مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۱۷۳ تا ۱۹۰



Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله مرور ساختار یافته

مروری بر روش‌های اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در آب و فاضلاب

حمزه شریفی[۱]، حسین موحدیان عطار[۱،۲*]

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- مرکز تحقیقات محیط زیست، پژوهشکده پیشگیری اولیه از بیماری‌های غیر واگیر، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱

واژگان کلیدی: میکروپلاستیک، آب، فاضلاب

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
movahedian@hlth.mui.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: امروزه میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی و خاکی، هوا و مواد غذایی یافت شده‌اند. این مواد با جذب آلاینده‌های دیگر، آنها را نیز همراه با خود انتقال داده و باعث تهدید سلامت انسان‌ها، حیوانات و محیط زیست می‌شوند. اندازه‌گیری و ارزیابی میکروپلاستیک‌ها می‌تواند باعث افزایش دانش در مورد آنها و درک اثرات زیان‌آور احتمالی آنها شود. با این حال، تاکنون روش استانداردی برای اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها ایجاد نشده است و اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در مطالعات با روش‌های متفاوتی انجام شده است. هدف از این مطالعه، بررسی روش‌های مختلف اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در آب و فاضلاب و شناسایی نقاط ضعف و قوت این روش‌ها است.

روش بررسی: پژوهش حاضر یک مطالعه مروری بوده که در زمستان سال ۱۳۹۹ خورشیدی، با جستجو در پایگاه داده‌های Web of Science، Google Scholar، PubMed و Scopus با استفاده از کلید واژه‌های "Drinking-water"، "Water"، "Microplastic"، "Bottled-water"، "Surface"، "Wastewater"، و "Marine" و انتخاب مقالات چاپ شده بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ در مجلات معتبر و مقایسه و بررسی آنها انجام شد.

یافته‌ها: مراحل اصلی اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در مطالعات مختلف شامل نمونه‌برداری و صاف‌سازی، پیش‌تصفیه و هضم، جداسازی براساس اختلاف چگالی، شمارش و شناسایی ترکیب شیمیایی میکروپلاستیک‌ها است.

نتیجه‌گیری: هضم با استفاده از آب اکسیژنه، شناورسازی با نمک طعام، شمارش توسط استریومیکروسکوپ و طیف‌سنجی توسط طیف‌سنج FTIR و micro-RAMAN بیشترین کاربرد را در مطالعات مربوط به آب و فاضلاب دارد. با این حال متفاوت بودن روش‌های اندازه‌گیری و شناسایی میکروپلاستیک‌ها، مقایسه نتایج مطالعات را با مشکل روبرو کرده است و به نظر می‌رسد باید در راستای استانداردسازی این روش‌ها تلاش شود.

Please cite this article as: Sharifi H, Movahedian Attar H. A review of microplastics measuring methods in water and wastewater bodies. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(1):173-90.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

مقدمه

میکروپلاستیک یک آلاینده نوپدید است که به عنوان ذرات پلاستیکی مصنوعی با قطر کمتر از mm ۵ و بزرگ‌تر از µm ۱ تعریف می‌شود. میکروپلاستیک‌ها از نظر مورفولوژی به پنج دسته مختلف تقسیم شوند که شامل الیاف، فوم، گلوله، فیلم و قطعات هستند (۱) و همچنین از نظر منشأ تولید به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند؛ میکروپلاستیک‌های اولیه به طور عمده در اندازه‌های کوچک مانند ریزدانه‌های موجود در محصولات مراقبت شخصی و لوازم آرایشی و بهداشتی مانند لوسیون‌ها، صابون‌ها، لایه‌بردارهای صورت و بدن، خمیردندان، مواد تمیز کننده و الیاف لباس وجود دارند، براساس برآوردها در انگلستان سالیانه بین ۱۰۵ تا ۱۰۵۴ تن میکروپلاستیک اولیه به شکل گلوله‌های کوچک بطور تصادفی به محیط زیست انتشار یافته که معادل ۵ تا ۵۳ میلیارد گلوله کوچک در سال است. میکروپلاستیک‌های ثانویه بطور ناخواسته در نتیجه تخریب قطعات پلاستیکی بزرگ‌تر تولید می‌شوند (۲-۴). این تخریب و تکه‌تکه شدن ممکن است که در حین استفاده از موادی مانند منسوجات پلاستیکی، رنگ و لاستیک یا بعد از رها شدن پلاستیک‌ها در طبیعت، عمدتا از طریق هوازدگی، فتولیز، سایش مکانیکی، اشعه UV خورشید و عوامل فیزیکی و شیمیایی و زیست محیطی اتفاق بیفتد (۱، ۴). علی‌رغم اینکه امروزه استفاده از مواد پلاستیکی ضروری به نظر می‌رسد، این مواد به یک خطر جدی برای محیط زیست تبدیل شده‌اند (۵). به طوری‌که در محیط‌های خاکی و آبی، هوا، اقیانوس، رودخانه، دریاچه، رواناب‌های شهری، آب و فاضلاب خام و تصفیه شده، کود و کمپوست یافت شده‌اند (۶-۸). میکروپلاستیک‌ها دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاصی از جمله اندازه کوچک، تراکم زیاد، دارای رنگ و بعضا نسبت کم طول به عرض هستند که این ویژگی‌ها هم باعث می‌شود که آلاینده‌های دیگر را جذب نمایند و هم باعث افزایش دسترسی موجودات زنده به این نوع از آلاینده‌ها می‌شود. به عنوان مثال مصرف میکروپلاستیک‌ها توسط ماهی‌ها و گونه‌هایی مانند Mytilus edulis، Zooplankton و Nephrops norvegicus گزارش شده است (۳، ۹-۱۱). ضمنا به دلیل ماهیت آب‌گریز بودن میکروپلاستیک‌ها، تمایل به جذب داروها و محصولات مراقبت شخصی و آلاینده‌های آلی پایدار مانند PBDE، PAH و PCB در محیط‌های آبی دارند (۱، ۳، ۴).

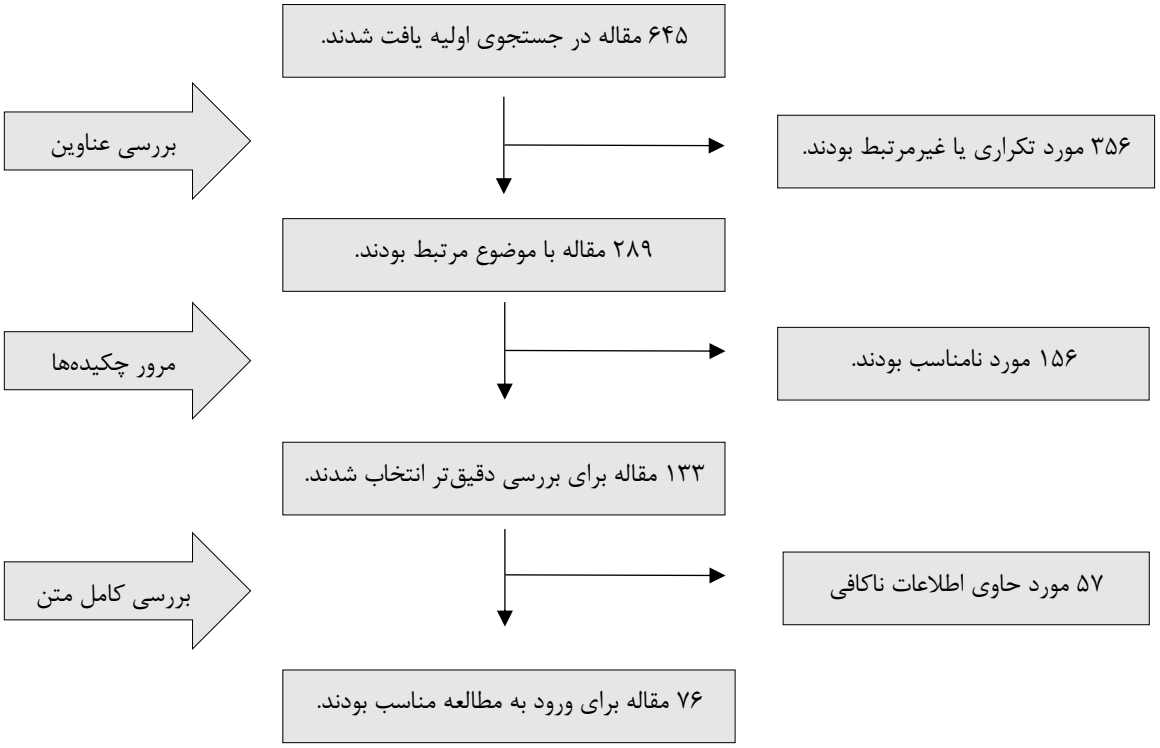
با توجه به نوپدید بودن آلاینده‌های میکروپلاستیکی در محیط زیست، کمبود اطلاعات در مورد آنها و اهمیت میکروپلاستیک‌ها از بعد سلامت انسان‌ها، حیوانات و محیط زیست، اندازه‌گیری و بررسی میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های مختلف ضروری به نظر می‌رسد. با این حال تاکنون هیچ روش استانداردی برای نمونه‌برداری و آنالیز میکروپلاستیک‌ها در نمونه‌های مختلف محیطی توسط WHO، ISO، APHA، AWWA، WEF منتشر نشده است. البته ISO در حال بررسی این مسئله است و مطالعاتی را برای مقایسه روش‌های اندازه‌گیری این آلاینده انجام داده است و مطالعات گسترده‌ای نیز در سطح جهان برای رسیدن به این مهم در حال انجام است (۱۲)، همچنین اداره ملی اقیانوسی و جوی، روش‌های آزمایشگاهی جداسازی و کمی‌سازی میکروپلاستیک‌ها در آب و رسوبات را توسعه داده است (۱۳). با توجه به موارد ذکر شده، انجام مطالعه‌ای جامع در مورد روش‌های اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها می‌تواند به محققان در جهت انتخاب بهترین روش‌های آنالیز میکروپلاستیک‌ها کمک نماید. لذا هدف از این مطالعه، ارائه انواع روش‌های نمونه‌برداری و آنالیز کمی و کیفی میکروپلاستیک‌ها در آب و فاضلاب و بررسی نقاط ضعف و قوت این روش‌ها است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر یک مطالعه مروری بوده که در زمستان سال ۱۳۹۹ خورشیدی، با جستجو در پایگاه داده‌های PubMed، Google Scholar، Web of Science و Scopus با استفاده از کلید واژه‌های"Water"، "Microplastic"، "Surface"، "Wastewater"، "Drinking-water"، "Bottled-water" و "Marine" و انتخاب مقالات چاپ شده در مجلات معتبر و مقایسه، بررسی و مرور آنها انجام شد. بر این اساس ۷۶ مقاله که در بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ میلادی به چاپ رسیده بودند، انتخاب شده و براساس

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

آنها، روش‌های مختلف اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها گزارش شد. همچنین از بین این مطالعات، ۴۰ مطالعه مربوط به اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در آب و فاضلاب که حاوی اطلاعات کامل در مورد روش‌کار بودند، انتخاب شده و فراوانی کاربرد روش‌های مختلف اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در این مطالعات بررسی و گزارش گردید. برای تحلیل آماری داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد (شکل ۱).



شکل ۱- فرایند جستجو، ورود و خروج مقالات

یافته‌ها و بحث

_ روش‌های اندازه‌گیری میکروپلاستیک

مراحل مختلف اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در مطالعات مختلف، معمولا شامل نمونه‌برداری و صاف‌سازی، هضم، جداسازی براساس اختلاف چگالی، شمارش و شناسایی ساختار شیمیایی میکروپلاستیک‌ها است که در زیر به شرح هر یک از مراحل پرداخته شده است.

_ نمونه‌برداری و صاف‌سازی نمونه

نمونه‌برداری از محیط‌های آبی برای بررسی میزان میکروپلاستیک‌ها در مطالعات مختلف به روش‌های متفاوتی انجام شده است. در روش اول، نمونه‌ها به صورت دستی و یا با استفاده از پمپ و در محل نمونه‌برداری از مجموعه‌ای از توری‌ها و یا الک‌هایی با اندازه قطر منافذ کوچکتر از ۵ mm عبور داده می‌شوند، سپس سطح توری‌ها و یا الک‌ها شستشو داده شده و به ظروف نمونه‌برداری انتقال داده می‌شوند. از این روش در مطالعات مربوط به فاضلاب، آب رودخانه و یا دریا بیشتر استفاده می‌شود. هنگام استفاده از الک، معمولا نمونه‌برداری تا گرفتگی سطح الک ادامه پیدا می‌کند (۱۴-۱۷). در روش دوم نمونه‌برداری، نمونه‌های مرکب و یا لحظه‌ای، به صورت دستی و یا با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار خودکار به ظروف نمونه‌برداری انتقال داده شده و برای آنالیزهای بعدی به آزمایشگاه منتقل می‌شوند (۱۸-۲۲). قبل از الک

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

کردن نمونه‌های دارای مواد آلی زیاد مثل نمونه‌های فاضلاب، برای جدا کردن ذرات میکروپلاستیک چسبیده به مواد جامد بزرگ‌تر، می‌توان سدیم دودسیل سولفات (SDS) را به عنوان یک سورفاکتانت آنیونی با غلظت ۰/۱۵ g/L به نمونه اضافه کرد (۲۳). روش اول نمونه‌برداری، سخت و وقت‌گیر بوده اما با استفاده از آن حجم زیادی را می‌توان نمونه‌برداری کرد. در روش دوم، نمونه‌برداری آسان بوده ولی فقط حجم محدودی را می‌توان نمونه‌برداری کرد (۲۴). استفاده از توری پلانکتون‌گیری و الک‌های با قطر منافذ برابر با ۵/۶ mm، ۱ mm، ۰/۳ mm برای الک‌کردن نمونه‌ها توسط NOAA پیشنهاد شده است (۱۳).

ـ پیش تصفیه و هضم نمونه‌ها

برای افزایش کیفیت شمارش میکروپلاستیک‌ها و آنالیزهای بعدی نمونه، مواد آلی موجود در نمونه‌ها باید حذف شوند. این مرحله معمولا برای آب تصفیه شده و یا بطری‌های آب معدنی ضروری نبوده (۲۵) و یا به میزان کمتری استفاده می‌شود. به این منظور از روش‌های Wet Peroxidation Oxidation (WPO) و Catalytic Wet Peroxidation Oxidation (CWPO)، هضم به کمک آنزیم‌ها و مواد اسیدی و قلیایی می‌توان استفاده کرد که در ادامه توضیح داده می‌شوند:

WPO: Tagg و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که پیش تصفیه نمونه فاضلاب با استفاده از آب اکسیژنه ۳۰ درصد به مدت ۷ روز می‌تواند حدود ۸۳ درصد مواد آلی را حذف کند. با این حال، این روش ممکن است برای نمونه‌هایی با حجم بیشتر از ۱ L یا با افزایش مواد آلی، به دلیل طولانی شدن زمان هضم، کارآمد نباشد (۲۶). لذا این روش بیشتر برای نمونه‌های حاوی مواد آلی کم استفاده می‌شود. در این روش معمولا ۴۰ mL-۲۰ آب اکسیژنه ۳۵-۳۰ درصد به ازای هر لیتر از نمونه اضافه شده و نمونه‌ها به مدت ۲۴ h در دمای ۷۰°C-۶۰ نگهداری می‌شوند (۱۹، ۲۷، ۲۸).

CWPO: در این روش، رادیکال‌های هیدروکسیل تولید شده از تجزیه پراکسید هیدروژن، اکثر مواد آلی طبیعی را به اسیدهای کربوکسیلیک، آلدهیدها، کربن دی اکسید و آب، اکسید می‌کنند (۱۴). این روش بیشتر در نمونه‌های حاوی مواد آلی زیاد استفاده می‌شود. در این روش، معمولا ۲۰ mL محلول سولفات فرو ۵ M و ۴۰ mL آب اکسیژنه ۳۵-۳۰ درصد به نمونه‌های الک شده افزوده شده و به مدت ۲۰ min در دمای ۷۵°C قرار داده می‌شوند. براساس مطالعه Lares و همکاران (۲۰۱۹)، این روش ضمن حذف مؤثر مواد آلی، دارای راندمان بازیابی میکروپلاستیک‌ها به میزان ۹۰±۰/۰۸ درصد است (۲۹). همچنین استفاده از این روش برای پیش‌تصفیه و هضم نمونه‌ها توسط NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) پیشنهاد شده است (۱۳).

کاربرد آنزیم: در این روش مواد آلی با استفاده از آنزیم‌هایی مانند پروتئاز، لیپاز و سلولاز، آمیلاز، کیتیناز تجزیه می‌شوند (۱۶، ۲۳، ۳۰). با این وجود اثرات هضم آنزیمی بر طیف‌های مادون قرمز به طور کامل مورد مطالعه قرار نگرفته است (۱۴) و تجزیه مواد آلی با استفاده از این روش ممکن از بیش از ۱۳ روز طول بکشد (۱۶).

کاربرد مواد اسیدی و یا قلیایی: محلول‌های اسیدی و یا قلیایی می‌توانند برای حذف مواد آلی در محیط‌های مختلف استفاده شوند. براساس مقایسه‌ای که Karami و همکاران (۲۰۱۶) بین، NaClO، H_2O_2، HCL، HNO_3، NaOH و KOH انجام دادند، دریافتند که محلول‌های NaClO، HCL، HNO_3 و NaOH در غلظت‌های پایین مواد آلی را به خوبی حذف نکرده و راندمان پایینی در بازیابی میکروپلاستیک‌ها دارند. البته HCL و HNO_3 در غلظت‌های بالا مواد آلی را به خوبی حذف می‌کنند، اما به میکروپلاستیک‌ها صدمه زده و باعث تغییر رنگ یا تخریب آنها می‌شوند (۳۱). برای حذف رسوبات چسبیده به میکروپلاستیک‌ها در نمونه آب‌های معدنی و افزایش دقت اندازه‌گیری، Oßmann و همکاران (۲۰۱۸)، با افزودن محلول EDTA تتراهیدرات در غلظت ۲۵۰ g/L، کلسیم و منیزیم رسوب کرده بر روی میکروپلاستیک‌ها را به حالت محلول درآوردند (۳۲).

ـ جداسازی براساس اختلاف چگالی

در این مرحله، یک محلول نمک با چگالی بالا به نمونه افزوده می‌شود تا میکروپلاستیک‌هایی را که چگالی کمتری از آن

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

دارند، شناور کرده و رسوبات و مواد معدنی که معمولا چگالی بیشتری از آن دارند را ته‌نشین نماید. به این منظور مخلوط حاوی محلول نمک و نمونه به یک دکانتور انتقال داده شده و به مدت h ۲۴ نگهداری می‌شوند (۱۶). سپس می‌توان مایع رویی این مخلوط را که حاوی میکروپلاستیک‌های احتمالی هستند، از مواد سنگین و معدنی ته‌نشین شده جدا کرد. NOAA برای شناورسازی میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی، استفاده از NaCl را پیشنهاد داده است (۱۳). در تعدادی از مطالعات به منظور اطمینان از بازیابی میکروپلاستیک‌های با چگالی بالا این مرحله انجام نشده است (۳۰). انواع نمک‌های مورد استفاده برای شناورسازی، مزایا و معایب آنها و چگالی انواع پلیمرها در جداول ۱ و ۲ ذکر شده است.

جدول ۱- نمک‌های مورد استفاده برای شناورسازی میکروپلاستیک‌ها (۴، ۳۳-۳۷)

نمک	فرمول شیمیایی	چگالی محلول اشباع (g/cm^3)	مزایا	معایب
سدیم کلرید	NaCl	۱/۲	کاربرد ایمن، قیمت پایین	چگالی نسبتا پایین
سدیم برمید	NaBr	۱/٤	-	کاربرد نسبتا خطرناک، قیمت بالا، واکنش با فیلتر سلولزی
سدیم پلی تنگستات	$Na_6(H_2W_{12}O_{40})$	۱/٤	کاربرد ایمن	قیمت بالا، واکنش با فیلتر سلولزی
پتاسیم فرمات	$KHCO_2$	۱/٥	کاربرد ایمن، قیمت مناسب، چگالی بالا	جذب آب و رطوبت
لیتیوم متا تنگستات	$Li_6(H_2W_{12}O_{40})$	۱/٦	چگالی بالا	–
روی کلرید	$ZnCl_2$	۱/٥-۱/۷	چگالی بالا	کاربرد خطرناک، ایجاد خورندگی
روی برمید	$ZnBr_2$	۱/۷	چگالی بالا	کاربرد نسبتا خطرناک، قیمت بالا، واکنش با فیلتر سلولزی
سدیم یدید	NaI	۱/۸	چگالی بالا، کاربرد ایمن	قیمت بالا

جدول ۲- چگالی پلیمرها (۱۲)

پلیمر	چگالی (g/cm^3)
پلی پروپیلن	۰/۹-۰/۹۱
پلی اتیلن	۰/۹٦٥-۰/۹۷۱
پلی آمید (نایلون)	۱/۰۲-۱/۰٥
پلی استایرن	۱/۰٤-۱/۱
اکریلیک	۱/۰۹-۱/۲
پلی وینیل کلراید	۱/۱٦-۱/٥۸
پلی متاکریلات	۱/۱۷-۱/۲
پلی اورتان	۱/۲
پلی استر	۱/۲۳-۲/۳
پلی اتیلن ترفتالات	۱/۳۷-۱/٤٥

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

_ *شمارش میکروپلاستیک‌ها*

به منظور تعیین غلظت میکروپلاستیک‌ها، پس از هضم مواد آلی و جداسازی میکروپلاستیک‌ها براساس اختلاف چگالی، شمارش آنها باید انجام شود. شمارش میکروپلاستیک‌ها در مطالعات مختلف با استفاده از انواع میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی انجام شده است.

میکروسکوپ نوری: از انواع میکروسکوپ‌های نوری مانند استریومیکروسکوپ، میکروسکوپ‌های تشریح، فلورسانس، متالوگرافی و ... می‌توان برای شمارش میکروپلاستیک‌ها استفاده کرد. به این منظور میکروپلاستیک‌های احتمالی با استفاده از انبرک یا موچین به یک ظرف شیشه‌ای تمیز انتقال داده شده و یا کل حجم نمونه از یک فیلتر عبور داده می‌شود. سپس می‌توان تعداد، رنگ و شکل میکروپلاستیک‌های احتمالی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. میزان بزرگنمایی مناسب برای این کار ۸۰-۱۰ برابر بوده (۱، ۱۴، ۱۵، ۳۰، ۳۸) که این میزان بزرگنمایی با استفاده از استریومیکروسکوپ‌ها به راحتی میسر می‌شود. همچنین اتصال یک دوربین دیجیتال به این میکروسکوپ‌ها، شمارش آنها را آسان‌تر می‌کند. برای افزایش دقت در شمارش میکروپلاستیک‌ها، می‌توان از روش رنگ‌آمیزی و تست سوزن داغ استفاده کرد. به عنوان مثال برای تفکیک ذرات پلاستیکی از غیر پلاستیکی از رنگ رزبنگال می‌توان استفاده کرد. این روش با رنگ‌آمیزی ذرات طبیعی مانند الیاف پنبه، فرایند شمارش ذرات میکروپلاستیک را تسهیل می‌نماید. رزبنگال به دلیل ایمنی بالا، عدم سمیت و رنگ‌آمیزی ایده‌آل، می‌تواند گزینه مناسبی باشد (۳۸، ۳۹). همچنین می‌توان از رنگ نیل قرمز برای ایجاد خاصیت فلورسانسی استفاده کرد (۴۰). در تست سوزن داغ، هنگام شمارش میکروپلاستیک‌ها در زیر میکروسکوپ، یک سوزن داغ را با هر یک ذرات تماس داده و فقط ذراتی که ذوب می‌شوند را شمارش می‌کنند. این روش برای شمارش ذرات بزرگتر از ۲۵۰ µm کاربرد دارد (۳۶، ۴۱).

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM): برای افزایش دقت در شمارش و تعیین خصوصیات مورفولوژیکی میکروپلاستیک‌ها می‌توان از میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده کرد. این تکنیک بیشتر در مطالعات مربوط به آب آشامیدنی استفاده شده است (۱۸، ۲۰، ۲۸، ۴۲-۴۴). Pivokonsky و همکاران (۲۰۱۸)، فیلترهای آلومینیوم اکسید، فایبرگلاس، پلی‌کربنات و پلی تترا فلورو اتیلن (PTFE) را با هم مقایسه کرده و دریافتند که فیلترهای پلی اتیلن تترا فلورو اتیلن بهترین عملکرد را در عکس‌برداری‌های SEM دارند (۴۲). به این منظور سطح فیلترها باید توسط پوششی از جنس طلا، رسانا شده (۲۸) و سپس توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی تعداد، شکل و اندازه میکروپلاستیک‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

_ *شناسایی ساختار شیمیایی میکروپلاستیک‌ها*

روش‌های طیف‌سنجی شامل طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) و میکرورامان به دلیل کاربرد آسان، دقت و قابلیت اعتماد زیاد و زمان کم آزمون، بیشترین کاربرد را برای شناسایی میکروپلاستیک‌ها دارند. از روش‌های دیگری مانند آنالیز حرارتی (TGA-DSC) و SEM-EDX، پیرولیز-گاز کروماتوگرافی- طیف سنجی جرمی (Pyr-GC-MS)، نیز استفاده می‌شود که در ادامه به شرح هر یک پرداخته می‌شود.

طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR): این تکنیک از سال ۲۰۰۴ میلادی به طور گسترده‌ای در مطالعات مربوط به میکروپلاستیک به کار رفته است. طیف مادون‌قرمز هر ماده مانند اثر انگشت، اختصاصی بوده و هیچ دو ترکیبی، طیف یکسانی ندارند. در این روش با طیف‌گیری از میکروپلاستیک‌ها، گروه‌های عاملی و مولکولی موجود در پلیمرهای پلاستیکی شناسایی شده و به وسیله آن می‌توان ساختار شیمیایی آن پلیمر را شناسایی کرد (۴۵). برای قطعات بزرگ‌تر از ۵۰۰ µm می‌توان به طور مستقیم میکروپلاستیک‌ها را توسط دستگاه FTIR که به دتکتور ATR مجهز شده است، طیف‌گیری نمود. همچنین اتصال یک میکروسکوپ به سیستم طیف‌سنجی مادون قرمز در حالت تابشی مانند کاربرد Micro-FTIR می‌تواند طیف‌سنجی و شناسایی میکروپلاستیک‌های کوچک‌تر در اندازه‌های ۲۰-۱۰ µm را امکان‌پذیر سازد (۴۶).

طیف‌سنجی میکرو رامان: در این روش دستگاه طیف سنجی رامان به یک میکروسکوپ مجهز شده و امکان طیف‌گیری از ذرات کوچک‌تر (تا ۱ µm) را فراهم می‌سازد (۱۸). لیزر مورد استفاده در دستگاه میکرورامان معمولا دارای طول موج

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

۵۳۲، ۶۳۳ و ۷۸۰ nm است (۴۷). براساس مطالعه‌ای که Pivokonsky و همکاران (۲۰۱۸) انجام دادند، مشخص شد که ۹۵ درصد میکروپلاستیک‌های موجود در آب خام و تصفیه شده اندازه‌ای بین ۱-۱۰ µm دارند (۱۸)، لذا کاربرد این روش در مطالعات مربوط به آب آشامیدنی مناسب است.

پیرولیز-گازکروماتوگرافی-طیف‌سنجی‌جرمی (Pyr-GC-MS): این روش، تکنیکی برای دستیابی به داده‌های کمی و کیفی ترکیبات شیمیایی است. به این شکل که با افزایش دمای نمونه، ترکیبات آن تجزیه شده و با استفاده از روش طیف‌سنجی جرمی، ترکیب آن مشخص می‌شود (۴۸). در این روش بعد از فیلتراسیون نمونه با استفاده از مجموعه‌ای از الک‌ها، قسمتی از نمونه توسط هاون همگن شده و وزن می‌شود، سپس همراه با اتانول و به دستگاه تزریق می‌شود. مزیت استفاده از این روش، حداقل نیاز به آماده‌سازی نمونه است (۴۹)، اما این روش زمان‌بر بوده (۴۸) و در مطالعات کمی از آن استفاده شده است.

آنالیز حرارتی (TGA-DSC): در مطالعه‌ای که Majewsky و همکاران (۲۰۱۶) با هدف ارائه روشی ساده و مؤثر برای تعیین غلظت جرمی انواع پلیمر با استفاده از روش TGA-DSC انجام دادند، مشخص شد که پلیمرهای پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن با استفاده از این روش به خوبی اندازه‌گیری می‌شوند، اما منحنی ذوب سایر پلیمرها با هم همپوشانی داشته و اندازه‌گیری آنها به این روش امکان‌پذیر نیست (۵۰).

SEM-EDX: در تعدادی از مطالعات مربوط به میکروپلاستیک، از این روش برای شناسایی ترکیبات اتمی اصلی ذرات پلاستیکی و مواد غیر آلی موجود در سطح آنها استفاده شده است (۲۰، ۵۱، ۵۲). این روش قادر به شناسایی ترکیبات اتمی ذراتی در اندازه‌های نانومتری است، ولی با محدودیت‌هایی از جمله نیاز به آماده‌سازی و صرف زمان و هزینه زیاد همراه است و به تنهایی قادر به شناسایی قطعی میکروپلاستیک‌ها نبوده (۵۳، ۵۴) و باید همراه با سایر روش‌ها به کار گرفته شود.

ـ روش‌های اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در مطالعات مربوط به آب و فاضلاب

روش‌های اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در ۴۰ مقاله مربوط به آب و فاضلاب، شامل روش پیش‌تصفیه و هضم، کوچک‌ترین اندازه قطر منافذ الک و یا فیلتر مورد استفاده، جداسازی براساس اختلاف چگالی، شمارش و شناسایی ساختار میکروپلاستیک‌ها در جداول ۳ تا ۶ ذکر شده است. همچنین فراوانی کاربرد روش‌های اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در این مطالعات نیز در نمودارهای ۱ تا ۴ آورده شده است.

جدول ۳- مطالعات مربوط به بررسی میکروپلاستیک‌ها در آب آشامیدنی

مطالعه	هضم	کوچکترین اندازه منافذ الک یا فیلتر (µm)	شناورسازی	شمارش	شناسایی ساختار
Schymanski و همکاران (۲۰۱۷) (۵۵)	-	۰/۲۲	-	میکروسکوپ متصل به دستگاه طیف‌سنج	micro-Raman
Oßmann و همکاران (۲۰۱۸) (۳۲)	SDS و EDTA	۰/٤	-	میکروسکوپ متصل به دستگاه طیف‌سنج	micro-Raman
Pivokonsky و همکاران (۲۰۱۸) (٤۲)	-	۰/۲	-	میکروسکوپ الکترونی روبشی	micro-Raman micro-FTIR
Mintenig و همکاران (۲۰۱۹) (۲۷)	WPO	۰/۲	$ZnCl_2$	استریومیکروسکوپ	FPA-based FTIR-imaging
Zhang و همکاران (۲۰۱۹) (٥٦)	-	۰/٤٥	-	استریومیکروسکوپ	ATR-FTIR
Shruti و همکاران (۲۰۲۰) (۲۰)	-	۰/۲۲	-	میکروسکوپ فلورسانس	micro-Raman SEM-EDX
Wang و همکاران (۲۰۲۰) (۲۸)	WPO	۰/۲	-	میکروسکوپ الکترونی روبشی	micro-Raman
Pivokonsky و همکاران (۲۰۲۰) (۱۸)	-	۰/۲	-	میکروسکوپ الکترونی روبشی	micro-Raman
Tong و همکاران (۲۰۲۰) (۲۱)	HCl	۰/۲	-	میکروسکوپ فلورسانس	micro-Raman
Makhdoumi و همکاران (۲۰۲۰) (۵۷)	-	۱/۱	-	استریومیکروسکوپ	micro-FTIR micro-Raman

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

جدول۴- مطالعات مربوط به بررسی میکروپلاستیک‌ها در منابع آب شیرین

مطالعه	هضم	کوچکترین اندازه منافذ الک یا فیلتر (µm)	شناورسازی	شمارش	شناسایی ساختار
Anderson و همکاران (۲۰۱۷) (۴۳)	CWPO	۳۳۳	-	میکروسکوپ تشریح	SEM-EDX
Di و همکاران (۲۰۱۸) (۳۳)	WPO	۴۸	NaCl	میکروسکوپ تشریح	micro-Raman
Wang و همکاران (۲۰۱۸) (۵۸)	WPO	۵۰	-	میکروسکوپ تشریح میکروسکوپ الکترونی روبشی	micro-Raman
Yuan و همکاران (۲۰۱۹) (۵۹)	WPO	۵۰	-	استریومیکروسکوپ	micro-Raman
Nan و همکاران (۲۰۲۰) (۶۰)	–	۲۰	–	استریومیکروسکوپ	micro-FTIR
Egessa و همکاران (۲۰۲۰) (۳۴)	CWPO	۲۵۰	NaCl	استریومیکروسکوپ	ATR-FTIR
Gopinath و همکاران (۲۰۲۰) (۶۱)	CWPO	۱۲۰	NaCl	استریومیکروسکوپ	ATR-FTIR
Bertoldi و همکاران (۲۰۲۰) (۶۲)	CWPO	۶۳	–	استریومیکروسکوپ	micro-FTIR micro-Raman
Hu و همکاران (۲۰۲۰) (۶۳)	WPO	۳۳۳	-	میکروسکوپ متالوگرافی	micro-FTIR
Bharath و همکاران (۲۰۲۱) (۶۴)	WPO	۲۰	–	استریومیکروسکوپ	ATR-FTIR

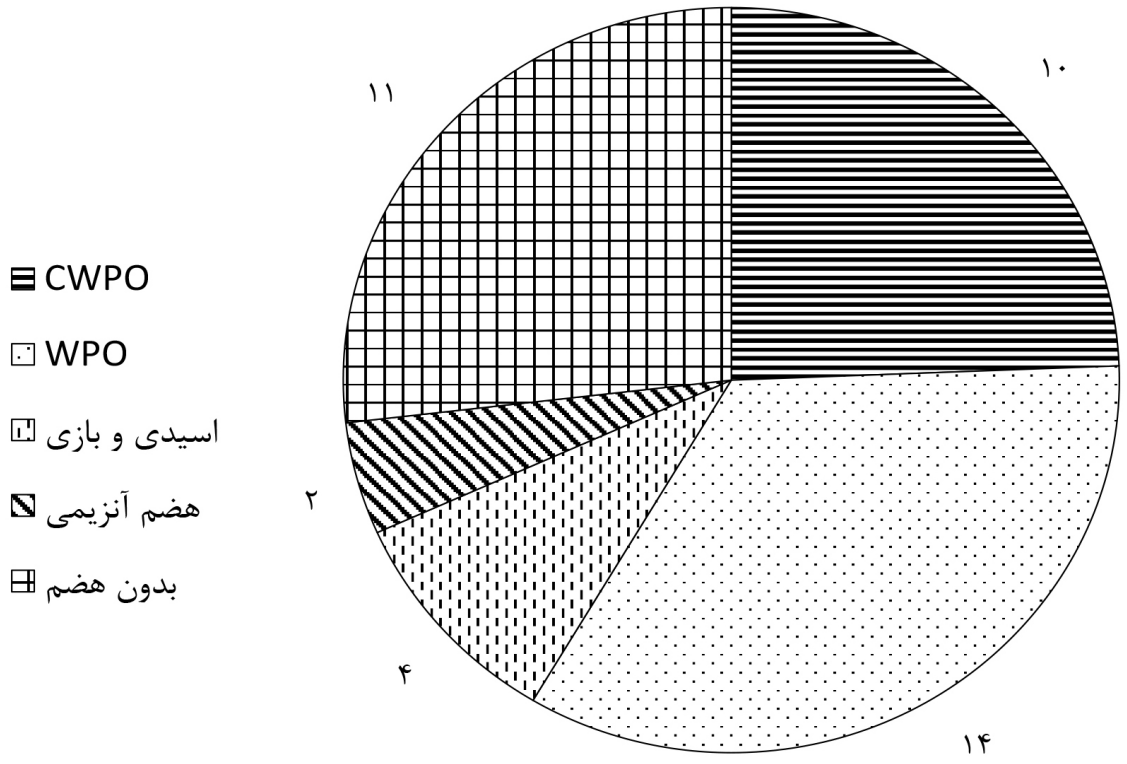
جدول ۵- مطالعات مربوط به بررسی میکروپلاستیک‌ها در آب دریا

مطالعه	هضم	کوچکترین اندازه منافذ الک یا فیلتر (µm)	شناورسازی	شمارش	شناسایی ساختار
Tsang و همکاران (۲۰۱۶) (۶۵)	WPO	۱۵۳	NaCl	استریومیکروسکوپ	ATR-FTIR
Kanhai و همکاران (۲۰۱۶) (۶۶)	-	۲۵۰	-	میکروسکوپ تشریح	ATR-FTIR
Zhao و همکاران (۲۰۱۷) (۳۵)	WPO	۰/۸	NaI	استریومیکروسکوپ	micro-Raman
Beer و همکاران (۲۰۱۷) (۶۷)	KOH و NaClO	۱۵۰	-	میکروسکوپ تشریح	–
Zhang و همکاران (۲۰۱۷) (۶۸)	CWPO	۳۳۰	-	استریومیکروسکوپ	micro-FTIR
Zheng و همکاران (۲۰۱۹) (۶۹)	–	۲۰	-	استریومیکروسکوپ	ATR-FTIR
Nie و همکاران (۲۰۱۹) (۷۰)	WPO	۴۸	$ZnCl_2$	استریومیکروسکوپ	micro-Raman
Aliabad و همکاران (۲۰۱۹) (۷۱)	CWPO	۳۳۳	NaCl	استریومیکروسکوپ	ATR-FTIR
Zhang و همکاران (۲۰۲۰) (۷۲)	CWPO	۳۳۰	-	استریومیکروسکوپ	micro-FTIR
Lindeque و همکاران (۲۰۲۰) (۱۷)	آنزیمی	۱۰۰	-	میکروسکوپ تشریح	ATR-FTIR

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

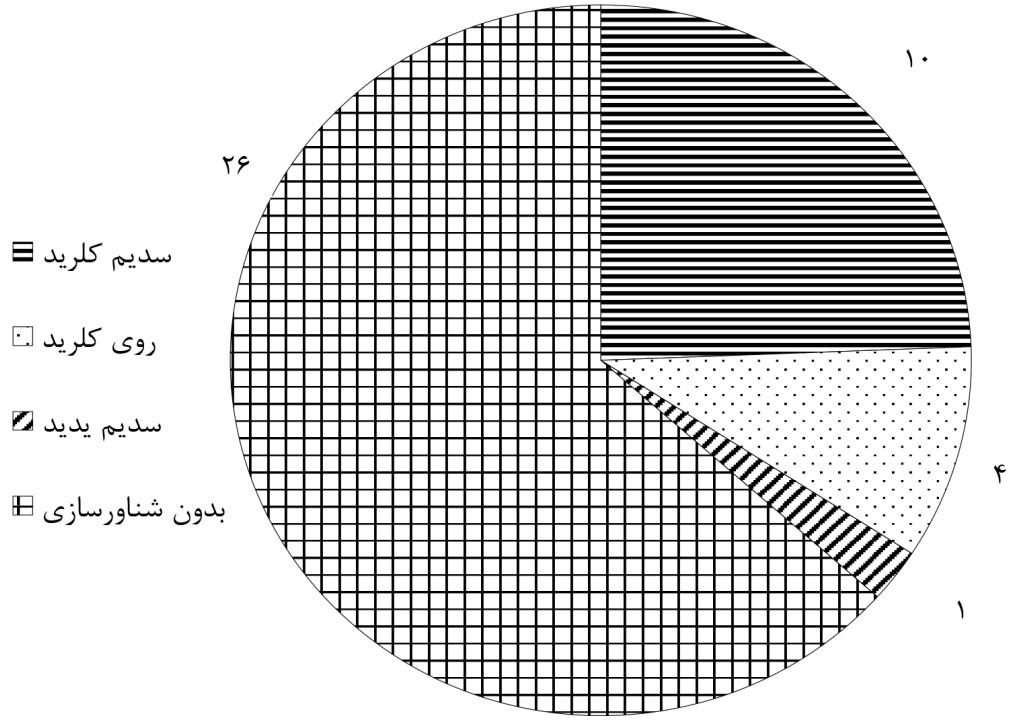
جدول ۶- مطالعات مربوط به بررسی میکروپلاستیک‌ها در فاضلاب

مطالعه	هضم	کوچکترین اندازه منافذ الک یا فیلتر (µm)	شناورسازی	شمارش	شناسایی ساختار
Leslie و همکاران (۲۰۱۷) (۷۳)	-	۰/۷	NaCl	میکروسکوپ نوری ساده	micro-FTIR
Talvitie و همکاران (۲۰۱۷) (۲)	-	۲۰	-	استریومیکروسکوپ	FTIR-Imaging
Xu و همکاران (۲۰۱۸) (۱)	WPO	۵	-	استریومیکروسکوپ	micro-FTIR
Simon و همکاران (۲۰۱۸) (۲۳)	آنزیمی، CWPO	۱۰	-	میکروسکوپ متصل به دستگاه طیف‌سنجی	FPA-based FTIR-imaging
Magni و همکاران (۲۰۱۹) (۷٤)	WPO	٦۳	NaCl	استریومیکروسکوپ	micro-FTIR
Long و همکاران (۲۰۱۹) (۷۵)	CWPO	٤۳	NaCl	میکروسکوپ تشریح	micro-Raman
Hidayaturrahman و همکاران (۲۰۱۹) (۷٦)	WPO	۱/۲	-	میکروسکوپ نوری ساده	-
Jiang و همکاران (۲۰۲۰) (۷۷)	CWPO	۳۸	NaCl و $ZnCl_2$	استریومیکروسکوپ	micro-Raman
Edo و همکاران (۲۰۲۰) (۷۸)	WPO	۲۵	NaCl	استریومیکروسکوپ	micro-FTIR
Naji و همکاران (۲۰۲۰) (۳٦)	KOH	۳۳۳	$ZnCl_2$	میکروسکوپ فلورسانس	FTIR/SEM-EDX

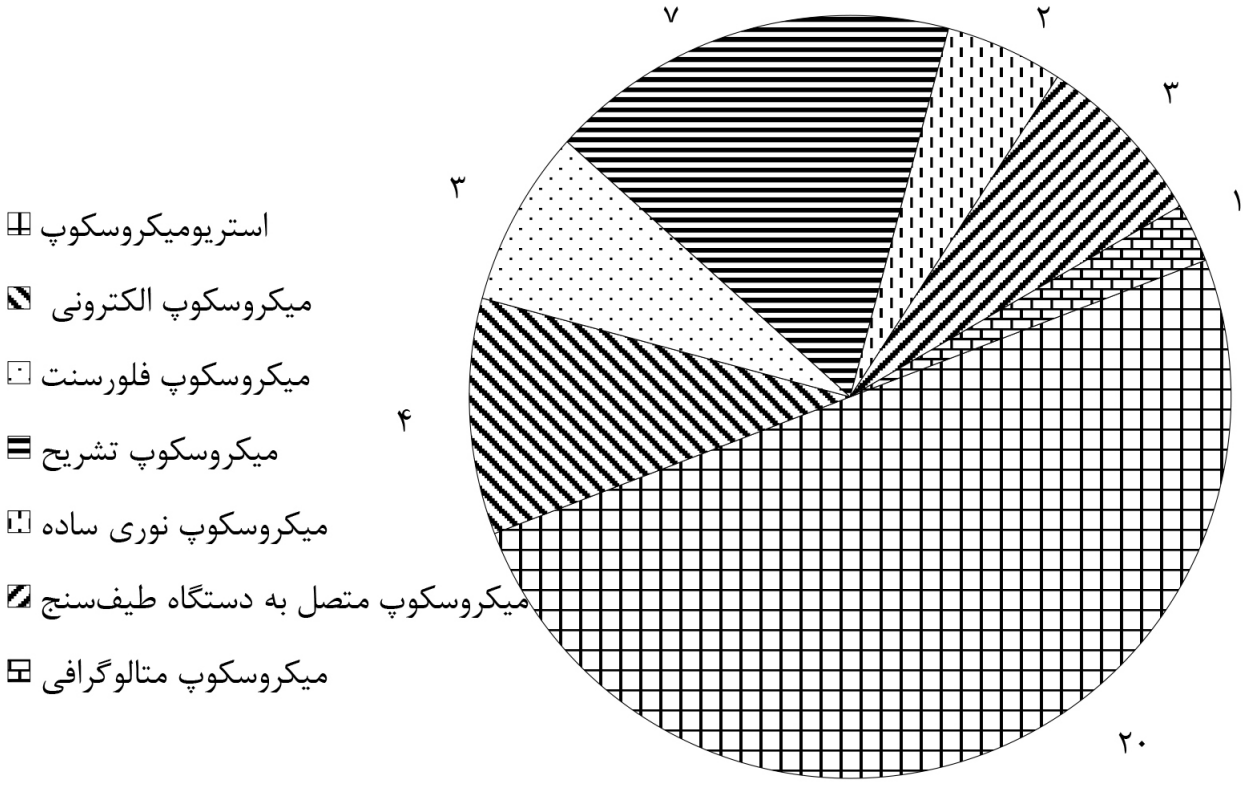


نمودار ۱- روش‌های پیش‌تصفیه و هضم

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

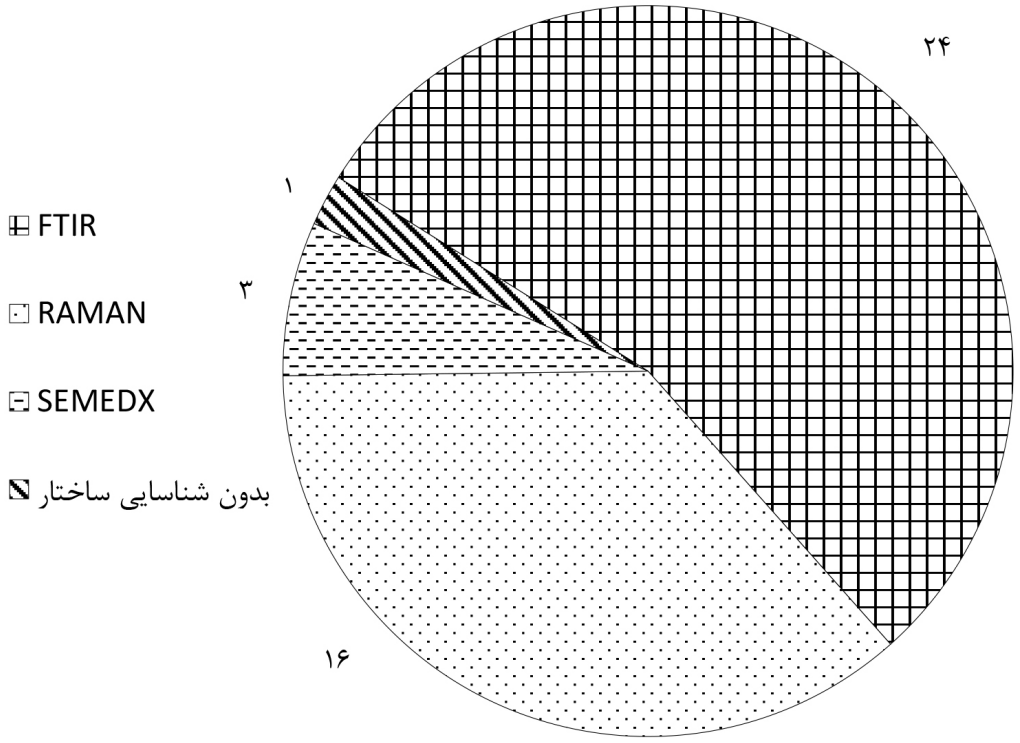


نمودار ۲- نمک‌های مورد استفاده برای جداسازی براساس اختلاف چگالی



نمودار۳- روش‌های شمارش میکروپلاستیک‌ها

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]



نمودار ۴- روش‌های شناسایی نوع میکروپلاستیک‌ها

نتیجه‌گیری

با اینکه میکروپلاستیک‌ها و خطرات بالقوه‌ای که می‌توانند برای سلامت انسان‌ها، حیوانات و محیط زیست داشته باشند، به خوبی شناخته نشده‌اند و هیچ استاندارد و محدودیت قانونی درخصوص وجود آنها در مواد غذایی و محیط زیست وجود ندارد، می‌توانند مواد شیمیایی، میکروارگانیسم‌ها و آلاینده‌های آلی پایدار را جذب کرده و یک عامل ایجاد ریسک برای سلامت انسان‌ها، حیوانات و محیط زیست باشند. ارزیابی ریسک میکروپلاستیک‌ها در گرو شناخت میزان خطر و میزان مواجهه انسان با آنهاست. با این وجود از آنجا که هیچ مطالعه انسانی برای شناخت خطرات مواجهه با میکروپلاستیک‌ها انجام نشده است، میزان ریسک آن برای سلامت انسان ناشناخته است. همچنین از آنجا که هیچ روش استانداردی برای نمونه‌برداری، جداسازی، شمارش و شناسایی آنها وجود ندارد و اندازه‌گیری آنها در مطالعات مختلف به روش‌های یکسانی انجام نشده است، مقایسه نتایج مربوط به فراوانی، جنس، اندازه، روش‌های اندازه‌گیری و میزان مواجهه انسان با آنها امکان‌پذیر نیست. لذا به نظر می‌رسد که باید در راستای استانداردسازی تکنیک‌های فوق تلاش شود.

برای ایجاد یک روش استاندارد اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها، مطالعات بیشتری درخصوص مقایسه روش‌های موجود و تعیین نقاط قوت و ضعف هر یک باید انجام گیرد. در این مطالعه، مراحل مختلف اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها، مزایا، معایب و محدودیت‌های هر یک به طور خلاصه ذکر شد. به طور کلی به منظور اعتبار بخشیدن به اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در هر محیطی، داده‌های بدست آمده از نمونه باید قابل تعمیم به کل آن محیط باشد، به این منظور نمونه‌برداری باید به صورت مرکب و در زمان‌های مختلف و با حجم مناسب انجام شود. همچنین باید پروتکلی انتخاب شود که کمترین صدمه و تخریب را به میکروپلاستیک‌ها وارد کرده و

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

بیشترین میزان آنها را بازیابی نماید. لذا استفاده از مواد اسیدی و قلیایی و یا روش‌هایی که باعث آسیب به میکروپلاستیک‌ها می‌شوند، برای این مطالعات مناسب نیستند. برای شناسایی قطعی میکروپلاستیک‌ها بهتر است از روش‌ها طیف‌سنجی که دارای اعتبار بالا بوده و در مدت زمان کوتاهی آنالیزهای مربوطه را انجام می‌دهند، استفاده شود. همچنین داده‌های بدست آمده از شمارش چشمی با استفاده از میکروسکوپ باید با استفاده از اطلاعات حاصل از شناسایی ساختار شیمیایی ذرات اصلاح شده و درصدی از ذرات که توسط روش‌های آنالیز شیمیایی به عنوان ذرات غیر پلاستیکی تشخیص داده شده‌اند، باید از نتایج مربوط به شمارش آنها کم شوند. با توجه به محدودیت‌های تجهیزاتی در کشور، کاربرد طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه برای ذرات بزرگ‌تر از ۵۰۰ µm و طیف سنج میکرورامان برای ذرات کوچک‌تر از ۵۰۰ µm مناسب است. در نهایت روش اندازه‌گیری انتخاب شده، باید برای نمونه‌های شاهد عینا تکرار شده و آلودگی‌های ثانویه ایجاد شده در مراحل اندازه‌گیری باید از نتایج نهایی کم شوند. توجه به این نکات کلیدی می‌تواند در انتخاب دقیق‌ترین و مناسب‌ترین روش اندازه‌گیری و آنالیز میکروپلاستیک‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان "بررسی راندمان حذف میکروپلاستیک‌ها در تصفیه‌خانه فاضلاب با فرایند لجن فعال متداول (مطالعه موردی تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب شهر اصفهان)" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۴۰۰ و کد ۳۹۸۷۰۹ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی اصفهان اجرا شده است.

References

1. Xu X, Hou Q, Xue Y, Jian Y, Wang L. Pollution characteristics and fate of microfibers in the wastewater from textile dyeing wastewater treatment plant. Water Science and Technology. 2018;78(10):2046-54.

2. Talvitie J, Mikola A, Koistinen A, Setälä O. Solutions to microplastic pollution–Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. Water Research. 2017;123:401-07.

3. Carr SA, Liu J, Tesoro AG. Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. Water Research. 2016;91:174-82.

4. Mahmoud A, Kamaladdin K. Microplastic Pollutant. Tehran: Avaye Ghalam; 2018 (in Persian).

5. Mallow O, Spacek S, Schwarzböck T, Fellner J, Rechberger H. A new thermoanalytical method for the quantification of microplastics in industrial wastewater. Environmental Pollution. 2020;259:113862.

6. Andrady AL. The plastic in microplastics: A review. Marine Pollution Bulletin. 2017;119(1):12-22.

7. Cho S-A, Cho W-B, Kim S-B, Chung J-H, Kim H-J. Identification of microplastics in sea salts by raman microscopy and FT-IR microscopy. Analytical Science and Technology. 2019;32(6):243-51.

8. Ziajahromi S, Neale PA, Rintoul L, Leusch FDL. Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. Water research. 2017;112:93-99.

9. Rocha-Santos T, Duarte AC. A critical overview of

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2015;65:47-53.

10. Wang Z, Su B, Xu X, Di D, Huang H, Mei K, et al. Preferential accumulation of small (< 300 μm) microplastics in the sediments of a coastal plain river network in eastern China. Water Research. 2018;144:393-401.

11. Tagg AS, Sapp M, Harrison JP, Ojeda JsJ. Identification and quantification of microplastics in wastewater using focal plane array-based reflectance micro-FT-IR imaging. Analytical Chemistry. 2015;87(12):6032-40.

12. World Health Organization. Microplastics in Drinking-water. Switzerland: World Health Organization; 2019.

13. Masura J, Baker JE, Foster GD, Arthur C, Herring C. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. USA: NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48; 2015.

14. Dyachenko A, Mitchell J, Arsem N. Extraction and identification of microplastic particles from secondary wastewater treatment plant (WWTP) effluent. Analytical Methods. 2017;9 (9):1412-18.

15. Mason SA, Garneau D, Sutton R, Chu Y, Ehmann K, Barnes J, et al. Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. Environmental Pollution. 2016;218:1045-54.

16. Mintenig S, Int-Veen I, Löder MG, Primpke S, Gerdts G. Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. Water Research. 2017;108:365-72.

17. Lindeque PK, Cole M, Coppock RL, Lewis CN, Miller RZ, Watts AJR, et al. Are we underestimating microplastic abundance in the marine environment? A comparison of microplastic capture with nets of different mesh-size. Environmental Pollution. 2020;265:114721.

18. Pivokonský M, Pivokonská L, Novotná K, Čermáková L, Klimtová M. Occurrence and fate of microplastics at two different drinking water treatment plants within a river catchment. Science of the Total Environment. 2020;741:140236.

19. Wang Z, Lin T, Chen W. Occurrence and removal of microplastics in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP). Science of the Total Environment. 2020;700:134520.

20. Shruti VC, Pérez-Guevara F, Kutralam-Muniasamy G. Metro station free drinking water fountain-A potential "microplastics hotspot" for human consumption. Environmental Pollution. 2020;261:114227.

21. Tong H, Jiang Q, Hu X, Zhong X. Occurrence and identification of microplastics in tap water from China. Chemosphere. 2020;252:126493.

22. Zhang M, Li J, Ding H, Ding J, Jiang F, Ding NX, et al. Distribution Characteristics and Influencing Factors of Microplastics in Urban Tap Water and Water Sources in Qingdao, China. Analytical Letters. 2020;53(8):1312-27.

23. Simon M, van Alst N, Vollertsen J. Quantification of microplastic mass and removal rates at wastewater treatment plants applying Focal Plane Array (FPA)-based Fourier Transform Infrared (FT-IR) imaging. Water Research. 2018;142:1-9.

24. Sun J, Dai X, Wang Q, van Loosdrecht MCM, Ni B-J. Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. Water Research. 2019;152:21-37.

25. Hermsen E, Mintenig SM, Besseling E, Koelmans AA. Quality criteria for the analysis of microplastic in biota samples: a critical review. Environmental Science & Technology. 2018;52(18):10230-40.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

Lake Victoria. Science of The Total Environment. 2020;741:140201.

35. Zhao S, Danley M, Ward JE, Li D, Mincer TJ. An approach for extraction, characterization and quantitation of microplastic in natural marine snow using Raman microscopy. Analytical methods. 2017;9(9):1470-78.

36. Naji A, Azadkhah S, Farahani H, Uddin S, Khan FR. Microplastics in wastewater outlets of Bandar Abbas city (Iran): A potential point source of microplastics into the Persian Gulf. Chemosphere. 2021;262.

37. Zhang K, Su J, Xiong X, Wu X, Wu C, Liu J. Microplastic pollution of lakeshore sediments from remote lakes in Tibet plateau, China. Environmental Pollution. 2016;219:450-55.

38. Lares M, Ncibi MC, Sillanpää M, Sillanpää M. Intercomparison study on commonly used methods to determine microplastics in wastewater and sludge samples. Environmental Science and Pollution Research. 2019;26 (12):12109-22.

39. Alavian Petroody SS, Hashemi SH. Occurrence and characterization of microplastics in urban wastewater, a case study: Sari wastewater treatment plant. Modares Civil Engineering Journal. 2020;19(6):145-54.

40. Shim WJ, Song YK, Hong SH, Jang M. Identification and quantification of microplastics using Nile Red staining. Marine Pollution Bulletin. 2016;113(1):469-76.

41. Karlsson TM, Vethaak AD, Almroth BC, Ariese F, van Velzen M, Hassellöv M, et al. Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: method development and microplastic accumulation. Marine Pollution Bulletin. 2017;122(1-2):403-08.

42. Pivokonsky M, Cermakova L, Novotna K, Peer P, Cajthaml T, Janda V. Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. Science of the Total

26. Tagg AS, Sapp M, Harrison JP, Sinclair CJ, Bradley E, Ju-Nam Y, et al. Microplastic monitoring at different stages in a wastewater treatment plant using reflectance micro-FTIR imaging. Frontiers in Environmental Science. 2020:145.

27. Mintenig S, Löder M, Primpke S, Gerdts G. Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. Science of The Total Environment. 2019;648:631-35.

28. Wang Z, Lin T, Chen W. Occurrence and removal of microplastics in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP). Science of the Total Environment. 2020;700:134520.

29. Lares M, Ncibi MC, Sillanpää M, Sillanpää M. Intercomparison study on commonly used methods to determine microplastics in wastewater and sludge samples. Environmental Science and Pollution Research. 2019;26(12):12109-22.

30. Lares M, Ncibi MC, Sillanpää M, Sillanpää M. Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. Water Research. 2018;133:236-46.

31. Karami A, Golieskardi A, Choo CK, Romano N, Ho YB, Salamatinia B. A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish. Science of the Total Environment. 2017;578:485-94.

32. Oßmann BE, Sarau G, Holtmannspötter H, Pischetsrieder M, Christiansen SH, Dicke W. Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. Water Research. 2018;141:307-16.

33. Di M, Liu X, Wang W, Wang J. Manuscript prepared for submission to environmental toxicology and pharmacology pollution in drinking water source areas: Microplastics in the Danjiangkou Reservoir, China. Environmental Toxicology and Pharmacology. 2019;65:82-89.

34. Egessa R, Nankabirwa A, Ocaya H, Pabire WG. Microplastic pollution in surface water of

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

Environment. 2018;643:1644-51.

43. Anderson PJ, Warrack S, Langen V, Challis JK, Hanson ML, Rennie MD. Microplastic contamination in lake Winnipeg, Canada. Environmental Pollution. 2017;225:223-31.

44. Gniadek M, Dąbrowska A. The marine nano-and microplastics characterisation by SEM-EDX: the potential of the method in comparison with various physical and chemical approaches. Marine Pollution Bulletin. 2019;148:210-16.

45. Veerasingam S, Ranjani M, Venkatachalapathy R, Bagaev A, Mukhanov V, Litvinyuk D, et al. Contributions of Fourier transform infrared spectroscopy in microplastic pollution research: A review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2021;51(22):2681-743.

46. Prata JC, da Costa JP, Duarte AC, Rocha-Santos TJTTiAC. Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: a critical review. 2019;110:150-59.

47. Anger PM, von der Esch E, Baumann T, Elsner M, Niessner R, Ivleva NP. Raman microspectroscopy as a tool for microplastic particle analysis. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2018;109:214-26.

48. Matsui K, Ishimura T, Mattonai M, Iwai I, Watanabe A, Teramae N, et al. Identification algorithm for polymer mixtures based on Py-GC/MS and its application for microplastic analysis in environmental samples. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2020;149:104834.

49. Funck M, Yildirim A, Nickel C, Schram J, Schmidt TC, Tuerk J. Identification of microplastics in wastewater after cascade filtration using Pyrolysis-GC–MS. MethodsX. 2020;7:100778.

50. Majewsky M, Bitter H, Eiche E, Horn H. Determination of microplastic polyethylene (PE) and polypropylene (PP) in environmental samples using thermal analysis (TGA-DSC). Science of the Total Environment. 2016;568:507-11.

51. Anderson PJ, Warrack S, Langen V, Challis JK, Hanson ML, Rennie MD. Microplastic contamination in lake Winnipeg, Canada. Environmental Pollution. 2017;225:223-31.

52. Zhao S, Zhu L, Gao L, Li D. Limitations for microplastic quantification in the ocean and recommendations for improvement and standardization. In: Zeng EY, editor. Microplastic Contamination in aquatic environments. Netherlands: Elsevier; 2018. p. 27-49.

53. Oßmann B, Schymanski D, Ivleva NP, Fischer D, Fischer F, Dallmann G, et al. Comment on "exposure to microplastics (<10 μm) associated to plastic bottles mineral water consumption: The first quantitative study by Zuccarello et al. [Water Research 157 (2019) 365–371]". Water Research. 2019;162:516-17.

54. Stock F, Narayana VKB, Scherer C, Löder MG, Brennholt N, Laforsch C, et al. Pitfalls and Limitations in Microplastic Analyses. In: Stock F, Reifferscheid G, Brennholt N, Kostianaia E, editors. Plastics in the aquatic environment - Part I. The handbook of environmental chemistry, vol 111. New York: Springer; 2020. p. 13-42.

55. Schymanski D, Goldbeck C, Humpf H-U, Fürst P. Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. Water Research. 2018;129:154-62.

56. Zhang M, Li J, Ding H, Ding J, Jiang F, Ding NX, et al. Distribution characteristics and influencing factors of microplastics in urban tap water and water sources in Qingdao, China. Analytical Letters. 2020;53(8):1312-27.

57. Makhdoumi P, Amin AA, Karimi H, Pirsaheb M, Kim H, Hossini H. Occurrence of microplastic particles in the most popular Iranian bottled mineral water brands and an assessment of human exposure. Journal of Water Process Engineering. 2020:101708.

58. Wang W, Yuan W, Chen Y, Wang J. Microplastics in

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

surface waters of dongting lake and hong lake, China. Science of The Total Environment. 2018;633:539-45.

59. Yuan W, Liu X, Wang W, Di M, Wang J. Microplastic abundance, distribution and composition in water, sediments, and wild fish from Poyang Lake, China. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019;170:180-87.

60. Nan B, Su L, Kellar C, Craig NJ, Keough MJ, Pettigrove V. Identification of microplastics in surface water and Australian freshwater shrimp Paratya australiensis in Victoria, Australia. Environmental Pollution. 2020;259:113865.

61. Gopinath K, Seshachalam S, Neelavannan K, Anburaj V, Rachel M, Ravi S, et al. Quantification of microplastic in Red Hills Lake of Chennai city, Tamil Nadu, India. Environmental Science and Pollution Research. 2020;27 (26):33297-306.

62. Bertoldi C, Lara LZ, Mizushima FAdL, Martins FCG, Battisti MA, Hinrichs R, et al. First evidence of microplastic contamination in the freshwater of Lake Guaíba, Porto Alegre, Brazil. Science of The Total Environment. 2020:143503.

63. Hu D, Zhang Y, Shen M. Investigation on microplastic pollution of Dongting Lake and its affiliated rivers. Marine Pollution Bulletin. 2020;160:111555.

64. Bharath KM, S S, Natesan U, Ayyamperumal R, Kalam SN, S A, et al. Microplastics as an emerging threat to the freshwater ecosystems of Veeranam lake in south India: A multidimensional approach. Chemosphere. 2021;264(Pt 2):128502.

65. Tsang YY, Mak CW, Liebich C, Lam SW, Sze ETP, Chan KM. Microplastic pollution in the marine waters and sediments of Hong Kong. Marine Pollution Bulletin. 2017;115(1):20-28.

66. Kanhai LDK, Officer R, Lyashevska O, Thompson RC, O'Connor I. Microplastic abundance, distribution and composition along a latitudinal gradient in the Atlantic Ocean. Marine Pollution Bulletin. 2017;115(1):307-14.

67. Beer S, Garm A, Huwer B, Dierking J, Nielsen TG. No increase in marine microplastic concentration over the last three decades–A case study from the Baltic Sea. Science of The Total Environment. 2018;621:1272-79.

68. Zhang W, Zhang S, Wang J, Wang Y, Mu J, Wang P, et al. Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China. Environmental Pollution. 2017;231:541-48.

69. Zheng Y, Li J, Cao W, Liu X, Jiang F, Ding J, et al. Distribution characteristics of microplastics in the seawater and sediment: A case study in Jiaozhou Bay, China. Science of The Total Environment. 2019;674:27-35.

70. Nie H, Wang J, Xu K, Huang Y, Yan MJ. Microplastic pollution in water and fish samples around Nanxun Reef in Nansha Islands, South China Sea. Science of The Total Environment. 2019;696:134022.

71. Aliabad MK, Nassiri M, Kor K. Microplastics in the surface seawaters of Chabahar Bay, Gulf of Oman (Makran Coasts). Marine Pollution Bulletin. 2019;143:125-33.

72. Zhang W, Zhang S, Zhao Q, Qu L, Ma D, Wang J. Spatio-temporal distribution of plastic and microplastic debris in the surface water of the Bohai Sea, China. Marine Pollution Bulletin. 2020;158:111343.

73. Leslie HA, Brandsma SH, Van Velzen MJM, Vethaak AD. Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. Environment International. 2017;101:133-42.

74. Magni S, Binelli A, Pittura L, Avio CG, Della Torre C, Parenti CC, et al. The fate of microplastics in an Italian Wastewater Treatment Plant. Science of the Total Environment. 2019;652:602-10.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

75. Long Z, Pan Z, Wang W, Ren J, Yu X, Lin L, et al. Microplastic abundance, characteristics, and removal in wastewater treatment plants in a coastal city of China. Water Research. 2019;155:255-65.

76. Hidayaturrahman H, Lee T-G. A study on characteristics of microplastic in wastewater of South Korea: identification, quantification, and fate of microplastics during treatment process. Marine Pollution Bulletin. 2019;146:696-702.

77. Jiang J, Wang X, Ren H, Cao G, Xie G, Xing D, et al. Investigation and fate of microplastics in wastewater and sludge filter cake from a wastewater treatment plant in China. Science of the Total Environment. 2020;746:141378.

78. Edo C, González-Pleiter M, Leganés F, Fernández-Piñas F, Rosal R. Fate of microplastics in wastewater treatment plants and their environmental dispersion with effluent and sludge. Environmental Pollution. 2020;259:113837.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Systematic Review Article

A review of microplastics measuring methods in water and wastewater bodies

Hamze Sharifi[1], Hossein Movahedian Attar[1,2,*]

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- Environment Research Center, Research Institute for Primordial Prevention of Non Communicable Disease, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 13 March 2021
Revised: 08 June 2021
Accepted: 12 June 2021
Published: 21 June 2021

Keywords: Microplastics, Water, Wastewater

***Corresponding Author:**
movahedian@hlth.mui.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Recently, microplastics (MPs) have been found in the aquatic and terrestrial environments, air, and food. Other pollutants can be transported by MPs and pose a threat to the human, animal, and environment. Measurement and evaluation of microplastics can either increase knowledge about them or boost understanding of their possible harmful effects. However, no standard method has been established to measure microplastics and the measurement of microplastics has been done by various methods in different published studies. The aim of current study was to investigate different methods of measuring microplastics in water and wastewater environment and identifying the strengths and weaknesses of these methods.

Materials and Methods: The present review study was conducted during the winter 2021, by searching the papers cited in PubMed, Google Scholar, Web of Science, and Scopus databases using the keywords "Microplastic", "Water", "Drinking-water", "Wastewater", "Surface", "Bottled-water" and "Marine" and selecting articles published between 2015 and 2021 in reputable journals.

Results: The main stages of MPs measuring in various studies included sampling and sieving, pretreatment and digestion, density separation, counting and Identification of MPs by their chemical composition.

Conclusion: Digestion using H_2O_2, density separation using NaCl, counting by stereomicroscope, and Spectroscopy using FTIR and micro-RAMAN are the most widely used methods in the studies related to detecting MPs in water and wastewater environment. However, different methods of measuring and identifying microplastics have made comparing the results of studies difficult and it seems that efforts should be made to standardize these methods.

Please cite this article as: Sharifi H, Movahedian Attar H. A review of microplastics measuring methods in water and wastewater bodies. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(1):173-90.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]