Food Hygiene, Vol. 12, No. 46, Summer 2022

"Mini-review article" **DOI: 10.30495/JFH.2022.1967981.1377**

Microplastics, an emerging challenge for food safety

Karim, G.

Professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Tehran University, Tehran, Tehran, Iran
*Corresponding author: gkarim20@gmail.com
(Received: 2022/8/11 Accepted: 2022/10/17)

Abstract

Microplastics (MPs) have been identified as emerging environmental pollutants classified as primary or secondary based on their source. Composition, shape, size, and color, among other characteristics, are associated with their capacity to access the food chain and their risks. While the environmental impact of MPs has received much attention, the risks for humans derived from their dietary exposure have not been yet assessed. Several institutions and researchers support that the current knowledge does not supply solid data to complete a solid risk characterization of dietary MPs. The aim of this paper is to review the current knowledge about MPs in foods and to discuss the challenges and gaps for a risk analysis. The presence of MPs in food and beverages has been worldwide observed, but most authors considered the current data to be not only insufficient, but of questionable quality, mainly because of the outstanding lack of consensus about a standardized quantifying method and a unified nomenclature. Drinking water, crustaceans/molluscs, fish, and salt have been identified as relevant dietary sources of MPs for humans by most published studies. The hazard characterization presents several gaps concerning the knowledge of the toxicokinetic, toxicodynamic, and toxicity of MPs in humans that impede the estimation of food safety standards based on risk.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Micro plastics, water, Food stuffs, Environment

«مقاله مروری کوتاه»
DOI: 10.30495/JFH.2022.1967981.1377

ریز پلاستیک‌ها، چالشی نوظهور برای سلامت آب و غذا

گیتی کریم
استاد گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
*نویسنده مسئول مکاتبات: gkarim20@gmail.com
(دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۵/۲۰ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۷/۲۵)

چکیده

ریزپلاستیک‌ها به‌عنوان آلاینده‌های نوظهور محیط زیست شناخته می‌شوند که بر حسب منبع تولید، به ریزپلاستیک‌های اولیه و ثانویه طبقه‌بندی می‌شوند. شکل، اندازه و رنگ در بین سایر ویژگی‌ها، از دیگر مختصات آن‌هاست که توانایی این مواد را برای دستیابی به زنجیره غذایی و خطرات ناشی از آن تعیین می‌کند. در حالی‌که اثرات زیست‌محیطی ریزپلاستیک‌ها مورد توجه بسیاری قرار گرفته است، بررسی میزان خطرات ناشی از در معرض قرار گرفتن انسان به غذاهای آلوده به ریزپلاستیک‌ها هنوز به‌طور کامل ارزیابی نشده است. هدف از بررسی حاضر مرور اجمالی اطلاعات و دانش کنونی در مورد وجود ریزپلاستیک‌ها در مواد غذایی و نوشیدنی و اثر سوء آن‌ها بر موجودات زنده و انسان است. محققین داده‌های موجود را نه‌تنها ناکافی، بلکه سئوال برانگیز و مبهم می‌دانند؛ زیرا یک روش کمی، استاندارد و واحد برای اندازه‌گیری وجود ندارد. در بین مواد غذایی، سخت‌پوستان، نرم‌تنان، ماهی‌ها، آب و نمک به‌عنوان منابع شناخته شده آلوده به ریزپلاستیک‌ها هستند که برای سلامت انسان خطرآفرین شناسایی شده‌اند. لذا علاوه بر مطالعه روی آلودگی سایر انواع مواد غذایی، ضروری است روش‌های تشخیص استانداردسازی شوند. هم‌چنین راه‌های کاهش ورود یا حذف این مواد از منابع آبی و غذایی مورد توجه و بررسی‌های بیش از بیش قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ریزپلاستیک‌ها، آب، مواد غذایی، محیط زیست

مقدمه

ریزپلاستیک‌ها (Microplastics) ذرات پلاستیکی با اندازه کمتر از ۵ میلی‌متر هستند که در هوا، آب و خاک حضور دارند و با اثرات زیان‌باری که روی این محیط‌ها و موجودات زنده می‌گذارند، محیط‌زیست و سلامت انسان را به‌خطر می‌اندازند. تولید انبوه پلاستیک و استفاده از آن‌ها که از سال ۱۹۴۰ آغاز شده است و به‌جهت داشتن ویژگی‌هایی نظیر انعطاف‌پذیری، سختی، مقاومت دمایی بالا و ضدآب بودن، تولید و مصرف آن‌ها در حال افزایش بوده است. پلاستیک از جمله مواد کاربردی در صنایع مختلف، از جمله صنایع غذایی است که موجب ورود آن‌ها به محیط زیست می‌شود (Herbort *et al.*, 2018). مواد پلاستیکی می‌توانند از طریق آب و زنجیره غذایی آلودگی ایجاد کنند، لذا موجب آسیب به سلامت موجودات زنده و انسان می شوند (Collard *et al.*, 2019). طبق برآوردها، حدود ۸۰ درصد مواد پلاستیکی، خصوصاً انواع یکبار مصرف، به‌صورت پسماند وارد محیط می‌شوند. با توجه به این‌که این گونه پسماندها تجزیه بسیار آهسته‌ای دارند، به‌سرعت در محیط انباشته شده و به آلاینده‌های زیست‌محیطی تبدیل می‌شوند (Parenti *et al.*, 2019).

ریزپلاستیک‌ها دارای شکل، رنگ و اندازه‌های مختلفی هستند و به اشکال کروی و فیبری دیده می‌شوند؛ اما به‌مرور زمان این اشکال تغییر پیدا کرده و تشخیص منبع آن‌ها را دچار مشکل می‌کند. رنگ ریزپلاستیک‌ها از دیگر ویژگی‌های آن‌هاست. بر اساس مطالعات انجام شده، رنگ ریزپلاستیک‌ها می‌تواند میزان آلودگی آن‌ها توسط مواد شیمیایی را مشخص کند. برای مثال، بیشترین آلودگی شیمیایی در ریزپلاستیک‌های زرد و سیاه دیده شده است (Crawford and Quinn, 2016).

خطر ناشی از ریز پلاستیک‌ها برای سلامت انسان و محیط زیست به یک معضل و نگرانی تبدیل شده است. مطالعات در ارتباط با این مواد و سلامت مواد غذایی هنوز در ابتدای راه است. از طرفی بررسی‌های انجام گرفته و مقایسه روش‌های تشخیص و اندازه‌گیری، آسان نیستند و همیشه منجر به نتیجه قطعی نمی‌شوند (Rainieri and Barranco, 2019). اما آن‌چه مسلم است این است که امروزه ریزپلاستیک‌ها یک خطر جدی برای محیط زیست هستند و در تمام زیستگاه‌های دریایی و خاکی یافت می‌شوند. با این حال هنوز اطلاعات جهانی در مورد آن‌ها کامل نیست؛ به‌طوری‌که در میان ۱۹۳ کشور جهان تنها ۴۴ (۲۲/۹ درصد) کشور مطالعاتی روی آلودگی ریزپلاستیک‌ها، آن‌هم عمدتاً در زمینه اثر این مواد بر موجودات آبزی و ماهی‌ها انجام داده‌اند و هم‌چنان اطلاعات در مورد سایر جانداران، از جمله انسان کافی نیست (Ajith *et al.*, 2020). قرار گرفتن انسان در معرض ریزپلاستیک‌های موجود در آب و غذا (با توجه به تجمع فزاینده ریزپلاستیک‌ها) به نگرانی قابل‌توجهی تبدیل شده است. تخمین میزان در معرض قرار گرفتن انسان از طریق مصرف مواد غذایی به‌دلیل نبود مطالعات در مورد سایر اقلام غذایی (به‌جز آبزیان)، کار دشواری است. روش‌های آزمون هنوز نیاز به بهینه‌سازی دارند تا بتوانند راه حل مناسبی برای بازیابی مناسب ریزپلاستیک در ماتریس‌های مختلف مواد غذایی باشند. ضمن این‌که، ریزپلاستیک ها ممکن است در حین فرآیند پخت و پز به ماده غذایی اضافه یا حذف شوند. لذا پژوهش روی

مواد غذایی فرآوری شده، جهت تخمین سهم مواد غذایی در ورود ریزپلاستیک‌ها به بدن انسان و کاهش در معرض قرار گرفتن در آینده، سهم به‌سزایی دارد (Ajith *et al* 2020).

- وجود ریزپلاستیک‌ها در آب و مواد غذایی

- آب و منابع آبی

مقصد نهایی ریزپلاستیک‌ها اکثراً به‌سمت محیط‌های آبی است و به‌دلیل پایداری شیمیایی، ممکن است برای هزاران سال در منابع آبی باقی بمانند. بر اساس سنجش‌های انجام شده، هر سال میزان پلاستیک‌ها و ریزپلاستیک‌ها در رودخانه‌ها افزایش می‌یابند که خسارات زیاد اقتصادی از طریق اکوسیستم آبی ایجاد می‌کنند (Collard *et al*., 2019; Parenti *et al*., 2019). از طرفی، به‌دلیل ضعف مدیریت به‌روز شده پسماندها، حتی منابع آبی که جمعیت کمی در اطراف آن زندگی می‌کنند، حاوی آلودگی بالایی از ریز پلاستیک‌ها هستند. گستره آلودگی ریزپلاستیک‌ها به‌عوامل مختلف وابسته است و در منابع آبی تنوع زیادی دارند (Herbort *et al*., 2018). آلودگی در آب‌های آزاد و مزارع آبزی‌پروری نیز مشاهده شده است. این مواد عمدتاً در دستگاه گوارش آبزیان گزارش شده‌اند و مشخص نیست که چگونه به بافت‌های خوراکی موجودات آبزی راه پیدا می‌کنند. قرار گرفتن انسان در معرض ریزپلاستیک‌ها به‌دلیل مصرف بافت ماهی و سایر آبزیان خوراکی نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد (Ajith *et al*., 2020).

- آب بطری شده و بسته‌بندی

امکان آلودگی آب بطری شده بسیار زیاد است. در مطالعه‌ای از ۲۵۹ نمونه بطری آب، ۹۳ درصد آن‌ها آلودگی به ریزپلاستیک‌ها را نشان دادند (Mason *et al*., 2018). با توجه به استقبال زیاد از مصرف آب بطری شده در سراسر جهان، چنین مطالعاتی جهت آگاهی سلامت انسان نیاز به حمایت بیشتری دارد.

- نمک سفره

ریزپلاستیک‌های یافت شده در اقیانوس‌ها و محیط‌های آبی تنها یک درصد از کل این مواد رها شده در محیط‌های آبی هستند. مابقی آن می‌توانند در رسوبات ته‌نشین شده و به سواحل راه پیدا کنند یا توسط موجودات زنده بلعیده شوند (Rhodes, 2018). از آن‌جا که نمک سفره معمولاً از آب دریا استحصال می‌شود، که احتمالاً آلوده به ریزپلاستیک‌هاست، لذا امکان ورود این آلاینده در نمک دریا بسیار محتمل است (Ajith *et al*., 2020).

- شیر و فرآورده‌های آن

مطالعه در مورد آلودگی شیر و فرآورده‌های آن به ریزپلاستیک‌ها بسیار محدود بوده است. در تنها مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۰ در مکزیک انجام شد، آلودگی میکروپلاستیک‌ها در ۲۲ نمونه شیر مصرفی بزرگسالان و ۱ نمونه شیر مخصوص کودکان مورد مطالعه قرار گرفت و مقدار متوسط آلودگی ۲/۳ ± ۶/۵ ذره به‌ازای هر لیتر نمونه گزارش شد که در قیاس با سایر مواد غذایی مایع مطالعه شده، سطح آلودگی کمتری داشت (Kutralam *et al*., 2020). با توجه به ارزش غذایی بالا و پرطرفدار بودن شیر و فرآورده‌های آن، بررسی آلودگی ریزپلاستیک‌ها در این گروه از مواد غذایی دارای اهمیت زیادی است.

- گوشت و فرآورده‌های آن

ظروف یک‌بار مصرف اغلب از جنس پلی‌استایرن (Polystyrene) اکسترود شده هستند. تحقیقات نشان

داده است، این دسته از ریزپلاستیک‌ها می‌توانند گوشت یا فرآورده‌های گوشتی بسته‌بندی شده را آلوده کنند. این‌که «آیا گوشت بسته‌بندی شده پس از پخت، دارای همان میزان آلودگی با ریزپلاستیک‌هاست یا خیر؟»، موضوعی است که نیاز به بررسی دارد (Kedzierski *et al.*, 2020).

- مواد غذایی بسته‌بندی شده

وجود ریزپلاستیک‌ها در مواد غذایی بسته‌بندی شده با پوشش‌های پلاستیکی نظیر برنج، یخ و چای مشاهده شده است. به‌عنوان مثال از هر کیسه چای ۰/۰۷+۱/۱۳ میلی‌گرم نایلون آزاد می‌شود که با یک روش ساده بر اساس طیف‌سنجی مادون قرمز (FT-IR) قابل تشخیص است (Cella *et al.*, 2022).

- ظروف بسته‌بندی مواد غذایی

به پلاستیک‌هایی که برای تهیه ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند و تهیه آن‌ها با فرایند حرارت‌دهی همراه است، «*ترموپلاستیک‌ها*» اطلاق می‌شوند. این گونه پلاستیک‌ها اکثراً شامل پلی‌اتیلن (PE)، پلی‌پروپیلن (PP)، پلی‌استایرن (PS)، و پلی‌اتیلن ترفتالات (Pet) هستند. در بیشتر مطالعات انجام شده روی مواد غذایی، ریزپلاستیک‌ها دارای منشأ این مواد پلاستیکی بوده‌اند. هم‌چنین سلوفان (Cellophane) در نمک، ماهی و صدف یافته شده است(Cella *et al.*, 2022). بررسی‌های انجام شده بیشتر شامل محیط‌های مختلف آبی و مواد غذایی و غذاهای دریایی و جستجوی ریزپلاستیک‌ها در آن‌ها بوده است. مطالعات محدودی در زمینه وجود ریزپلاستیک‌ها در ظروف بسته‌بندی صورت گرفته است. در این راستا طی مطالعه‌ای در چین، ریزپلاستیک‌های ظروف مختلف متعاقب حرارت‌دهی مستقیم، غوطه‌ور کردن در آب گرم و سپس حرارت دادن آن‌ها، انجام شده است. نتایج نشان داد ریزپلاستیک‌ها در تمامی این ظروف با فراوانی‌های متفاوتی یافت شدند و بیشترین فراوانی در ظروف پلیمری تشخیص داده شد. هم‌چنین مشخص گردید که ناهمواری سطح ظروف میزان آلودگی آن‌ها را تشدید می‌کند. تیمار ظروف با آب گرم تأثیری بر فراوانی ریز پلاستیک‌ها نداشت (Huang *et al.*, 2020).

- اثرات ریزپلاستیک بر موجودات زنده و انسان

نتایج مطالعات مروری روی موجودات آب شیرین نشان‌دهنده بلع قابل‌توجه ریزپلاستیک‌ها توسط گونه‌های مختلف آبزیان است که برخی از آن‌ها مورد مصرف انسانی دارند و از این نظر برای سلامت انسان مخاطره‌آمیز هستند. مصرف مواد غذایی دریایی حاوی ریزپلاستیک می‌تواند بار آلاینده‌های شیمیایی خطرناک جذب شده محیطی را در انسان افزایش دهد (Schmid *et al.*, 2018)؛ طوری‌که برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد، مشکل بحرانی آلودگی با ریزپلاستیک‌ها را همتراز با تغییرات آب و هوایی تلقی می‌کند (Alcamo *et al.*, 2014).

تجمع بیش از حد ریزپلاستیک‌ها در بدن آبزیان می‌تواند باعث آسیب فیزیکی، نقص فیزیولوژیکی، رشد کندتر و اختلال در غدد درون‌ریز شود (Wu *et al.*, 2020). هم‌چنین نشان داده شده است که عوارضی نظیر تغییر در سیستم ایمنی و متابولیسم بدن، انتقال عصبی و تولید مثل را در پی دارد. شایان ذکر است اگر ذرات پلاستیک در اندازه نانو وارد بدن ماهی‌ها شوند، توانایی عبور از رگ‌های خونی مغز را دارند و موجب آسیب مغزی و تغییرات رفتاری در ماهیان می‌شود که در دراز

مدت روی جمعیت ماهیان اثر منفی خواهند داشت (Horton *et al*., 2018). خطر دیگری ناشی از بلع ریزپلاستیک، آلاینده‌های جذب شده روی سطح این ذرات است که شامل افزودنی‌هایی مثل رنگ، تثبیت‌کننده‌ها، روان کننده‌ها، بازدارنده‌های شعله آتش و نظایر آن است. این ترکیبات ممکن است هنگام بلع در داخل بدن موجود زنده رها شده و ایجاد مسمومیت کنند (Slootmaekers *et al*., 2019).

با توجه به این‌که ذرات پلاستیکی در جای جای محیط زندگی و زنجیره غذایی انسان یافت می‌شوند، امکان ورود آن‌ها به سیستم گردش خون انسان وجود دارد. پلی‌اتیلن ترفتالات، پلی‌اتیلن و پلیمرهای استایرن که در میزان زیاد در تولید پلاستیک به‌کار می‌روند، برای اولین بار در خون انسان شناسایی و اندازه‌گیری شدند. میانگین غلظت قابل اندازه‌گیری ذرات پلاستیکی در خون انسان ۱/۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر برآورد شد. این تحقیق نشان داد که امکان ورود ذرات پلاستیکی به جریان خون وجود دارد (Leslie *et al*., 2022).

- روش‌های حذف ریزپلاستیک‌ها

ریزپلاستیک‌ها با اندازه ۵ میلی‌متر یا کمتر در آب‌های آزاد وجود دارند. این مواد به‌وسیله جریان‌های آب دریاها و اقیانوس‌ها مسافت‌های طولانی را طی می‌کنند و باعث آلودگی در یک سطح وسیع از کره زمین می‌شوند. برای حذف این مواد از محیط زیست، روش حذف با استفاده از نیروی الکترومغناطیس پیشنهاد شده است (Nomura *et al*., 2021; Wu *et al*., 2017). در سیستم‌های تصفیه آب و فاضلاب نیز مقادیر بالای ریزپلاستیک‌ها دیده شده است که اغلب این آلودگی‌ها سرنوشت نامعلومی دارند. بعضی از آن‌ها غیرقابل تجزیه هستند و برخی به‌وسیله موجودات آبزی تجزیه می‌شوند که به‌نوبه خود باعث بروز مشکلاتی برای سلامتی می‌شود. در عملیات تصفیه فاضلاب برای تخریب ریزپلاستیک‌ها از آنزیم‌های خاص استفاده می‌گردد (Zurier and Gpddard, 2021). زیست‌پلاستیک‌ها (Bioplastics) موادی هستند که به روش زیستی تجزیه می‌شوند و میزان کربن پایدار آن‌ها کمتر است. در نتیجه می‌توان از این پلاستیک‌های زیستی در صنایع غذایی استفاده کرد. برای تضمین سلامت این مواد برای انسان، نیاز به تحقیقات بیشتری است (Magalhães *et al*., 2020).

- روش‌های تشخیص و اندازه‌گیری ریزپلاستیک‌ها

تاکنون یک روش معتبر و جهانی برای تشخیص ریزپلاستیک‌ها در مواد غذایی پیشنهاد و استاندارد نشده است. آماده‌سازی نمونه برای ارزیابی ماهیت شیمیایی مواد آزاد شده، اهمیت خاص دارد. از میکروسکوپ رامان (spectroscopy Raman)، طیف‌سنجی فوتوالکترون اشعه ایکس (X-ray photoelectron spectroscopy: XPS) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (Scanning electron microscope) برای اندازه‌گیری ریزپلاستیک‌ها استفاده می‌شود. روش‌های دیگر شامل طیف‌سنجی مادون قرمز (Fourier transform, infra-red: FT-IR)، گاز- کروماتوگرافی/طیف‌سنجی (Huang *et al*., 2020)، استریومیکروسکوپی (Stereomicroscopy) و فلوسیتومتری (Flowcytometry) است (Adhikari *et al*., 2022). هر یک از روش‌های فوق دارای نقاط قوت و ضعف هستند که تشخیص و اندازه‌گیری ریزپلاستیک‌ها را در ماتریس‌های مختلف و موجودات

زنده دچار چالش می‌کند. در این امر اندازه، شکل، تنوع پلیمری و مواد شیمیایی جذب شده توسط ریزپلاستیک‌ها دخیل هستند.

بحث و نتیجه‌گیری

در حال حاضر حدود ۶ درصد از نفت جهان صرف تولید محصولات پلاستیکی می‌شود و پیش‌بینی شده است تا سال ۲۰۲۵ این میزان به ۲۰ درصد برسد. در نتیجه، رویکرد فعلی برای ساخت و استفاده از پلاستیک نیازمند اصلاح فوری است (Ma, 2018). جمع‌آوری و بازیافت گسترده‌تر کالاهای پلاستیکی مستعمل برای استفاده مجدد از آن‌ها در ساخت محصولات جدید، منجر به کاهش مصرف پلاستیک خام می‌شود. در نتیجه مقدار پسماند پلاستیکی ورودی به محیط زیست را کاهش می‌یابد. هم‌چنین باید روند برداشت، ساخت و دفع (تولید پسماند) را با سیستم کاهش، استفاده مجدد، بازیافت و تولید مجدد جایگزین کرد (Rhodes, 2018). از طرفی در کشورهای در حال توسعه مانند ایران هنوز اطلاعات کافی در خصوص کمیت و کیفیت ریزپلاستیک‌ها در محیط‌های مختلف وجود ندارد و اولین اقدام بررسی و سنجش این مواد در محیط‌های مختلف و فرآیندهای منجر به کاهش آن‌هاست.

تعارض منابع

نویسنده هیچ‌گونه تعارض منافعی برای اعلام ندارد.

منابع

- Adhikari, S., Kelkar, V., Kumar, R. and Halden, R.U. (2022). Methods and challenges in the detection of microplastics and nanoplastics: a mini-review. Polymer International, 71(5): 543-551.
- Ajith, N., Arumugam, S., Parthasarathy, S., Manupoori, S. and Janakiraman, S. (2020). Global distribution of microplastics and its impact on marine environment-a review. Environmental Science and Pollution Research, 27(21): 25970-25986.
- Alcamo, J., Puig, D., Metz, B., Demkine, V. and Farrell, T.C. (2014). The Emissions Gap Report 2014: A UNEP Synthesis Report. http://www.unep.org/emissionsgapreport2014/
- Cella, C., La Spina, R., Mehn, D., Fumagalli, F., Ceccone, G., Valsesia, A., et al. (2022). Detecting micro-and nanoplastics released from food packaging: challenges and analytical strategies. Polymers, 14(6):1238.
- Collard, F., Gasperi, J., Gabrielsen, G.W. and Tassin, B. (2019). Plastic particle ingestion by wild freshwater fish: a critical review. Environmental Science & Technology, 53(22): 12974-12988.
- Crawford, C.B. and Quinn, B. (2016). Microplastic pollutants. Elsevier Limited, UK
- Herbort, A.F., Sturm, M.T., Fiedler, S., Abkai, G. and Schuhen, K. (2018). Alkoxy-silyl induced agglomeration: a new approach for the sustainable removal of microplastic from aquatic systems. Journal of Polymers and the Environment, 26(11): 4258-4270.
- Horton, A.A., Jürgens, M.D., Lahive, E., van Bodegom, P.M. and Vijver, M.G. (2018). The influence of exposure and physiology on microplastic ingestion by the freshwater fish *Rutilus rutilus* (roach) in the River Thames, UK. Environmental Pollution, 236: 188-194.

- Huang, Y., Chapman, J., Deng, Y. and Cozzolino, D. (2020). Rapid measurement of microplastic contamination in chicken meat by mid infrared spectroscopy and chemometrics: A feasibility study. Food Control, 113: 107187.
- Kedzierski, M., Lechat, B., Sire, O., Le Maguer, G., Le Tilly, V. and Bruzaud, S. (2020). Microplastic contamination of packaged meat: Occurrence and associated risks. Food Packaging and Shelf Life, 24: 100489.
- Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I. and Shruti, V.C. (2020). Branded milks–Are they immune from microplastics contamination? Science of the Total Environment, 714: 136823.
- Leslie, H.A., Van Velzen, M.J., Brandsma, S.H., Vethaak, A.D., Garcia-Vallejo, J.J. and Lamoree, M.H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International, 163: 107199.
- Ma, Y. (2018). Changing Tetra Pak: from waste to resource. Science Progress, 101(2): 161-170.
- Magalhães, S., Alves, L., Medronho, B., Romano, A. and Rasteiro, M.D.G. (2020). Microplastics in ecosystems: from current trends to bio-based removal strategies. Molecules, 25(17): 3954.
- Mason, S.A., Welch, V.G. and Neratko, J. (2018). Synthetic polymer contamination in bottled water. Frontiers in Chemistry, 6: 407.
- Nomura, N., Mishima, F. and Nishijima, S. (2021). Study of micro-plastics separation from sea water with electro-magnetic force. Progress in Superconductivity and Cryogenics, 23(3):10-13.
- Parenti, C.C., Ghilardi, A., Della Torre, C., Magni, S., Del Giacco, L. and Binelli, A. (2019). Evaluation of the infiltration of polystyrene nanobeads in zebrafish embryo tissues after short-term exposure and the related biochemical and behavioural effects. Environmental Pollution, 254: 112947.
- Rainieri, S. and Barranco, A. (2019). Microplastics, a food safety issue? Trends in Food Science & Technology, 84: 55-57.
- Rhodes, C.J. (2018). Plastic pollution and potential solutions. Science Progress, 101(3): 207-260.
- Schmid, K., Winemiller, K.O., Chelazzi, D., Cincinelli, A., Dei, L. and Giarrizzo, T. (2018). First evidence of microplastic ingestion by fishes from the Amazon River estuary. Marine Pollution Bulletin, 133: 814-821.
- Slootmaekers, B., Carteny, C.C., Belpaire, C., Saverwyns, S., Fremout, W., Blust, R., et al. (2019). Microplastic contamination in gudgeons (Gobio gobio) from Flemish rivers (Belgium). Environmental Pollution, 244: 675-684.
- Wu, W.M., Yang, J. and Criddle, C.S. (2017). Microplastics pollution and reduction strategies. Frontiers of Environmental Science & Engineering, 11(1): 1-4.
- Wu, F., Wang, Y., Leung, J.Y., Huang, W., Zeng, J., Tang, Y., et al. (2020). Accumulation of microplastics in typical commercial aquatic species: a case study at a productive aquaculture site in China. Science of the Total Environment, 708: 135432.
- Zurier, H.S. and Goddard, J.M. (2021). Biodegradation of microplastics in food and agriculture. Current Opinion in Food Science, 37: 37-44.