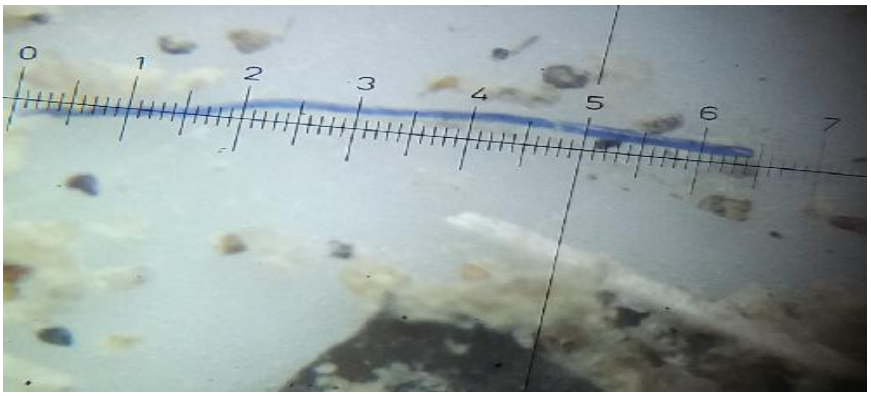
با توجه به اطلاعات بسیار کم در خصوص میزان آلودگی میکرو پلاستیک‌ها در حوضه جنوبی دریای خزر و عدم مطالعات در ماهیان این منطقه، در این تحقیق وجود و عدم وجود، فراوانی، رنگ، شکل و ترکیب میکرو پلاستیک‌ها در دستگاه گوارش ماهی کفال مدنظر و موردبررسی قرار گرفت.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

مواد و روش‌ها

در چهارفصل سال ۱۳۹۷ و در هر فصل ۲۵ نمونه و در کل سال تعداد ۱۰۰ عدد ماهی کفال طلایی از پره‌های صیادی و از صیادان محلی استان گیلان (از بندر انزلی تا چابکسر) به‌صورت تصادفی جمع‌آوری‌شده‌اند. نمونه‌ها در کوتاه‌ترین زمان ممکن پس از صید در فویل آلومینیومی پیچیده و در یخدان به آزمایشگاه منتقل و موردبررسی قرار گرفتند.

جهت زیست‌سنجی نمونه‌ها در آزمایشگاه ابتدا ماهیان وزن شده و طول کل و طول استاندارد آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید (Lusher *et al*., 2015). در ادامه نمونه‌ها کالبدشکافی و دستگاه گوارش آن‌ها با استفاده از قیچی جراحی، در طول خط میانی شکم از چند میلی‌متری مخرج تا ناحیه زیرین بین سرپوش آب‌ششی برش داده و از محل اتصال مری به حلق اقدام به جداسازی دستگاه گوارش ماهیان شد (Biswas, 1993) و تعیین جنسیت نیز از طریق مشاهده مستقیم گناد انجام گرفت. بعد از جداسازی دستگاه گوارش ماهیان، محتویات آن به درون کاغذ فیلتر نیتروسلولزی منتقل و توسط استریو میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی ۴۰ برابر موردبررسی و ذرات میکرو پلاستیک از سایر اجزا جدا شدند (Lusher *et al*., 2015). برای بررسی میکرو پلاستیک‌ها ازلحاظ اندازه از یک عدسی چشمی مدرج استفاده شد. در ابتدا عدسی چشمی کالیبره و سپس تمامی نمونه‌های جداسازی شده اندازه‌گیری شدند و علاوه بر اندازه‌گیری تمام نمونه‌های جداسازی شده ازلحاظ رنگ و شکل موردبررسی قرار گرفتند (شکل ۱).



شکل ۱: اندازه‌گیری میکرو پلاستیک‌ها با استفاده از عدسی چشمی مندرج.

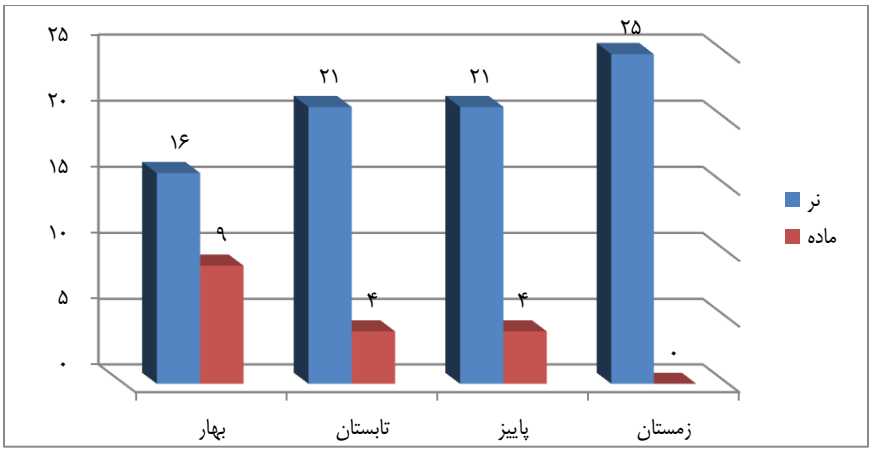
برای تعیین ترکیب پلیمری میکرو پلاستیک‌ها، از دستگاه طیف‌سنج تبدیل فوری مادون‌قرمز (Nor and Obbard, 2014; Avio *et al*., 2015; Tagg *et al*., 2015) مدل نیکولت نکسوز ۴۷۰ ساخت شرکت ترمو نیکولت آمریکا، متصل به نرم‌افزار OMNIC، مجهز به ابزار ثبت انعکاسی (ATR) با سطح آنالیزور کریستال ZnSe، به‌روش ATR استفاده شد. محدوده‌ی موردبررسی ۶۰۰ تا ۴۰۰۰ در سانتی‌متر و طیف‌ها حاصل ۳۲ پیمایش با تفکیک‌پذیری ۴ در سانتی‌متر بودند. قبل از هر آزمون، دستگاه با طیف هوا به‌عنوان زمینه، کالیبره شد، سپس طیف‌ها به‌منظور سنجش امکان تفکیک و شناسایی پلیمرهای میکرو پلاستیک‌ها بر اساس شکل و موقعیت پیک‌ها ارزیابی شدند (تمامی نمونه‌ها در دانشگاه شهید بهشتی تهران مورد ارزیابی قرار گرفتند).

داده‌ها ابتدا در اکسل چیدمان و سپس جهت تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد. برای پیدا کردن سطح معنی‌داری متغیرها از آزمون میانگین‌های یک‌طرفه ($P>0/05$)، همچنین برای مقایسه جفت‌جفت متغیرها از آزمون توکی استفاده گردید ($P>0/05$). پس از مشخص نمودن ارتباط بین متغیرها نمودارهای مختلف برای تحلیل داده‌ها تهیه و مورداستفاده قرار گرفت.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

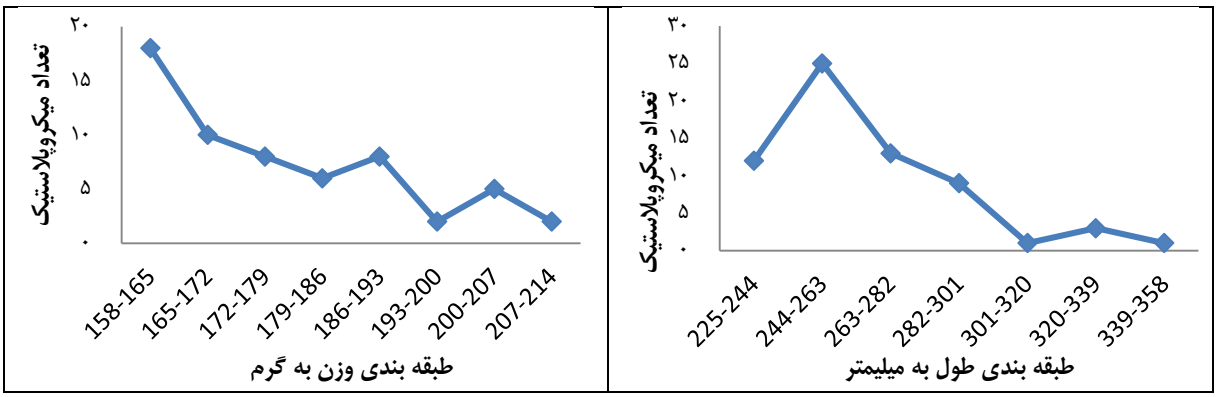
نتایج

در این تحقیق دستگاه گوارش ۱۰۰ قطعه ماهی کفال در طی چهارفصل سال ۱۳۹۷ ازلحاظ آلودگی میکرو پلاستیکی موردبررسی قرار گرفت. تعیین جنسیت ماهیان نشان داد که نمونه‌ها بیشتر نر بوده و در کل جمعیت موردبررسی ۸۳ نمونه نر و ۱۷ نمونه ماهی ماده بررسی شدند. شکل ۲ ترکیب جنسی ماهیان و تعداد نمونه‌ها در دو جنس برحسب فصول نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل ۲: تعداد کل ماهیان کفال بررسی‌شده (*Liza aurata*) در فصول مختلف به تفکیک جنسیت (سال ۱۳۹۷).

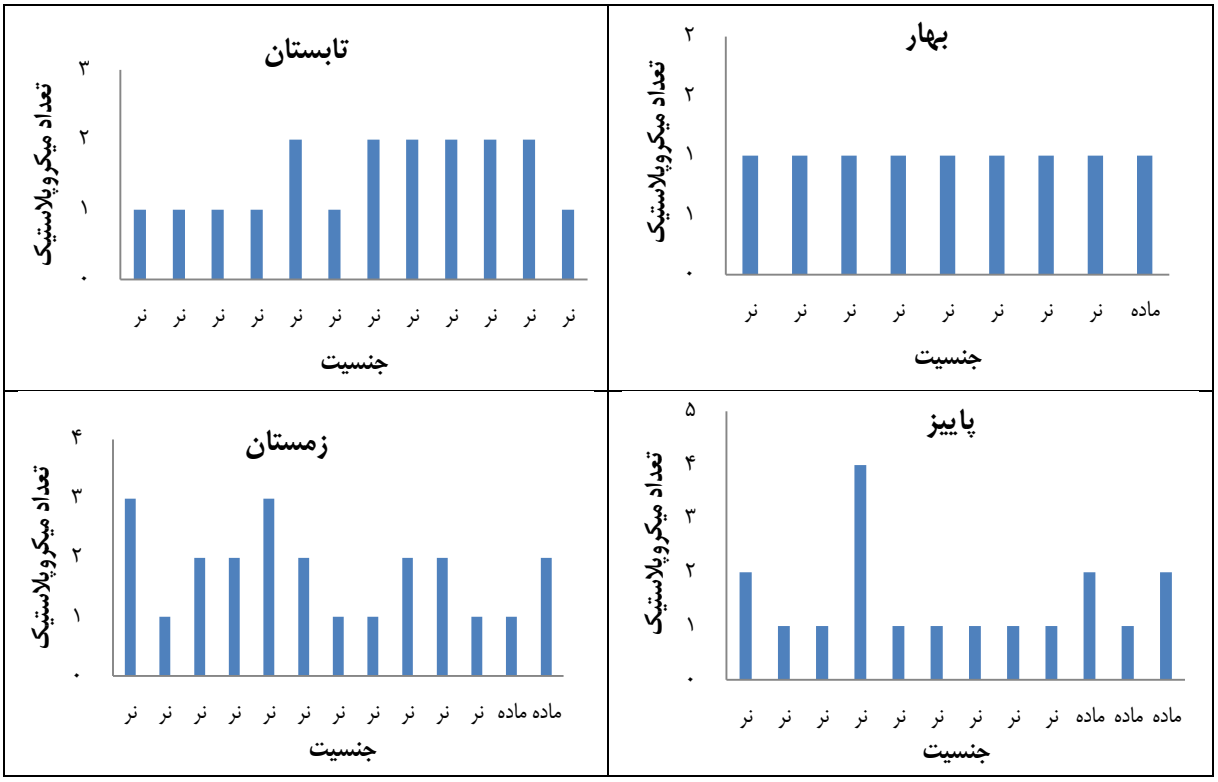
پس از زیست‌سنجی، نمونه‌ها ازلحاظ طول به ۷ طبقه و ازلحاظ وزن به ۸ طبقه مختلف تقسیم‌بندی شدند و ۴۹ درصد از ماهیان کفال دارای آلودگی میکرو پلاستیکی بودند. از ۴۹ ماهی کفال آلوده به میکرو پلاستیک، دستگاه گوارش ۱۷ ماهی (۳۴/۷ درصد) بیشتر از یک قطعه میکرو پلاستیک داشت. نتایج نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین طبقات طول و طبقات وزن با تعداد میکرو پلاستیک‌های مشاهده‌شده وجود دارد و طبقه طولی ۲۶۳-۲۴۴ میلی‌متر و همچنین طبقه وزنی ۱۶۵-۱۵۸ گرم نیز بیشترین میزان آلودگی را داشت که با افزایش وزن تعداد قطعات میکرو پلاستیک یافت شده در دستگاه گوارش ماهیان کاهش یافت (شکل ۳).



شکل ۳: تعداد میکرو پلاستیک‌های مشاهده‌شده در طبقات وزنی و طولی ماهیان کفال (*Liza aurata*) در حوضه جنوب غربی دریایی خزر (سال ۱۳۹۷).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

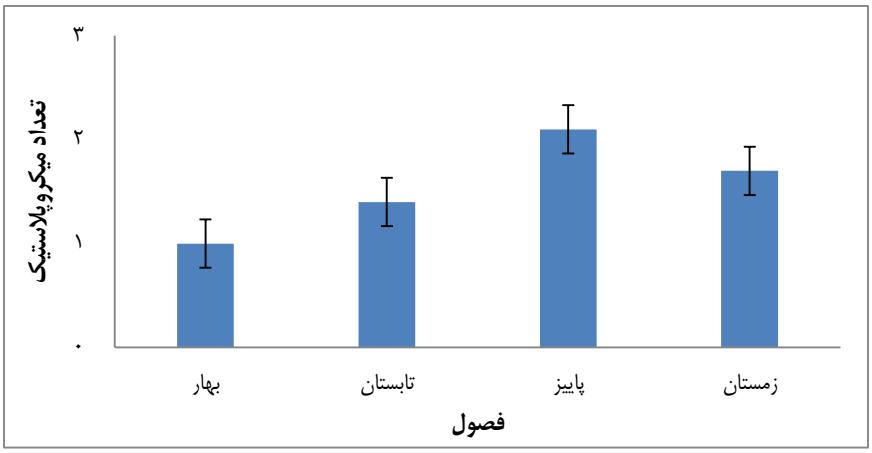
درمجموع ۷۰ میکرو پلاستیک از دستگاه گوارش ماهیان کفال جداسازی شد که برابر با ۰/۷ قطعه به ازای هرماهی کفال می‌باشد. ازلحاظ فراوانی نتایج نشان داد بین جنس نر و ماده ماهی کفال و همچنین بین ماهیان نر این‌گونه در فصول مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P>0/05$). با توجه به شکل ۴ بین فصول بهار– زمستان و تابستان – پاییز ازلحاظ تعداد میکرو پلاستیک‌های موجود در دستگاه گوارش اختلافی وجود دارد، ولی ازلحاظ آماری این اختلاف معنی‌دار نیست.



شکل ٤: تعداد میکرو پلاستیک‌های موجود در دستگاه گوارش ماهیان کفال (*Liza aurata*) در حوضه جنوب غربی دریای خزر در چهارفصل (سال ۱۳۹۷).

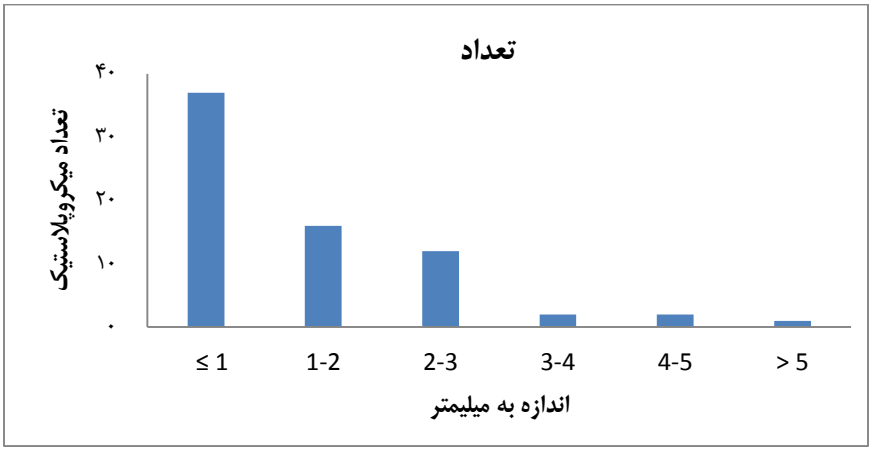
همچنین در فصل بهار کمترین تعداد میکرو پلاستیک و در فصل پاییز بیشترین تعداد میکرو پلاستیک در دستگاه گوارش ماهیان کفال یافت شد (شکل ۵).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]



شکل ۵: میانگین تعداد میکرو پلاستیک‌های یافت شده در دستگاه گوارش ماهیان کفال (*Liza aurata*) در فصول مختلف در حوضه جنوب غرب دریایی خزر (سال ۱۳۹۷).

تمام میکرو پلاستیک‌های اندازه‌گیری شده در این تحقیق از نوع رشته‌ای بودند. ازلحاظ اندازه، میکرو پلاستیک‌ها در ۶ دسته ۱ ≤، ۲-۱، ۳-۲، ۴-۳، ۵-۴ و ۵ < میلی‌متر دسته‌بندی شدند که بیشترین فراوانی مربوط به دسته ۱≤ بود (شکل ۶). درحالی‌که میانگین اندازه آن‌ها ۱/۵ میلی‌متر بود. علاوه بر این میکرو پلاستیک‌های استخراج‌شده، در چهار رنگ سیاه، قرمز، آبی و سبز دیده شدند که رنگ سیاه با ۳۷ قطعه بیشترین فراوانی را دارا بود (شکل ۷).

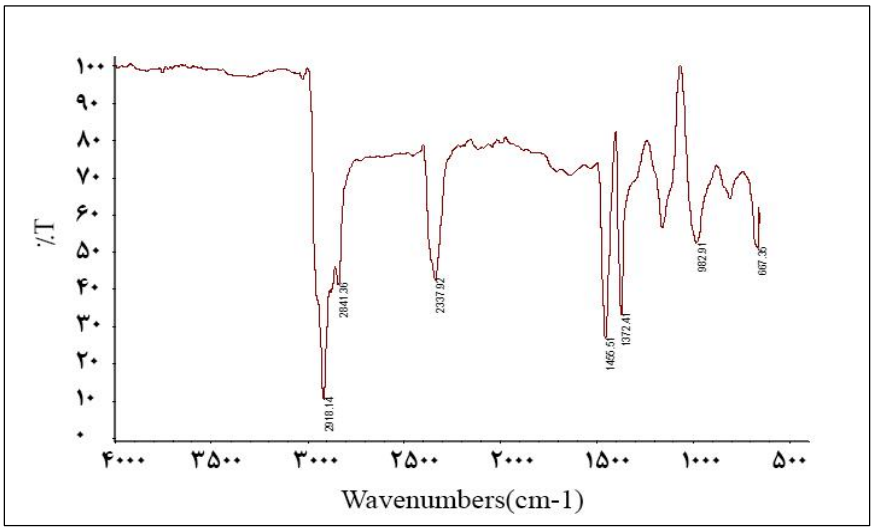


شکل ٦: تعداد میکرو پلاستیک‌های جداشده از دستگاه گوارش ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) با توجه به دسته-بندی اندازه‌ها (سال ۱۳۹۷).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

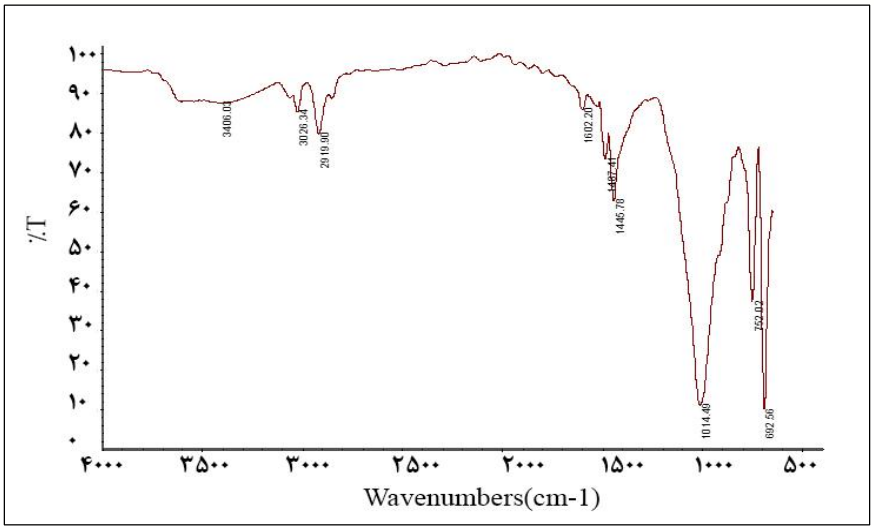
شکل ۷: فراوانی رنگ‌های مختلف میکرو پلاستیک‌های جداشده از دستگاه گوارش ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) در سواحل استان گیلان (سال ۱۳۹۷).

به‌منظور شناسایی پلیمر میکرو پلاستیک‌ها از دستگاه FTIR-ATR استفاده شد. ۱۰ میکرو پلاستیک به‌طور تصادفی با استفاده از موچین برداشته شدند و مورد آنالیز پلیمری قرار گرفتند. درمجموع ۲ پلیمر پلی پروپلین و پلی‌استایرن در دستگاه گوارش ماهیان یافت شد (شکل‌های ۸ و ۹).



شکل ۸: طیف FTIR-ATR پلی‌پروپیلن (PP) از میکرو پلاستیک‌های استخراج‌شده از دستگاه گوارش ماهیان کفال (*Liza aurata*) در دریای خزر (سال ۱۳۹۷).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]



شکل ۹: طیف FTIR-ATR پلی‌استایرن (PS) از میکرو پلاستیک‌های استخراج‌شده از دستگاه گوارش ماهیان کفال (*Liza aurata*) در دریای خزر (سال ۱۳۹۷).

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه برای اولین بار دستگاه گوارش یک‌گونه از ماهیان دریای خزر ازلحاظ آلودگی میکرو پلاستیکی مورد آنالیز قرا گرفت. نتایج نشان داد که ۴۹ درصد از ماهیان کفال طلایی دارای آلودگی میکرو پلاستیکی هستند. تعداد میکرو پلاستیک‌های استخراج‌شده در این تحقیق برابر با ۰/۷ قطعه به ازای هرماهی کفال طلایی می‌باشد. تحقیقات دیگر نیز حضور میکرو پلاستیک‌ها در دستگاه گوارش ماهیان را تائید می‌کند.

پراکنش میکرو پلاستیک‌ها در رسوبات خط ساحلی منطقه‌ی خیرود واقع در نوشهر توسط متاجی و شکرالله‌زاده‌طالشی (۱۳۹۵) موردبررسی قرار گرفت. آن‌ها میکرو پلاستیک‌های یافت شده را ازلحاظ شکل، نوع پلیمر و رنگ باهم موردقیاس قراردادند. انواع میکرو پلاستیک‌ها را در چهار گروه اسفنجی، رشته‌ای، تکه‌پاره کوچک و تکه‌پاره بزرگ تقسیم‌بندی و جنس ستایرن به رنگ سفید را به‌وفور در آن‌ها مشاهده کردند. البته بررسی‌های دقیق‌تر این منطقه نشان داد که در هر کیلومترمربع ۳۴۴۹۵ و در هر کیلو از رسوبات به‌طور متوسط ۲۱۰ قطعه ریز پلاستیک پراکندگی دارد (Mataji *et al.*, 2020).

Foekema و همکاران (۲۰۱۳) هفت گونه از ماهیان دریای شمال را ازلحاظ آلودگی میکرو پلاستیکی موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد که ماهی خاکستری (*Eutrigla gurnardus*) و ماهی تن خال‌خالی (*Scomber scombrus*) دارای هیچ‌گونه آلودگی نمی‌باشند، درحالی‌که پنج گونه دیگر شامل هرینگ (*Clupea harengus*)، ماهی نرم باله اروپایی (*Merlangius merlangus*)، کاد (*Gadus morhua*)، روغن‌مالی کوچک (*Melanogrammus aeglefinus*) و ماهی horse mackerel (*Trachurus*) دارای آلودگی بودند که ماهی کاد با ۳۳ درصد بیشترین میزان آلودگی را دارا بود. Nadal و همکاران (۲۰۱۶) عنوان نمودند دستگاه گوارش ۶۷/۷ درصد از ماهیان *Boops boops* جزایر بالریک با میانگین ۰/۲۵ ± ۳/۷۵ قطعه میکرو پلاستیک به ازای هرماهی، دارای آلودگی می‌باشند. علاوه بر این مطالعه روی ماهیان کف زی و سطحی کانال انگلیس نشان داد ۳۶/۵ درصد از این ماهیان دارای قطعات میکرو پلاستیک در دستگاه گوارش خود می‌باشند. میانگین آلودگی ماهیان ۰/۱۰ ± ۱/۹ قطعه میکرو پلاستیک به ازای هرماهی بود (Lusher *et al.*, 2015). همچنین مطالعات انجام‌شده در آب‌های اقیانوس

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

اطلس بروی ماهیان پلاژیک نشان داد که گونه‌های که شکارهای با اندازه کوچک‌تر را می‌خورند، نسبت به ماهیانی با اندازه شکار بزرگ‌تر دارای آلودگی میکرو پلاستیکی کمتری بوده‌اند (Lopes et *al.*, 2020).

Lusher و همکاران (۲۰۱۵) حضور میکرو پلاستیک‌ها در دستگاه گوارش ۱۰ گونه از ماهیان پلاژیک و کف زی کانال انگلیس را موردمطالعه قراردادند. از مجموع ۵۰۴ ماهی موردبررسی قرارگرفته، ۳۶/۵ درصد آن‌ها دارای آلودگی میکرو پلاستیکی و تمام ۵ گونه ماهیان پلاژیک و ۵ گونه ماهیان کف زی دارای این آلودگی بودند. ۳۵/۶ درصد ذرات پلی آمید و ۵۷/۸ درصد ذرات رایون (ابریشم مصنوعی) بود.

هفت گونه ماهی شامل هرینگ (*Clupea harengus*)، ماهی خاکستری (*Eutrigla gurnardus*)، ماهی نرم باله اروپایی (*Merlangius merlangus*)، ماهی تن خال‌خالی (*Scomber scombrus*)، کاد (*Gadus morhua*)، روغن‌مالی کوچک (*Melanogrammus aeglefinus*)، ماهی horse mackerel (*Trachurus trachurus*) (۱۲۰۳ عدد) در دریای شمال توسط Foekema و همکاران (۲۰۱۳) موردبررسی قرار گرفتند. ۲/۶ درصد از ماهیان (۵ گونه از ۷ گونه) حاوی میکرو پلاستیک‌ها در اندازه‌های ۰/۰۴ تا ۴/۸۸ میلی‌متر بودند. بیشترین میزان مصرف مربوط به ماهی کاد (بیشتر از ۳۳ درصد) بود. در این مطالعه، اثرات فیزیکی ناشی از پلاستیک‌های مصرف‌شده ناچیز بوده، زیرا مقدار مصرف‌شده خیلی کم و اندازه ذرات خیلی کوچک بود که باعث انسداد روده یا احساس سیری شود. Neves و همکاران (۲۰۱۵) دستگاه گوارش ۲۶۳ نمونه از ۲۶ گونه ماهیان تجاری سواحل پرتغال را برای آلودگی میکرو پلاستیکی موردمطالعه قراردادند. آن‌ها دریافتند که در ۱۷ گونه، مطابق با ۱۹/۸ درصد از ماهیان ذرات میکرو پلاستیکی وجود دارد که در ۳۲/۷ درصد آن‌ها بیشتر از یک قطعه میکرو پلاستیک وجود داشت.

مصرف میکرو پلاستیک‌ها به‌وسیله شاه‌ماهی (*Mullus surmuletus*) و پتانسیل استرس اکسیداتیو (حمله‌های بیولوژیک به ارگانیسم بدن) آن توسط Alomara و همکاران (۲۰۱۷) موردمطالعه قرار گرفت. در دستگاه گوارش نزدیک به یک‌سوم (۲۷/۳۰ درصد) از ماهیان میکرو پلاستیک‌ها مشاهده شدند

در حوضه جنوبی دریای خزر تعداد ۱۱۹ گونه ماهی زیست می‌نماید (Esmaeili *et al.*, 2014) و هرکدام از ماهیان دارای رژیم غذایی متفاوت می‌باشند. این گونه‌ها به علت اینکه در شبکه غذایی در سطوح تغذیه‌ای متفاوتی قرار دارند شاخص مناسبی برای ارزیابی آلودگی میکرو پلاستیکی می‌باشند.

در مطالعه حاضر در دستگاه گوارش ۳۴/۷ درصد از ماهیان کفال طلایی بیش از یک قطعه میکرو پلاستیک مشاهده شد. درحالی‌که دستگاه گوارش ۶۵/۳ درصد از ماهیان فقط دارای یک قطعه میکرو پلاستیک بود. Foekema و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که بیش از ۸۰ درصد از ماهیان دریای شمال فقط یک قطعه میکرو پلاستیک مصرف کرده‌اند. آن‌ها پیشنهاد کردند که کم بودن تعداد میکرو پلاستیک‌ها به علت اقامت کوتاه آن‌ها در دستگاه گوارش ماهیان می‌باشد. بررسی‌های انجام‌گرفته بروی ماهیان پلاژیک و دمرسال سواحل شرق اقیانوس اطلس نیز از آلودگی ماهیان این ناحیه و به‌طور متوسط ۲۶ تا ۴۰ درصد گونه تحت بررسی وجود ریز پلاستیک در دستگاه گوارش ماهیان مشاهده گردید که در ماهیان دمرسال میزان مشاهده بیش از ماهیان پلاژیک بوده است (Adika *et al.*, 2020). Neves و همکاران (۲۰۱۵) نیز دستگاه گوارش ۲۶ گونه از ماهیان تجاری سواحل پرتغال (۲۶۳ عدد ماهی) را موردبررسی قراردادند. ۱۹/۸ درصد از ماهیان دارای آلودگی میکرو پلاستیکی بودند و دستگاه گوارش ۶۷/۳ درصد از آن‌ها دارای یک قطعه میکرو پلاستیک بود. آن‌ها عنوان نمودند میکرو پلاستیک‌ها به‌احتمال‌زیاد به‌صورت تصادفی به همراه غذا توسط شکارچیان بصری که از ستون آب تغذیه می‌کنند و یا توسط ماهیان دیگر که به‌طور اشتباه میکرو پلاستیک‌ها را به‌جای غذای خودمصرف می‌کنند، وارد دستگاه گوارش می‌شوند. بااین‌حال، بعید به نظر می‌رسد که میکرو پلاستیک‌ها در دستگاه گوارش ماهیان تجمع یابند. بررسی ماهیان کاد در ایسلند نیز نشان داد که ۲۰/۵ درصد ماهیان دارای آلودگی میکرو پلاستیکی بوده و رابطه معنی‌داری بین افزایش طول ماهیان و تعداد قطعات پلاستیکی بلعیده‌شده برقرار بود (de Vries *et al.*, 2020).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در فصل بهار کمترین تعداد میکرو پلاستیک و در فصل پاییز بیشترین تعداد میکرو پلاستیک در دستگاه گوارش ماهیان وجود دارد. فاخری و رحیمی‌بشر (۱۳۹۸) فراوانی میکرو پلاستیک‌ها در رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر (استان گیلان) را مورد ارزیابی قراردادند. آن‌ها عنوان نمودند که در فصل بهار کمترین میزان میکرو پلاستیک در رسوبات وجود دارد و با توجه به رژیم غذایی ماهی کفال طلایی که از رسوبات کف دریا (کرم‌ها، نرم‌تنان، سخت‌پوستان و دتریت‌ها) تغذیه می‌کند، کم بودن تعداد میکرو پلاستیک‌ها در دستگاه گوارش این ماهیان در فصل بهار را می‌توان مرتبط به کاهش آلودگی میکرو پلاستیکی در رسوبات دریای خزر دانست. از طرفی دیگر در فصل پاییز شاهد بیشترین میزان آلودگی در ماهیان کفال بودایم. اگرچه در این فصل به علت تولیدمثل، میزان تغذیه در ماهیان کفال کاهش می‌یابد. دریای خزر دارای چرخش پاییزه می‌باشد که همین موضوع می‌تواند در دسترس‌پذیری میکرو پلاستیک‌ها را برای ماهیان بیشتر و به دنبال آن علت افزایش آلودگی ماهیان کفال در فصل پاییز باشد.

در مطالعه حاضر تمام میکرو پلاستیک‌های یافت شده از نوع رشته‌ای بودند. فاخری و رحیمی‌بشر (۱۳۹۸) و ارشاد و همکاران (۱۳۹۸) نوع غالب میکرو پلاستیک‌های یافت شده در رسوبات و سطح آب دریای خزر (استان گیلان) را رشته‌ای عنوان کردند. بنابراین با توجه به غلظت بالای میکرو پلاستیک‌های رشته‌ای در رسوبات و سطح آب دریای خزر، حضور این نوع از میکرو پلاستیک‌ها در دستگاه گوارش ماهیان کفال طلایی توجیه‌پذیر می‌باشد. Lusher و همکاران (2015) نوع میکرو پلاستیک‌های یافت شده در دستگاه گوارش ماهیان کف زی و سطحی کانال انگلیس را رشته‌ای ۶۸/۳ درصد، تکه‌پاره ۱۶/۱ درصد و ساچمه‌ای ۱۱/۵ درصد گزارش نمودند. Boerger و همکاران (۲۰۱۰) نوع غالب میکرو پلاستیک‌ها در ماهیان پلانکتون خوار جایر مرکزی آرام شمالی را رشته‌ای ۹۴ درصد عنوان نمودند. Neves و همکاران (۲۰۱۵) از ۷۳ میکرو پلاستیک یافت شده در دستگاه گوارش ماهیان تجاری سواحل پرتغال، ۴۸ قطعه ۶۵/۸ درصد را رشته‌ای و ۲۵ قطعه ۳۴/۲ درصد را تکه‌پاره عنوان نمودند. میکرو پلاستیک‌های تکه‌پاره کوچک می‌توانند بعد از مصرف از طریق مدفوع موجودات دفع شوند؛ ولی قطعات بزرگ‌تر ممکن است در دستگاه گوارش باقی بمانند و منجر به یک حس اشتباه سیری شوند که این موضوع در بسیاری از گروه‌های مهره‌داران گزارش‌شده است (Sheavly, 2010; Ryan *et al*., 2009; Butterworth *et al*., 2012). درحالی‌که ذرات رشته‌ای ممکن است در هم پیچ بخورند و متراکم شوند و منجر به انسداد اندام‌ها شوند و مانع بلع غذا شوند (Derraik, 2002).

بیشتر میکرو پلاستیک‌های شناسایی‌شده در رسوبات و سطح آب سواحل غربی دریای خزر ازلحاظ رنگ، قرمز، سیاه و آبی بودند (فاخری و رحیمی بشر، ۱۳۹۸؛ ارشاد و همکاران، ۱۳۹۸). در این تحقیق نیز میکرو پلاستیک‌ها در ۴ رنگ مختلف سیاه، قرمز، آبی و سبز دسته‌بندی شدند. بنابراین می‌توان عنوان کرد که ارتباط مستقیمی بین رنگ میکرو پلاستیک‌ها در رسوبات، سطح آب و ماهیان کفال طلایی در دریای خزر وجود دارد.Romeo و همکاران (۲۰۱۵) نیز میکرو پلاستیک‌های موجود در دستگاه گوارش ماهیان بزرگ دریای مدیترانه را به رنگ‌های شفاف، سفید، آبی، زرد، خاکستری و قرمز مشاهده نمودند. میکرو پلاستیک‌های رنگی با توجه به شباهت به شکارهای طبیعی در آب‌های دریایی، می‌توانند به‌اشتباه به‌عنوان غذا توسط شکارچیان مصرف شوند (Boerger *et al*., 2010; Browne *et al*., 2011; Lusher *et al*., 2015).

محدوده اندازه میکرو پلاستیک‌های یافت شده در این مطالعه بین ۰/۳ تا ۶/۷ میلی‌متر بود. درحالی‌که ۹۸ درصد از میکرو پلاستیک‌ها (۶۹ عدد) کمتر از ۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. همچنین بیشترین فراوانی میکرو پلاستیک‌ها ازلحاظ اندازه در دسته ۱≤ قرار گرفت. Lusher و همکاران (2015) اندازه میکرو پلاستیک‌های استخراج‌شده از دستگاه گوارش ماهیان کف زی و سطحی کانال انگلیس رابین ۰/۱۳ تا ۱۴/۳ میلی‌متر عنوان نمودند. همچنین آن‌ها نشان دادند که ذرات کمتر از ۵ میلی‌متر ۹۲/۴ درصد از میکرو پلاستیک‌ها را در برمی‌گیرد. Neves و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که میکرو پلاستیک‌های یافت شده در دستگاه گوارش ماهیان تجاری سواحل پرتغال دارای محدوده اندازه ۰/۲۱۷ تا ۴/۸۱ (با میانگین ۱±/۶۷ ۲/۱۱) میلی‌متر هستند. با توجه به اینکه در این مطالعه بیشتر ذرات (۹۸ درصد) کمتر از ۵ میلی‌متر (با میانگین ۱/۵ میلی‌متر) بودند، احتمال کمی وجود دارد که منجر به گرفتگی دستگاه گوارش شوند.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

نتایج تحقیقات در سواحل دریای خزر نشان می‌دهد که پلیمرهای پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌استر و پلی‌استایرن بیشترین فراوانی را در رسوبات و سطح آب دارا می‌باشند (فاخری و رحیمی‌بشر، ۱۳۹۸؛ ارشاد و همکاران، ۱۳۹۸). در مطالعه حاضر قطعات پلی‌استایرن (PS) با وزن مخصوص ۱/۱-۰۴/۱ در سانتی مترو پلی‌پروپیلن با وزن مخصوص ۰/۸۵-۰/۸۳ مورد شناسایی قرار گرفتند. پلی‌استایرن به‌طور گسترده‌ای در بسته‌بندی و مواد یک‌بارمصرف مانند لیوان‌های یک‌بارمصرف و ظروف غذا مورداستفاده قرار می‌گیرد. پلی‌پروپیلن (PP) برای ساخت ابزارهای پلاستیکی سفت‌وسخت، اثاثیه منزل ولوله‌های آب و گاز به دلیل خواص شیمیایی و مکانیکی عالی آن مورداستفاده قرار می‌گیرد. الیاف پلی‌پروپیلن به‌طور وسیعی برای تولیدات نساجی، کف‌پوش، فرش و قالی و همچنین اخیراً در البسه ورزشی و برای ساخت تورهای ماهیگیری استفاده می‌شود. ازآنجایی‌که صیادی یکی از مشاغل مهم برای مردم حاشیه دریای خزر محسوب می‌شود و صیادان از تورهای پره و گوش‌گیر برای صید ماهیان استفاده می‌کنند، بنابراین رهاسازی تورهای ازکارافتاده و همچنین تخریب این تورها در اثر عوامل شیمیایی، فیزیکی و زیستی می‌تواند یکی از علت‌های فراوانی زیاد پلی‌پروپیلن در دستگاه گوارش ماهیان کفال طلایی دریای خزر باشد. در مطالعات دیگر نیز پلیمرهای شناسایی‌شده در دستگاه گوارش ماهیان شامل پلی‌آمید، پلی‌استر و رایون (Lusher *et al*., 2015)، پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، آلکیدرزین، آکریلیک، پلی‌استر، پلی‌آمید و رایون (Neves *et al*., 2015)، پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن ترفتالات و استایرن‌اکریلات بودند.

با توجه به نتایج تحقیقات گذشته مشخص می‌گردد که آلودگی میکرو پلاستیکی در آب‌های ساحلی استان گیلان موجود و در حال ازدیاد است و نتایج این تحقیق نشان داده که حتی این ذرات وارد رژیم غذایی ماهیان شده و احتمالاً در شبکه غذایی خزر جنوبی واردشده است که نیازمند ردیابی حضور این آلاینده در جوامع پلانکتونی، بنتوزها و دیگر ماهیان است. خانواده کفال ماهیان با توجه به رژیم غذایی پوره خواری و رسوب چری، در معرض مصرف میکرو پلاستیک‌های رسوب‌کرده در بستر قرار داشته و آلودگی نیمی از ماهیان موردبررسی در این تحقیق آشکار می‌نمایید که احتمالاً این آلاینده‌ها می‌توانند مسائل مرتبط با مصرف میکرو پلاستیک‌ها مانند انسداد روده، عدم تخم‌ریزی و دیگر مشکلات را در ادامه به همراه داشته باشد که لزوم توجه مسئولین جهت پیگیری میزان وجود و پراکندگی این آلاینده مهم را پیش از پیش آشکار می‌کند.

سپاسگزاری

از مسئولین محترم آزمایشگاه شناسایی پلیمر دانشگاه شهید بهشتی تهران جهت طیف‌سنجی مادون‌قرمز میکرو پلاستیک‌ها و مسئول محترم آزمایشگاه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان که با در اختیار قرار دادن آزمایشگاه و همکاری همه‌جانبه در ثمر رسیدن این پژوهش کمک‌های ارزنده‌ای کرده‌اند، صمیمانه متشکریم.

منابع

ارشاد، آ.، کریم زاده، ک. و رحیمی‌بشر، م. ر.، ۱۳۹۸. فراوانی، الگوی توزیع، اندازه و ترکیب پلیمری میکرو پلاستیک‌ها در آب‌های سواحل استان گیلان. پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (رشته‌ی زیست‌شناسی دریا). دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، دانشکده علوم پایه.

عبدلی، ا. و نادری، م.، ۱۳۸۷. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. ۲۳۷ ص.

فاخری، ص. و رحیمی‌بشر، م. ر.، ۱۳۹۸. فراوانی، الگوی توزیع، اندازه و ترکیب پلیمری میکرو پلاستیک‌ها در رسوبات سواحل استان گیلان. پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (رشته‌ی زیست‌شناسی دریا)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، دانشکده علوم پایه.

متاجی، آ. و شکرالله‌زاده‌طالشی، م.، ۱۳۹۵. پراکنش میکرو پلاستیک‌ها در رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر. چهارمین کنفرانس بین‌المللی ایده‌های نوین در کشاورزی، محیط‌زیست و گردشگری.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

مسعودنیک، م. و ریاحی‌بختیاری، ع.، ۱۳۹٤. بررسی توزیع و فراوانی زائدات پلاستیکی در مناطق گردشگری سواحل جنوبی دریای خزر مطالعه موردی ساحل ایزدشهر. دومین همایش ملی افق‌های نوین در توانمندسازی و توسعه پایدار معماری، عمران، گردشگری، انرژی و محیطزیست شهری و روستایی. همدان، دبیرخانه دائمی همایش، دانشکده شهید مفتح.

Adika, S. A., Mahu, E., Crane, R., Marchant, R., Montford, J., Folorunsho, R. and Gordon, C., 2020. Microplastic ingestion by pelagic and demersal fish species from the Eastern Central Atlantic Ocean, off the Coast of Ghana. Marine Pollution Bulletin, 153: 110998.

Akhbarizadeh, R., Moore, F., Keshavarzi, B. and Moeinpour, A., 2016. Microplastics and potentially toxic elements in coastal sediments of Iran's main oil terminal (Khark Island). Environmental Pollution, 220: 720-731.

Alomara, C., Sureda, A., Capó, X., Guijarro, B., Tejada, S. and Deudero, S., 2017. Microplastic ingestion by Mullus surmuletus Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. Environmental research, 159: 135-142.

Andrady, A. L. and Neal, M. A., 2009. Applications and societal benefits of plastics. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1526): 1977-1984.

Arthur, C., Baker, J. and Bamford, H., 2008. International research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris. In *Conference Proceedings. Sept* (pp. 9-11).

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.

Ballent, A., Corcoran, P. L., Madden, O., Helm, P. A. and Longstaffe, F. J., 2016. Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake Ontario near shore, tributary and beach sediments. Marine pollution bulletin, 110(1): 383-395.

Barnes, D. K. and Milner, P., 2005. Drifting plastic and its consequences for sessile organism dispersal in the Atlantic Ocean. Marine Biology, 146(4):815-825.

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 B: Biological Sciences, 364(1526): 1985-1998.

Besseling, E., Foekema, E. M., Van Franeker, J. A., Leopold, M. F., Kühn, S., Rebolledo, E. B., Hebe, E., Mielke, L., L. Mielke, J. IJzer, P. Kamminga and Koelmans, A. A., 2015. Microplastic in a macro filter feeder: humpback whale *Megaptera novaeangliae*. Marine pollution bulletin, 95(1): 248-252.

Biswas, S. P., 1993. Manual of methods in fish biology. South Asian Publishers.

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*, *60*(12), 2275-2278.

Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. and Thompson, R., 2011. Accumulation of microplastic on shorelines woldwide: sources and sinks. Environmental science and technology, 45(21): 9175-9179.

Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M. and Thompson, R. C., 2008. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). Environmental science and technology, 42(13): 5026-5031.

Butterworth, A., Clegg, I. and Bass, C., 2012. Untangled–Marine debris: a global picture of the impact on animal welfare and of animal-focused solutions. World Society for the Protection of Animals, London, 75p.

Carpenter, E. J., Anderson, S. J., Harvey, G. R., Miklas, H. P. and Peck, B. B., 1972. Polystyrene spherules in coastal waters. Science, 178(4062): 749-750.

Castañeda, R. A., Avlijas, S., Simard, M. A. and Ricciardi, A., 2014. Microplastic pollution in St. Lawrence River sediments. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 71(12): 1767-1771.

Cedervall, T., Hansson, L. A., Lard, M., Frohm, B. and Linse, S., 2012. Food chain transport of nanoparticles affects behaviour and fat metabolism in fish. PloS one, 7(2): e32254.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

Christaki, U., Dolan, J. R., Pelegri, S. and Rassoulzadegan, F., 1998. Consumption of picoplankton- size particles by marine ciliates: Effects of physiological state of the ciliate and particle quality. Limnology and Oceanography, 43(3): 458-464.

Chubarenko, I., Bagaev, A., Zobkov, M. and Esiukova, E., 2016. On some physical and dynamical properties of microplastic particles in marine environment. Marine pollution bulletin, 108(1-2):105-112.

Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K. and Janssen, C. R., 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. Marine pollution bulletin, 62(10): 2199-2204.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. and Galloway, T. S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. Marine pollution bulletin, 62(12): 2588-2597.

Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J. and Galloway, T. S., 2016. Microplastic ingestion by zooplankton. Environmental science and technology, 47(12): 6646-6655.

Corcoran, P. L., Norris, T., Ceccanese, T., Walzak, M. J., Helm, P. A. and Marvin, C. H., 2015. Hidden plastics of Lake Ontario, Canada and their potential preservation in the sediment record. Environmental Pollution, 204: 17-25.

Da Costa, J. P., Santos, P. S., Duarte, A. C. and Rocha-Santos, T., 2016. (Nano) plastics in the environment–sources, fates and effects. Science of the Total Environment, 566: 15-26.

Derraik, J. G., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine pollution bulletin, 44(9): 842-852.

de Vries, A. N., Govoni, D., Árnason, S. H. and Carlsson, P., 2020. Microplastic ingestion by fish: Body size, condition factor and gut fullness are not related to the amount of plastics consumed. Marine Pollution Bulletin, 151: 110827.

Duis, K. and Coors, A., 2016. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. Environmental Sciences Europe, 28(1): 2.

Eerkes-Medrano, D., Thompson, R. C. and Aldridge, D. C., 2015. Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. Water research, 75: 63-82.

Eriksen, M., Maximenko, N., Thiel, M., Cummins, A., Lattin, G., Wilson, S., Hafner J., Zellers A. and Rifman, S., 2013. Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. Marine pollution bulletin, 68(1-2): 71-76.

Esmaeili, H.R., Coad, B.W., Mehraban, H.R., Masoudi, M., Khaefi, R., Abbasi, K., Mostafavi H. and Vatandoust, S., 2014. An updated checklist of fishes of the Caspian Sea basin of Iran with a note on their zoogeography. Iranian Journal of Ichthyology, 1(3): 152-184.

Foekema, E. M., De Gruijter, C., Mergia, M. T., van Franeker, J. A., Murk, A. J. and Koelmans, A. A., 2013. Plastic in North Sea fish. Environmental science & technology, 47(15): 8818-8824.

Gall, S. C. and Thompson, R. C., 2015. The impact of debris on marine life. Marine pollution bulletin, 92(1-2): 170-179.

Galgani, F., Leaute, J. P., Moguedet, P., Souplet, A., Verin, Y., Carpentier, A., Goraguer, H., Latroutte, D. , Andral, B., Cadiou , Y., Mahe , J. C., Poulard J. C. and Nerisson ,P., 2000. Litter on the sea floor along European coasts. Marine pollution bulletin, 40(6): 516-527.

Gouin, T., Avalos, J., Brunning, I., Brzuska, K., De Graaf, J., Kaumanns, J., Konog, T., Meyberg, M., Rettinger, K., Schlatter, H., 2015. Use of micro-plastic beads in cosmetic products in Europe and their estimated emissions to the North Sea environment. SOFW Journal, 141(4): 40-46.

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 (pp. 49-66). Springer, New York, NY.

Gross, M., 2015. Oceans of plastic waste: Current biology, Vol. 25, R93-R96.

Hopewell, J., Dvorak, R. and Kosior, E., 2009. Plastics recycling: challenges and opportunities. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1526): 2115-2126.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. and Lavender Law, K. L., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, 347(6223): 768-771.

Law, K. L., Morét-Ferguson, S., Maximenko, N. A., Proskurowski, G., Peacock, E. E., Hafner, J. and Reddy, C. M. 2010. Plastic accumulation in the North Atlantic subtropical gyre. Science, 329(5996), 1185-1188.

Lönnstedt, O. M. and Eklöv, P., 2016. Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology. Science, 352(6290): 1213-1216.

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

Lusher, A. L., Hernandez-Milian, G., O'Brien, J., Berrow, S., O'Connor, I. and Officer, R., 2015. Microplastic and macroplastic ingestion by a deep diving, oceanic cetacean: The True's beaked whale Mesoplodon mirus. Environmental Pollution, 199: 185-191.

Mataji, A., Taleshi, M. S. and Balimoghaddas, E., 2020. Distribution and Characterization of Microplastics in Surface Waters and the Southern Caspian Sea Coasts Sediments. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, *78*(1): 86-93.

McCauley, S. J. and Bjorndal, K. A., 1999. Conservation implications of dietary dilution from debris ingestion: sublethal effects in post- hatchling loggerhead sea turtles. Conservation biology, 13(4): 925-929.

Mehdinia, A., Dehbandi, R., Hamzehpour, A. and Rahnama, R., 2020. Identification of microplastics in the sediments of southern coasts of the Caspian Sea, north of Iran. Environmental Pollution, 258:113738.

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, 214: 517-523.

Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L. and Pereira, T., 2015. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. Marine pollution bulletin, 101(1): 119-126.

Nor, N. H. M., and Obbard, J. P., 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine pollution bulletin*, *79*(1-2), 278-283.

Rochman, C. M., Browne, M. A., Halpern, B. S., Hentschel, B. T., Hoh, E., Karapanagioti, H. K., Rios-Mendoza, L.M., Takada, H., and Thompson, R. C., 2013. Classify plastic waste as hazardous. Nature, 494(7436): 169-171.

Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., and Teh, S. J. (2015). Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. Scientific reports, 5: 14340.

Ryan, P. G. and Moloney, C. L., 1993. Marine litter keeps increasing. Nature, 361(6407): 23-23.

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 B: Biological Sciences, 364(1526): 1999-2012.

Sanchez, W., Bender, C. and Porcher, J. M., 2014. Wild gudgeons (*Gobio gobio*) from French rivers are contaminated by microplastics: preliminary study and first evidence. Environmental research, 128: 98-100.

Sheavly, S. B., 2010. National marine debris monitoring program. Lessons learned, 26p.

Tagg, A. S., Sapp, M., Harrison, J. P., and Ojeda, J. J., 2015. Identification and quantification of microplastics in wastewater using focal plane array-based reflectance micro-FT-IR imaging. *Analytical chemistry*, *87*(12), 6032-6040.

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 (Washington), 304(5672): 838.

Tourinho, P. S., do Sul, J. A. I., and Fillmann, G. (2010). Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil? *Marine Pollution Bulletin*, *60*(3), 396-401.

Van Franeker, J. A., Blaize, C., Danielsen, J., Fairclough, K., Gollan, J., Guse, N., Hansen, P. L., Heubeck, M., Jensen, J. K., Le Guillou, and Olsen, B., 2011. Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar Fulmarus glacialis in the North Sea. Environmental pollution, 159(10): 2609-2615.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

Von Moos, N., Burkhardt-Holm, P. and Köhler, A., 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel Mytilus edulis L. after an experimental exposure. Environmental science and technology, 46(20): 11327-11335.

Wright, S. L., Rowe, D., Thompson, R. C. and Galloway, T. S., 2013. Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. Current Biology, 23(23): R1031-R1033.

Zarfl, C. and Matthies, M., 2010. Are marine plastic particles transport vectors for organic pollutants to the Arctic?. Marine Pollution Bulletin, 60(10): 1810-1814.

Zhang, K., Gong, W., Lv, J., Xiong, X. and Wu, C., 2015. Accumulation of floating microplastics behind the Three Gorges Dam. Environmental Pollution, 204: 117-123.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]