

## Review article

## Investigating the Presence of Microplastics As an Emerging Contaminant in Water and Various Beverages: A Review Study

Atefeh Jabari<sup>1</sup>Mohammad Ali Zazouli<sup>2</sup>Yalda Hashempour<sup>3\*</sup>

1. Student Research Committee, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
2. Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
3. Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

\*Corresponding author: Yalda Hashempour, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

Email: Y.Hashempour@mazums.ac.ir

Received: 24 April 2024

Accepted: 09 June 2024

### ABSTRACT

**Introduction and purpose:** Microplastics (MPs) have emerged as a pollutant in water and various types of beverages. Given that humans are regularly exposed to the risk of microplastic accumulation in the body through the consumption of water and different drinks, this review study aimed to assess the occurrence of this emerging pollutant across water and various beverage categories.

**Methods:** For this review study, the articles on the presence of MPs in beverages published up to 2024 were thoroughly reviewed. These articles were identified through searches conducted in reputable national and international databases, including Google Scholar, PubMed, Embase, Science Direct, and SID. The search utilized both Persian and English keywords, such as microplastic, beverages, human health, tea, bottled water, tap water, and soft drinks.

**Results:** The review examined the presence of microplastics in a range of beverage types, including bottled water (11 articles), tap water (6 articles), tea and coffee (7 articles), milk (6 articles), and energy drinks and sodas (4 articles). According to the results, the frequency of MPs in each liter of bottled water and tap water was between 4.6 and 20348 particles, and their dominant sources were polypropylene and polyethylene terephthalate. The size range of MPS in tea varied from 200.6-220.7  $\mu\text{m}$ , and the common polymers identified were ethylene-vinyl acetate and acrylonitrile butadiene styrene. Furthermore, the average number of MPs in milk samples was  $6\pm 5$  particles per liter. The results pointed out that the possibility of milk being contaminated by MPs during the production process was higher than during the packaging process.

**Conclusion:** As evidenced by the obtained results, MPs were present in all the beverages studied, and the sources of their contamination included the packaging of bottles and abrasion of bottle caps in bottled water, water treatment and pipelines in tap water, agricultural plastic films, and the use of plastic packaging in tea and milk. The presence of MPs in water and beverages has adverse effects on human health, and there is a need for further studies and new standards to control the related risks.

**Keywords:** Beverages, Contamination sources, Exposure, Microplastic, Water

► **Citation:** Jabari A, Zazouli MA, Hashempour Y. Investigating the Presence of Microplastics As an Emerging Contaminant in Water and Various Beverages: A Review Study. Journal of Health Research in Community. Summer 2024;10(2):85-96.

## مقاله مروری

## بررسی حضور میکروپلاستیک‌ها به‌عنوان یک آلاینده‌ی نوظهور در آب و انواع نوشیدنی‌ها: مطالعه‌ی مروری

## چکیده

عاطفه جباری<sup>۱</sup>  
محمدعلی ززولی<sup>۱</sup>  
یلدا هاشم پور<sup>۲\*</sup>

**مقدمه و هدف:** میکروپلاستیک‌ها به‌عنوان یک آلاینده‌ی نوظهور در انواع نوشیدنی‌ها وجود دارند. با توجه به اینکه انسان روزانه از طریق نوشیدنی‌های مختلف در معرض خطر تجمع میکروپلاستیک‌ها در بدن قرار دارد، در این مطالعه‌ی مروری، به بررسی حضور این آلاینده‌ی نوظهور در آب و انواع نوشیدنی‌ها پرداخته شد.

**روش کار:** در این مطالعه‌ی مروری، مقالات چاپ‌شده تا سال ۲۰۲۴ با بررسی حضور میکروپلاستیک‌ها در نوشیدنی‌ها بررسی شد. این مقالات با جست‌وجو در پایگاه داده‌های معتبر ملی و بین‌المللی شامل Embase، PubMed، Google Scholar، Sience Direct و SID و با استفاده از کلیدواژه‌های فارسی نظیر میکروپلاستیک، نوشیدنی، سلامت انسان، آب لوله‌کشی، آب بطری‌شده و کلیدواژه‌های انگلیسی نظیر Microplastic جمع‌آوری و بررسی شدند.

**یافته‌ها:** وجود میکروپلاستیک‌ها در آب‌های بطری‌شده (۱۱ مقاله)، آب لوله‌کشی‌شده (۶ مقاله)، چای و قهوه (۷ مقاله)، شیر (۶ مقاله) و نوشیدنی‌های انرژی‌زا و نوشابه (۴ مقاله) بررسی شد. بر اساس مطالعات، فراوانی میکروپلاستیک‌ها در هر لیتر آب بطری‌شده و آب لوله‌کشی‌شده بین ۴/۶ تا ۲۰۳۴۸ ذره و منبع غالب آن‌ها PET و PP بود. محدوده‌ی اندازه‌ی میکروپلاستیک‌ها در چای از ۲۰۰/۶ تا ۲۲۰/۷ میکرومتر متغیر بود و پلیمرهای رایج شناسایی‌شده اتیلن وینیل استات و آکریلونیتریل بوتادین استایرن بودند. همچنین، میانگین تعداد میکروپلاستیک در نمونه‌های شیر برابر با  $5 \pm 6$  ذره در هر لیتر بود. نتایج نشان داد که امکان آلودگی شیر به میکروپلاستیک‌ها در طول فرایند تولید، بیشتر از فرایند بسته‌بندی بود.

**نتیجه‌گیری:** میکروپلاستیک‌ها در همه‌ی نوشیدنی‌های مورد بررسی حضور دارند و منابع آلودگی آن‌ها شامل بسته‌بندی بطری‌ها و سایش درب بطری در آب بطری‌شده، تصفیه‌ی آب و خطوط لوله در آب لوله‌کشی‌شده، فیلم پلاستیکی کشاورزی و استفاده از بسته‌بندی پلاستیکی در چای و شیر است. حضور میکروپلاستیک‌ها در آب و انواع نوشیدنی‌ها اثرات نامطلوب بر سلامت انسان‌ها دارد و نیاز به مطالعات بیشتر و استانداردهای جدید برای کنترل خطرات مرتبط با آن‌ها وجود دارد.

**کلمات کلیدی:** میکروپلاستیک، آب، نوشیدنی، منابع آلودگی، مواجهه

۱. کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات و فناوری دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

\* نویسنده مسئول: یلدا هاشم پور، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

Email: Y.Hashempour@mazums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰

◀ **استناد:** جباری، عاطفه؛ ززولی، محمدعلی؛ هاشم پور، یلدا. بررسی حضور میکروپلاستیک‌ها به‌عنوان یک آلاینده‌ی نوظهور در آب و انواع نوشیدنی‌ها: مطالعه‌ی

مروری. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، تابستان ۱۴۰۳؛ ۱۰(۲): ۹۶-۸۵

## مقدمه

محصولات پلاستیکی به دلیل هزینه‌ی کم، مقاومت در برابر ضربه و دوام بالا در زندگی روزمره به‌طور گسترده استفاده

[۱۱، ۱۲]. به‌طور مثال، یک بار باز و بسته شدن بطری می‌تواند به آزاد شدن ۶۳۴۰۰ تا ۱۲۲۵۵۰۰ ذره‌ی پلی‌اتیلن با چگالی بالا (HDPE) در سطح نوشیدنی منجر شود و همچنین، بطری‌های نوزاد می‌توانند ۱ تا ۱۶ میلیون میکروپلاستیک در لیتر در آماده‌سازی شیر خشک آزاد کنند که به‌طور متوسط، میکروپلاستیک مصرف‌شده توسط هر نوزاد ۱/۵ میلیون محاسبه شده است [۱۳].

علاوه بر این، یک کیسه‌ی چای پلاستیکی در دمای دم می‌تواند تقریباً ۱۱/۶ میلیارد میکروپلاستیک و ۳/۱ میلیارد نانوپلاستیک (NPs) را در یک فنجان نوشیدنی آزاد کند [۹]. دیواره‌های داخلی بطری‌های پلاستیکی نوشیدنی‌های گازدار، به دلیل افزایش فشار غیرمستقیم با انتشار CO<sub>2</sub>، مستعد نشت مقادیر درخور توجهی از میکروپلاستیک‌ها به درون نوشیدنی‌ها و بلع توسط انسان هستند [۱۳].

میکروپلاستیک‌ها، در صورت بلعیده شدن و مواجهه‌ی طولانی‌مدت، تهدیدات بالقوه‌ی برای سلامت انسان ایجاد می‌کنند. آزمایش‌ها نشان داده است که میکروپلاستیک‌ها قادر به نفوذ به غشای سلولی انسان، القای تولید گونه‌های اکسیژن فعال، تحریک پاسخ‌های التهابی و ایجاد اثرات نورو توکسیک هستند؛ بنابراین، ارزیابی میزان میکروپلاستیک‌های وارد شده به بدن انسان و اثرات بالقوه‌ی آن بر سلامتی بسیار مهم است [۱۱، ۱۳، ۱۴].

با توجه به اینکه انسان روزانه از طریق نوشیدنی‌های مختلف در معرض خطر تجمع میکروپلاستیک‌ها در بدن قرار دارد، در این مطالعه‌ی مروری سیستماتیک، به بررسی حضور میکروپلاستیک‌ها در آب و انواع نوشیدنی‌ها پرداخته شد.

## روش کار

پژوهش حاضر یک مطالعه‌ی مروری با بررسی حضور میکروپلاستیک‌ها در نوشیدنی‌ها است. با جست‌وجو در پایگاه داده‌های معتبر ملی و بین‌المللی شامل Embase، PubMed، Google Scholar،

می‌شوند. افزایش تولید پلاستیک در سال‌های اخیر به تولید زباله‌های پلاستیکی منجر شده است که دوام، ماندگاری و سرعت پایین از بین رفتن آن‌ها باعث بروز مشکلات زیست‌محیطی شده است [۳-۱]. بر اساس آمارها، تولید پلاستیک در سال ۲۰۲۱ به ۳۹۰ میلیون تن رسیده است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۵۰، این رقم سه برابر شود. در اروپا، ۴۰ درصد از این تولیدات به بسته‌بندی مواد غذایی اختصاص دارد [۴، ۵].

ظروف پلاستیکی مواد غذایی یا بسته‌بندی آن‌ها مانند بطری‌ها، فویل‌ها، سینی‌ها، فیلم‌های آب‌بندی، درپوش‌ها، کیسه‌های چای، فنجان‌ها و... برای نگهداری انواع مختلف غذا، نوشیدنی و آب معدنی تولید می‌شوند. عوامل محیطی مختلف مانند نور خورشید، آب، دما و تنش فیزیکی بر تخریب مواد پلاستیکی موجود در این ظروف و تولید میکروپلاستیک‌ها تأثیر می‌گذارند [۶، ۷].

میکروپلاستیک‌ها به پلاستیک‌هایی با اندازه‌ی کمتر از ۵ میلی‌متر اطلاق می‌شود. این پلاستیک‌ها یا به‌صورت مستقیم تولید می‌شوند که به‌عنوان میکروپلاستیک‌های اولیه شناخته می‌شوند (مانند پالت‌های یک‌بارمصرف، منسوجات مصنوعی، لوازم آرایشی و تکه‌تکه شدن زباله‌های پلاستیکی)، یا ناشی از تجزیه‌ی پلاستیک‌های بزرگ‌ترند که به‌عنوان میکروپلاستیک‌های ثانویه شناخته می‌شوند [۸، ۹].

این ذرات ممکن است از طریق مسیرهای مختلفی مانند غذا و نوشیدنی وارد رژیم غذایی انسان شوند [۹]. نتایج مطالعات نشان داده‌اند که ذرات میکروپلاستیک ممکن است از آب آشامیدنی، آب بطری‌شده، آب لوله‌کشی، کیسه‌های چای، بطری‌های پلی‌پروپیلن (PP) برای تغذیه‌ی شیر نوزادان و بسته‌بندی مواد غذایی وارد رژیم غذایی انسان شوند [۱۰، ۱۱].

بطری‌ها و درپوش‌های پلاستیکی می‌توانند منبع مهمی برای میکروپلاستیک‌ها در آب بطری‌شده باشند، همچنین اصطکاک بین درپوش و گلوگاه بطری‌های پلاستیکی ممکن است تعداد میکروپلاستیک‌ها را در یک بطری پلاستیکی آب افزایش دهد

Science Direct و SID و با استفاده از کلیدواژه‌های فارسی نظیر میکروپلاستیک، نوشیدنی، سلامت انسان، آب لوله‌کشی، آب بطری‌شده و کلیدواژه‌های انگلیسی نظیر Tap، Soft drinks، beverages، human health، Tea، Bottled water، water و Microplastic با انتخاب مقالات چاپ‌شده تا سال ۲۰۲۴ از مجلات معتبر، مقایسه و بررسی آن‌ها انجام شد.

### یافته‌ها

پس از جست‌وجو با کلیدواژه‌های ذکرشده، تعداد ۵۷ مقاله یافت شد که در زمینه‌ی حضور میکروپلاستیک‌ها در آب و انواع

نوشیدنی‌ها بود. پس از حذف مقالات تکراری، تعداد ۳۳ مقاله با متن کامل در دسترس قرار گرفت که به وجود میکروپلاستیک‌ها در آب‌های بطری‌شده (۱۰ مقاله)، میکروپلاستیک‌ها در آب لوله‌کشی‌شده (۶ مقاله)، میکروپلاستیک‌ها در چای و قهوه (۷ مقاله)، میکروپلاستیک‌ها در شیر (۶ مقاله) و میکروپلاستیک‌ها در نوشیدنی‌های انرژی‌زا و نوشابه (۴ مقاله) اشاره کرده بودند که به ترتیب در جداول ۱ تا ۵ گنجانده شدند. اطلاعات این جداول بر اساس کشور مورد مطالعه، منبع غالب میکروپلاستیک، روش شناسایی میکروپلاستیک‌ها، نوع پلیمر شناسایی‌شده، اندازه و فراوانی آن‌ها است. پلیمرهای غالب شناسایی‌شده شامل پلی‌اتیلن (PE)، پلی‌پروپیلن (PP)، پلی‌استایرن (PS)، پلی‌اتیلن ترفتالات

جدول ۱: مطالعات انجام‌شده در زمینه‌ی میکروپلاستیک‌ها در آب بطری‌شده

کشور/سال مطالعه	فراوانی میکروپلاستیک	منبع غالب میکروپلاستیک	اندازه‌ی میکروپلاستیک	روش سنجش	رفرنس
۱۱ کشور مختلف (اندونزی، ایالات متحده‌ی آمریکا، هند، مکزیک، بریتانیا، فرانسه، آلمان، برزیل، لبنان، ایتالیا، چین) ۲۰۱۸	۳۱۵ MP/L (PET) ۱۹۵ MP/L (شیشه) ۱۰/۴ MP/L (PET) ۸/۹۶ MP/L (شیشه)	PET, PE, PP فرایند بسته‌بندی و بطری‌بندی	$6/5 < MP < 100 \mu m$ $MP > 100 \mu m$	FTIR	[۱۵]
چین ۲۰۲۳	$32/72 \pm 64/44$ MP/L	فیلم‌ها، سلولز و PVC	$5 < MP < 50 \mu m$	LDIR	[۱۶]
مالزی ۲۰۲۲	$4/6 \pm 11/7$ MP/L	PET, PP	$100 < MP < 300 \mu m$	FTIR	[۱۷]
هلند ۲۰۲۳	$7-364$ MP/L	PET, PVC, PA	$MP > 10 \mu m$	LDIR	[۱۱]
آلمان ۲۰۱۸	$14 \pm 14$ MP/L (PET) $118 \pm 88$ MP/L (R-PET) $50 \pm 52$ MP/L (شیشه) $8 \pm 11$ MP/L (R-PET)	PEST, PE, PP, PA, سایش درب بطری به دهانه‌ی بطری	$5-1359 \mu m$	RM	[۱۲]
آلمان ۲۰۱۸	$2649$ MP/L (PET) $9/48-0.5$ MP/L (R-PET) $5864/1$ MP/L (شیشه) $83/1$ MP/L (R-PET) $434/1$ MP/L (شیشه)	PET, PE, PP	$1 < MP < 10 \mu m$ $MP > 10 \mu m$	RM	[۱۸]
استرالیا ۲۰۲۲	$13 \pm 19$ MP/L $0-80$ MP/L	PET, PE, PP, PA	$22 < MP < 77 \mu m$	LDIR	[۱۹]
ایالات متحده‌ی آمریکا ۲۰۱۹	$20348 \pm 3404$ MP/L	الیاف، قطعه	$5 \mu m < MP < 1/4$ mm	FTIR	[۲۰]
دانمارک ۲۰۲۰	$140 \pm 19$ MP/L (PET) $52 \pm 4$ MP/L (شیشه)	PET, PE, PP, PA	$MP > 6/5 \mu m$	FTIR, RM	[۲۱]
ایران ۲۰۲۱	$8/5 \pm 10/2$ MP/L	PS, PP, PET	-	FTIR, RM	[۲۲]

جدول ۲: مطالعات انجام شده در زمینه‌ی میکروپلاستیک‌ها در آب لوله‌کشی شده

کشور/سال مطالعه	فراوانی میکروپلاستیک	منبع غالب میکروپلاستیک	اندازه‌ی میکروپلاستیک	روش سنجش	رفرنس
چین ۲۰۲۰	۲۷۵ ± ۴۴۰ MP/L	PE, PP, PE + PP, PPS, PS, PE	۱ < MP < ۵۰۰ μm	RM	[۲۳]
چین ۲۰۲۰	۱/۳-۶ MP/L	فیبر، ریون، PE	۱۰ < MP < ۵۰۰ μm	FTIR	[۲۴]
چین ۲۰۲۰	۰/۲ ± ۱۶۵/۱۸۱ MP/L	آب‌های آلوده با میکروپلاستیک، ورودی اتمسفر و سایش مکانیکی تجهیزات پلاستیکی در فرایند تصفیه و توزیع آب	۱۵۰ < MP < ۴۹۹ μm	رنگ آمیزی رز بنگال، SEM	[۲۵]
تایلند ۲۰۲۱	۲/۰-۴/۴ MP/L	PE, PP, PET	MP > ۱۰۰ μm	RM	[۲۶]
ایالات متحده‌ی آمریکا ۲۰۱۹	۱۸۲ MP/L	الباف، قطعه	۲/۵ μm < MP < ۳ mm	FTIR	[۲۰]
آلمان، ۲۰۱۸	۴۸ ± ۴۰ MP/m <sup>3</sup>	PE, PET, PP, PA	۵ < MP < ۱۰۰۰ μm	RM	[۲۷]

### بحث و نتیجه‌گیری

#### میکروپلاستیک‌ها در آب بطوری شده

حضور میکروپلاستیک‌ها در تمام محیط‌های آبی (رودخانه‌ها،

(PET)، پلی‌اتر سولفون (PES) و پلی‌آمید (PA) بود. روش‌های سنجش میکروپلاستیک‌ها شامل طیف‌سنجی رامان، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، طیف‌سنجی فوریه‌ی تبدیل مادون قرمز (FTIR)، لیزر مستقیم مادون قرمز (LDIR) بود.

جدول ۳: مطالعات انجام شده در زمینه‌ی میکروپلاستیک‌ها در چای و قهوه

کشور/سال مطالعه	فراوانی میکروپلاستیک	منبع غالب میکروپلاستیک	اندازه‌ی میکروپلاستیک	روش سنجش	رفرنس
ایران، آلمان ۲۰۲۳	چای ایرانی (چای کیسه‌ای / ۴۱۲/۳۲ MP) چای آلمانی (چای کیسه‌ای / ۱۴۷/۲۸ MP)	PE و نایلون کیسه‌های چای	۱۰۰ < MP < ۲۵۰ μm	RM	[۲۸]
بنگلادش ۲۰۲۲	۵۰ تا ۶۵ میکروپلاستیک در هر کیلوگرم چای	ABS, EVA	۲۰۰/۷ < MP < ۲۰۰/۶	FTIR	[۲۹]
۲۰۲۲	۹۴ درصد نمونه‌های چای حاوی میکروپلاستیک بودند.	PP, PE, PET خیساندن کیسه‌های چای	۶۲۰ < MP < ۸۴۰ μm	RM	[۳۰]
چین ۲۰۲۲	۵۰۰ تا ۲۰۰ میکروپلاستیک در هر گرم چای	PE, PET	۱۰۰ < MP < ۵۰۰۰ μm	RM	[۳۰]
مکزیک ۲۰۲۰	۱۱ ± ۵/۲۶ میکروپلاستیک در هر میلی‌لیتر چای	PA, PET	۱۰۰ < MP < ۵۰۰ μm	RM	[۳۱]
چین ۲۰۲۳	بیش از ۱۰ هزار ذره‌ی میکروپلاستیک در یک فنجان قهوه در مدت ۵ دقیقه می‌تواند تولید شود.	PE, PET, PP ریون	۱۰ < MP < ۵۰۰ μm	FTIR, SEM	[۳۲]
چین ۲۰۲۲	قهوه: ۱۱ ± ۵/۲۶ MP/L چای حباب‌دار: ۷۰/۷ ± ۱۴۹ MP/L	PE	۲۶ < MP < ۵۰۰ μm	SEM	[۳۳]

جدول ۴: مطالعات انجام شده در زمینه‌ی میکروپلاستیک‌ها در شیر

کشور/سال مطالعه	فراوانی میکروپلاستیک	منبع غالب میکروپلاستیک	اندازه‌ی میکروپلاستیک	روش سنجش	رفرنس
اکوادور ۲۰۲۰	۱۰-۱۰۰ MP/s/L	PE, PP, PAM	$0.8 < MP < 200 \mu m$	FTIR	[۳۴]
ایتالیا ۲۰۲۲	۲۶ نمونه از ۳۴ نمونه شیر مادر به تفکیک یافت شدند.	PP, PVC, PE	$2 < MP < 12 \mu m$	RM	[۳۵]
ترکیه ۲۰۲۳	میانگین: $6 \pm 5$ MP/L	EVA	-	FTIR	[۳۶]
مکزیک ۲۰۲۰	$11-2 \pm 3/54$ MP/m <sup>3</sup>	پلیمرهای سلفون (پلی سلفون و پلی اترسلفون)	$0.1 < MP < 5 \mu m$	SEM	[۳۷]
چین ۲۰۲۳	-	PA, PU	$2.0 < MP < 5.0 \mu m$	LDIR	[۳۸]
چین ۲۰۲۳	شیر خشک جعبه‌ای ( $7 \pm 3$ MP / ۱۰۰ g) شیر خشک کنسرو شده ( $4 \pm 3$ MP / ۱۰۰ g)	PE, PET	$253 < MP < 384 \mu m$	FTIR	[۳۹]

دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی) و همچنین آب آشامیدنی (آب لوله کشی و آب بطری شده) تأیید شده است [۴۲،۴۳]. بر اساس مطالعات، منبع غالب میکروپلاستیک‌ها در آب شامل PET و PP بود که در بسته‌بندی بطری‌ها استفاده می‌شوند [۱۱، ۱۲، ۱۸]. بر اساس جدول ۱، میانگین محتوای میکروپلاستیک در بطری‌های بازیافت‌پذیر برابر با  $118 \pm 88$  ذره در لیتر بود، درحالی که در بطری‌های پلاستیکی یک‌بار مصرف تنها برابر با  $14 \pm 14$  ذره در لیتر به دست آمد [۱۲، ۱۸]. Samandra و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ی خود، به بررسی فراوانی میکروپلاستیک‌ها در ۱۶ برند آب معدنی در استرالیا پرداختند. نتایج نشان داد که در ۹۴ درصد از نمونه‌ها، میکروپلاستیک شناسایی شده است و از این میان، ۸۸ درصد از نمونه‌ها حاوی PP، ۶۳ درصد حاوی PET، ۴۴ درصد

حاوی PA و ۳۸ درصد حاوی PE بودند [۱۹]. در مطالعه‌ای دیگر، منبع غالب میکروپلاستیک‌ها در بطری‌های یک‌بار مصرف شامل PET، PE، PP و PA گزارش شد. نتایج هر دو مطالعه نشان داد که آلودگی اصلی از بسته‌بندی ناشی می‌شود، اما ممکن است در طول فرایند تولید نیز رخ دهد [۲۱]. در چهار مطالعه‌ی دیگر، میکروپلاستیک‌ها در بطری‌های شیشه‌ای نیز یافت شدند که منشأ احتمالی آن سایش در پوش پلاستیکی در برخورد با دهانه‌ی بطری شیشه‌ای گزارش شد [۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱]. در مطالعات Kankanige و Schymanski (۲۰۱۸) و Kankanige (۲۰۲۰) نیز به ترتیب فراوانی میکروپلاستیک‌ها در بطری شیشه‌ای به‌طور میانگین برابر با  $50 \pm 52$  ذره در لیتر و  $4 \pm 52$  ذره در لیتر گزارش شد [۱۲، ۲۱]. در یک مطالعه در چین، الیاف و قطعات با اندازه‌ی بین ۵ میکرومتر

جدول ۵: مطالعات انجام شده در زمینه‌ی میکروپلاستیک‌ها در نوشیدنی‌های انرژی‌زا و نوشابه

کشور/سال مطالعه	فراوانی میکروپلاستیک	منبع غالب میکروپلاستیک	اندازه‌ی میکروپلاستیک	روش سنجش	رفرنس
ترکیه ۲۰۲۳	به‌طور میانگین حدود ۹ ذره‌ی میکروپلاستیک در هر لیتر نوشابه	PE, PA, PET الیاف	$1213 < MP < 27 \mu m$	FTIR	[۴۰]
مکزیک ۲۰۲۰	لیتر انرژی‌زا $14 \pm 5/79$ MP لیتر نوشابه $40 \pm 24/53$ MP	الیاف	$3 < MP < 0.1 mm$	RM	[۳۱]
ایالات متحده آمریکا ۲۰۱۹	۱۵۹ MP/L	الیاف، قطعه	$\mu m^3 < MP < mm^2/5$	FTIR	[۲۰]
ایتالیا ۲۰۲۳	$7/11 \pm 2/62$ MP/L	الیاف	$2228 < MP < 26 \mu m$	SEM	[۴۱]

در یک مطالعه، مقدار میکروپلاستیک گزارش شده در آب لوله کشی بر اساس نتایج به ترتیب از  $440 \pm 275$  ذره در هر لیتر و ۳ تا  $1/6$  میکروپلاستیک در هر لیتر متغیر بود [۲۳]. ذرات کوچک تر از ۵۰ میکرون به طور درخور توجهی در بیشتر نمونه های آب شیرین غالب بودند. آلودگی بالقوه ی میکروپلاستیک ها در سیستم تصفیه، به ویژه پس از واحد فیلتراسیون شنی، با مقدار  $0/4$  الی  $2/40$  ذره در هر لیتر نیز گزارش شده است [۲۶]. در مطالعه ی Pittroff و همکاران (۲۰۲۱) سه نوع آب (آب آشامیدنی فراوری شده، آب لوله کشی و آب زیرزمینی) نمونه برداری شد. ۷۹ درصد از ذرات به اندازه ی کوچک تر از ۲۰ میکرومتر بود و متوسط غلظت میکروپلاستیک شناسایی شده در آب  $MP/m^3$   $76 \pm 66$  گزارش شد [۲۷]. بررسی میکروپلاستیک ها در ۱۵ نمونه ی آب لوله کشی شده در آمریکا نشان داد که همه ی نمونه ها حاوی میکروپلاستیک اند. میانگین غلظت میکروپلاستیک در نمونه ها برابر با  $182 MP/L$  بود و الیاف و قطعات بیشترین فراوانی را در میکروپلاستیک ها با محدوده ی اندازه ی  $2/5$  میکرومتر تا ۳ میلی متر داشتند [۲۰].

در مطالعه ی Tong H و همکاران (۲۰۲۰)، اکثر میکروپلاستیک ها از نوع PE و PP بودند [۲۳]. در مطالعه ی دیگری، فیبر به عنوان شکل غالب، تا  $99/2$  درصد از میکروپلاستیک های شناسایی شده را تشکیل داد. رایج ترین پلیمر ریون ( $48/9$  درصد) و پس از آن PET ( $29/6$  درصد) بود [۲۴]. در یک مطالعه، ۱۱۰ نمونه ی آب لوله کشی سطحی از منابع شهری در هنگ کنگ بررسی شد. نتایج نشان داد که در ۸۶ نمونه ( $78/2$  درصد)، میکروپلاستیک ها با غلظت متوسط  $0/165 \pm 2/181$  ذره بر لیتر شناسایی شدند. میکروپلاستیک های فیبری و کوچک تر (کمتر از ۱ میلی متر) به ترتیب با فراوانی  $97/8$  درصد و  $65/1$  درصد، بیشترین تعداد از کل میکروپلاستیک ها را تشکیل می دادند. بر اساس این مطالعه، منابع احتمالی میکروپلاستیک ها ممکن است شامل آب های آلوده به میکروپلاستیک، ورودی اتمسفر و سایش

تا  $1/4$  میلی متر بیشترین فراوانی را در مطالعات داشتند. میانگین غلظت میکروپلاستیک در این نمونه ها برابر با  $101 mpp/L$  بود [۲۰]. فیلم ها و سلولز نیز شکل و منبع غالب میکروپلاستیک ها در مطالعه درباره ی آب بطری شده در چین عنوان شدند که اندازه ی آن ها بین ۱۰ تا ۵۰ میکرومتر بود. بیشترین تعداد آن ها در آب بطری شده برابر با  $32/72 \pm 64/44$  ذره در لیتر بود [۱۶].

در مطالعه ای که Mason (۲۰۱۸) و همکاران انجام دادند، محدوده ی آلودگی میکروپلاستیک از صفر تا بیش از ۱۰ هزار ذره در هر لیتر بود و ۹۵ درصد از این ذرات اندازه ای بین  $6/5$  و ۱۰۰ میکرومتر داشتند [۱۵]. در مطالعه ای دیگر، غلظت میکروپلاستیک در نمونه های آب بطری شده بین ۸ تا ۲۲ ذره در لیتر بود و ذرات میکروپلاستیک کوچک ( $500-50$  میکرومتر) و بسیار کوچک ( $50-1$  میکرومتر) در همه ی نمونه های آب شناسایی شدند و تقریباً ۸۰ درصد از تمام ذرات میکروپلاستیک شناسایی شده اندازه ای بین ۵ تا ۲۰ میکرومتر داشتند [۱۲، ۱۷]. مطالعات نشان می دهد که رسوبات اتمسفر ممکن است یک منبع بالقوه ی دیگر از میکروپلاستیک ها در آب بطری شده باشد. گرما و تابش فرابنفش خورشید می تواند باعث شست و شو و انتقال میکروپلاستیک ها و افزودنی ها به آب در طول حمل و نقل و ذخیره سازی شود. عواملی مانند اکسیژن، دما و تابش خورشید باعث تجزیه و انتقال میکروپلاستیک ها و افزودنی ها از بطری به آب می شوند [۴۴، ۱۰].

### میکروپلاستیک ها در آب لوله کشی شده

حضور میکروپلاستیک ها در آب لوله کشی شده ممکن است به دلیل آلودگی منبع آب، فرایندهای تصفیه ی آب، خطوط لوله کشی و بارش باران باشد [۱۰]. در مناطق شهری، منابع میکروپلاستیک شامل پسماندهای پلاستیکی، تصفیه خانه های فاضلاب و رواناب های طوفان است. در مناطق روستایی، استفاده از مالچ پلاستیکی و کودهای پلاستیکی نیز می تواند منبعی برای میکروپلاستیک ها در آب لوله کشی باشد [۴۵].

مکانیکی تجهیزات پلاستیکی در فرایند تصفیه و توزیع آب باشد [۲۵]. در مطالعه‌ی Pittroff و همکاران (۲۰۲۱) نیز بیشترین تعداد ذرات شناسایی شده شامل PE ( $111 \pm 86$ ) بود، در حالی که تعداد کمتری از ذرات PET ( $25 \pm 10$ ) درصد، پلی پروپیلن PP ( $6 \pm 3$ ) درصد و PA ( $4 \pm 1$ ) درصد یافت شد [۲۷].

### میکروپلاستیک‌ها در چای و قهوه

میکروپلاستیک‌های موجود در برگ چای می‌توانند از منابع مختلفی مانند فیلم پلاستیکی کشاورزی و بسته‌بندی پلاستیکی نهاده‌های باغ چای، کودهای آلی، رسوب در جو و بسته‌بندی و ابزارهای مورد استفاده در تولید چای منشأ بگیرند [۴۶]. بیشترین اشکال میکروپلاستیک‌ها در مطالعات معمولاً قطعات و الیافی بودند که عمدتاً از PE و PET تشکیل شده‌اند [۳۰، ۳۲]. در مطالعه‌ی Mei و همکاران، محدوده‌ی اندازه از  $200/6$  تا  $220/7$  میکرومتر متغیر بود. پلیمرهای رایج شناسایی شده اتیلن وینیل استات و آکریلونیتریل بوتادین استایرن بودند [۲۹]. در مطالعه‌ی دیگری در چین، سه نوع از کیسه‌های فیلتر موجود در بازار، از جمله کیسه‌های پلاستیکی فیلتر مواد غذایی، پارچه‌ی نافته و کیسه‌های بافته شده جمع‌آوری شد. بیشتر میکروپلاستیک‌ها قطعات و ذرات ریز بودند. تعداد کمی میکروپلاستیک فیبری با اندازه‌ی  $620$  تا  $840$  میکرومتر یافت شد که از PET، PE و PP تشکیل شده بودند [۳۰]. در مطالعه‌ی دوباره‌ی کیسه‌های چای موجود در ایران و آلمان، اندازه‌ی غالب میکروپلاستیک‌ها در محدوده‌ی  $100$  تا  $250$  میکرومتر بود و الیاف و شفاف به ترتیب شکل و رنگ غالب میکروپلاستیک‌ها در کیسه‌های چای بودند. PE و نایلون رایج‌ترین انواع پلیمر میکروپلاستیک بودند [۲۸]. در یک مطالعه در بنگلادش، تمام نمونه‌های چای کیسه‌ای آنالیز شده به میکروپلاستیک‌ها آلوده بودند. میانگین فراوانی میکروپلاستیک‌های موجود در بسته‌بندی چای سالم (با برگ چای) و بسته‌بندی چای خالی (بدون برگ چای) به ترتیب حدود  $50$  و  $65$  میکروپلاستیک در هر کیلوگرم

گزارش شد [۲۹]. مطالعه‌ی دیگری نشان داد که  $94$  درصد از کیسه‌های فیلتر پس از خیساندن، میکروپلاستیک آزاد می‌کنند [۳۰]. در مطالعه‌ی Shruti و همکاران (۲۰۲۰) در مکزیک، فراوانی میکروپلاستیک‌ها در نمونه‌های چای سرد برابر با  $11$  ذره در هر میلی‌لیتر گزارش شد. پلیمرهای میکروپلاستیک در چای سرد PA و PEA بودند. طبق نتایج مطالعه‌ی مذکور، تعداد ذرات در نوشیدنی‌ها به نوع ماده‌ی بسته‌بندی محصولات غذایی بستگی دارد [۳۱]. بیشترین فراوانی میکروپلاستیک‌ها در مطالعه‌ی Li و همکاران (۲۰۲۰) در چین مشاهده شد ( $200$  تا  $500$  ذره در هر گرم) [۳۰].

مطالعه‌ی Wang و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که یک کیسه‌قهوه‌ی پلاستیکی می‌تواند در دمای  $95$  درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت  $5$  دقیقه، بیش از  $10$  هزار ذره‌ی میکروپلاستیک در یک فنجان قهوه آزاد کند. مصرف  $3$  تا  $4$  فنجان قهوه ممکن است به مصرف  $50$  هزار ذره‌ی میکروپلاستیک در روز منجر شود [۳۲]. مطالعه‌ی دیگری در چین  $19$  برند چای حباب‌دار و  $8$  نمونه‌ی قهوه را بررسی کرد. میانگین فراوانی میکروپلاستیک‌ها در چای حباب‌دار و قهوه به ترتیب برابر با  $149 \pm 70/7$  و  $29/8 \pm 21/3$  میکروپلاستیک در هر لیتر در محدوده‌ی کمتر از  $500$  میکرومتر بود. رنگ غالب آن‌ها سفید و تعداد آن‌ها به‌خصوص در قهوه ( $59$  درصد) بود. بیشترین فراوانی میکروپلاستیک‌ها در چای و قهوه مربوط به پلی‌اتیلن بود و به ترتیب برابر با  $41$  و  $62$  درصد بود [۳۳].

### میکروپلاستیک‌ها در شیر

به دلیل کمیاب بودن داده‌های علمی و دشواری در جداسازی و اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در محصولات شیری، تعیین کمیت آن‌ها تا حد زیادی ناشناخته باقی مانده است [۴۷]. آلودگی شیر با میکروپلاستیک ممکن است به دلیل تجهیزات فراوری نامناسب، شرایط تأمین آب و نگهداری نامناسب، منبع آب مورد استفاده در فرایندهای تولید و فراوری و بسته‌بندی شیر رخ دهد. همچنین،



تولید بطری و استفاده از بسترهای کاربردی برای تولید مواد غذایی است. میکروپلاستیک‌های موجود در نوشابه‌ها عمدتاً شامل قطعات و الیاف هستند [۳۱، ۴۰]. در مطالعه‌ی Altunışık (۲۰۲۳) بر اساس طبقه‌بندی فاکتور آلودگی میکروپلاستیک، حدود ۸۰ درصد از نمونه‌های نوشابه در ترکیه آلودگی بالایی به میکروپلاستیک نشان دادند. هر لیتر نوشابه‌ی مصرفی افراد را در معرض حدود ۹ ذره‌ی میکروپلاستیک قرار می‌دهد و منبع غالب PA، PET و PE است و شکل غالب آن‌ها الیاف است. فرایندهای تولید بطری و بسترهای کاربردی در تولید مواد غذایی ممکن است منابع اصلی این میکروپلاستیک‌ها باشند [۴۰]. در نمونه‌های آزمایش‌شده‌ی ۸ نوشیدنی انرژی‌زا و ۱۹ نوشابه در مکزیک، میانگین ذرات میکروپلاستیک در نوشیدنی‌های انرژی‌زا حدود  $5/79 \pm 14$  ذره و در نوشابه‌ها حدود  $24/53 \pm 40$  ذره بود. الیاف آبی بیشترین تعداد را داشتند و بیش از ۷۰ درصد از میکروپلاستیک‌ها اندازه‌ای کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر داشتند [۳۱].

Abdulmalik (۲۰۲۱) در مطالعه‌ی خود، حضور میکروپلاستیک‌ها در نوشابه‌های غیرالکلی را بررسی کرد و همه‌ی نمونه‌ها حاوی میکروپلاستیک بودند. میانگین غلظت میکروپلاستیک در این نمونه‌ها برابر با MP/L159 بود [۲۰]. مطالعه‌ای در ایتالیا (۲۰۲۳) نشان داد که بیشتر میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده در برندهای مختلف نوشابه، عمدتاً الیاف هستند. میانگین تعداد میکروپلاستیک‌ها در هر لیتر نوشیدنی برابر با  $1/84 \pm 9/19$  بوده است [۴۱].

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میکروپلاستیک‌ها در تمامی نوشیدنی‌های مورد بررسی حضور دارند و غلظت آن‌ها به سطح آلودگی منبع و روش شناسایی بستگی دارد. منابع اصلی میکروپلاستیک‌ها در آب بطری‌شده، بسته‌بندی بطری‌ها و سایش درب بطری به دهانه‌ی بطری است. در آب لوله‌کشی، منابع آلودگی ممکن است شامل آلودگی منابع آب، تصفیه‌ی آب، خطوط لوله و بارش باران باشد. در چای، منابع میکروپلاستیک‌ها شامل فیلم

استفاده از کیسه‌های پلاستیکی برای بسته‌بندی محصولات شیر و نگهداری شیر در شرایط غیر مناسب، ذخیره‌ی شیر مادر در کیسه‌های پلاستیکی یا ارائه‌ی شیر به نوزادان در بطری‌های تغذیه‌ی پلاستیکی می‌تواند به آلودگی شیر به میکروپلاستیک‌ها منجر شود [۳۷، ۳۹]. Diaz-Basantes و همکاران (۲۰۲۰) به وجود میکروپلاستیک‌ها با غلظت متوسط حدود ۴۰ میکروپلاستیک در لیتر با اندازه‌های ۰/۸ تا ۲۰۰ میکرومتر در نمونه‌های شیر پی بردند [۳۴]. در مطالعه‌ای در ایتالیا، آلودگی میکروپلاستیک را در ۲۶ نمونه از ۳۴ نمونه‌ی شیر مادر یافت شد که فراوان‌ترین میکروپلاستیک‌ها از PE، PVC و PP با اندازه‌های ۲ تا ۱۲ میکرومتر تشکیل شده بودند [۳۵].

در یک مطالعه مشخص شد که میکروپلاستیک‌ها در نمونه‌های شیر به دو شکل مختلف (الیاف و قطعه)، پنج پلیمر مختلف (PU، PP، PET، EVA و نایلون-۶) و شش رنگ مختلف (مشکی، قرمز، سبز، آبی، قهوه‌ای و خاکستری) وجود دارند. میانگین تعداد میکروپلاستیک در نمونه‌های شیر برابر با  $5 \pm 6$  ذره در لیتر بود. نتایج نشان داد که امکان آلودگی میکروپلاستیک‌ها به شیر در طول فرایند تولید بیشتر از بسته‌بندی است [۳۶]. در یک مطالعه در مکزیک، همه‌ی نمونه‌ها حاوی حدود ۱۵۰ ذره‌ی میکروپلاستیک با غلظت متوسط  $3/2 \pm 5/6$  ذره در مترمکعب بودند [۳۷]. در مطالعه‌ی Liu و همکاران (۲۰۲۳) در زمینه‌ی شیر مادر و شیر خشک نوزاد، مشخص شد که پلیمر PA و PU بیشترین تعداد میکروپلاستیک را دارند. بیش از ۷۴ درصد از میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده در اندازه‌ای بین ۲۰ تا ۵۰ میکرومتر بودند. منابع احتمالی میکروپلاستیک‌ها شامل مصرف آب و استفاده از پاک‌کننده‌ی اسکراب، خمیر دندان، تغذیه با شیر مادر و استفاده از بطری‌های غذاخوری و اسباب‌بازی‌های کودکان بود [۳۸].

### میکروپلاستیک‌ها در نوشیدنی‌های انرژی‌زا و نوشابه

وجود میکروپلاستیک در نوشابه‌ها عمدتاً به دلیل فرایندهای

کمیته‌ی اخلاق معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران تصویب شده است. به این وسیله، نویسندگان مقاله از کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران به دلیل حمایت از این تحقیق تقدیر و تشکر می‌کنند.

### تضاد در منافع

نویسندگان مقاله هیچ گونه تعارض منافی را گزارش نکرده‌اند.

پلاستیکی کشاورزی، بسته‌بندی پلاستیکی نهاده‌های باغ چای و رسوب در جو است. در شیر، عواملی مانند تجهیزات فراوری نامناسب و استفاده از کیسه‌های پلاستیکی ممکن است به آلودگی شیر به میکروپلاستیک منجر شود. همچنین، منابع اصلی میکروپلاستیک‌ها در نوشابه‌های انرژی‌زا منابع آب استفاده‌شده در تولید آن‌ها است.

### قدردانی

مطالعه‌ی حاضر با کد IR.MAZUMS.REC.1402.457 در

## References

1. Kishipour A, Mostafaloo R, Arast Y, Asadi Ghalhari M. Micro-plastics as a new Challenge in Water Resource Management; Various forms and Removal Methods,(A review study). Environmental Health 2020; 6(1): 34-44 (Persian).
2. Salari M, Khorasani M. Investigation of microplastics as emerging contaminants in sources and health effects on humans, review study. Journal of Environmental Research and Technology 2022; 11(11): 13.
3. Kouhi K, Abbasi Tajadod A, Hashempour Y. An Overview of the Potential Impact of Nano and Microplastics on the Health of Sensitive Groups, Especially Children: A Narrative Review. J Mazandaran Univ Med Sci 2023; 33(227): 187-201(Persian).
4. Diez-Pérez DB, Arenas I, Maidana E, López-Rosales A, Andrade JM, Muniategui-Lorenzo S. Microplastics in surface water of the Bay of Asunción, Paraguay. Marine Pollution Bulletin 2023 ;192: 115075.
5. Vitali C, Peters RJ, Janssen H-G, Nielen MW. Microplastics and nanoplastics in food, water, and beverages; part I. Occurrence. TrAC Trends in Analytical Chemistry 2023; 159: 116670.
6. Geueke B, Groh K, Muncke J. Food packaging in the circular economy: Overview of chemical safety aspects for commonly used materials. Journal of cleaner production 2018; 193: 491-505.
7. Zazouli M, Nejati H, Hashempour Y, Dehbandi R, Fakhri Y. Occurrence of microplastics (MPs) in the gastrointestinal tract of fishes: A global systematic review and meta-analysis and meta-regression. Sci Total Environ 2022; 815: 152743.
8. Changwichan K, Gheewala SH. Choice of materials for takeaway beverage cups towards a circular economy. Sustainable Production and Consumption 2020; 22: 34-44.
9. Jin M, Wang X, Ren T, Wang J, Shan J. Microplastics contamination in food and beverages: Direct exposure to humans. J Food Sci 2021; 86(7): 2816-37.
10. Muhib MI, Uddin MK, Rahman MM, Malafaia G. Occurrence of microplastics in tap and bottled water, and food packaging: A narrative review on current knowledge. Sci Total Environ 2023; 865: 161274.
11. Nizamali J, Mintenig SM, Koelmans AA. Assessing microplastic characteristics in bottled drinking water and air deposition samples using laser direct infrared imaging. Journal of Hazardous Materials 2023; 441: 129942.
12. 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 Res 2018; 129: 154-62.
13. Zhou G, Wu Q, Tang P, Chen C, Cheng X, Wei X-F, et al. How many microplastics do we ingest when using disposable drink cups? Journal of Hazardous Materials 2023; 441: 129982.
14. Senathirajah K, Attwood S, Bhagwat G, Carbery M, Wilson S, Palanisami T. Estimation of the mass of microplastics ingested—A pivotal first step towards

- human health risk assessment. *J Hazard Mater* 2021;404:124004.
15. Mason SA, Welch VG, Neratko J. Synthetic polymer contamination in bottled water. *Front Chem* 2018;407.
  16. Li H, Zhu L, Ma M, Wu H, An L, Yang Z. Occurrence of microplastics in commercially sold bottled water. *Sci Total Environ* 2023; 867: 161553.
  17. Praveena SM, Shamsul Ariffin NI, Nafisyah AL. Microplastics in Malaysian bottled water brands: Occurrence and potential human exposure. *Environmental Pollution* 2022; 315: 120494.
  18. Oßmann BE, Sarau G, Holtmannspötter H, Pischetsrieder M, Christiansen SH, Dicke W. Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Res* 2018;141:307-16.
  19. Samandra S, Mescall OJ, Plaisted K, Symons B, Xie S, Ellis AV, et al. Assessing exposure of the Australian population to microplastics through bottled water consumption. *Sci Total Environ* 2022; 837: 155329.
  20. Abdulmalik Ali MG. Presence And Characterization Of Microplastics In Drinking (Tap/Bottled) Water And Soft Drinks. 2019.
  21. Kankanige D, Babel S. Smaller-sized micro-plastics (MPs) contamination in single-use PET-bottled water in Thailand. *Sci Total Environ* 2020; 717: 137232.
  22. Makhdoumi P, Amin AA, Karimi H, Pirsaeheb 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* 2021; 39: 101708.
  23. Tong H, Jiang Q, Hu X, Zhong X. Occurrence and identification of microplastics in tap water from China. *Chemosphere* 2020; 252: 126493.
  24. Zhang M, Li J-X, 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: 1312-27.
  25. Lam TWL, Ho HT, Ma AT, Fok L. Microplastic contamination of surface water-sourced tap water in Hong Kong—a preliminary study. *Appl Sci* 2020; 10(10): 3463.
  26. Chanpiwat P, Damrongsiri S. Abundance and characteristics of microplastics in freshwater and treated tap water in Bangkok, Thailand. *Environ Monit Assess* 2021; 193(5): 258.
  27. Pittroff M, Müller YK, Witzig CS, Scheurer M, Storck FR, Zumbülte N. Microplastic analysis in drinking water based on fractionated filtration sampling and Raman microspectroscopy. *Environ Sci Pollut Res Int* 2021; 28(42): 59439-51.
  28. Kashfi FS, Mohammadi A, Rostami F, Savari A, De-La-Torre GE, Spitz J, et al. Microplastics and phthalate esters release from teabags into tea drink: occurrence, human exposure, and health risks. *Environ Sci Pollut Res Int* 2023; 30(47): 104209-22.
  29. Afrin S, Rahman MM, Akbor MA, Siddique MaB, Uddin MK, Malafaia G. Is there tea complemented with the appealing flavor of microplastics? A pioneering study on plastic pollution in commercially available tea bags in Bangladesh. *Sci Total Environ* 2022; 837: 155833.
  30. Mei T, Wang J, Xiao X, Lv J, Li Q, Dai H, et al. Identification and evaluation of microplastics from tea filter bags based on Raman imaging. *Foods* 2022; 11(18): 2871.
  31. Shruti V, Pérez-Guevara F, Elizalde-Martínez I, Kutralam-Muniasamy G. First study of its kind on the microplastic contamination of soft drinks, cold tea and energy drinks-Future research and environmental considerations. *Sci Total Environ* 2020; 726: 138580.
  32. Wang H-P, Huang X-H, Chen J-N, Dong M, Zhang Y-Y, Qin L. Pouring hot water through drip bags releases thousands of microplastics into coffee. *Food Chem* 2023; 415: 135717.
  33. Bai C-L, Liu L-Y, Guo J-L, Zeng L-X, Guo Y. Microplastics in take-out food: Are we over taking it? *Environ Res* 2022; 215: 114390.
  34. Diaz-Basantes MF, Conesa JA, Fullana A. Microplastics in honey, beer, milk and refreshments in Ecuador as emerging contaminants. *Sustainability* 2020; 12(14): 5514.
  35. Ragusa A, Notarstefano V, Svelato A, Belloni A, Gioacchini G, Blondeel C, et al. Raman microspectroscopy detection and characterisation of microplastics in human breastmilk. *Polymers* 2022; 14(13): 2700.
  36. Basaran B, Özçifçi Z, Akcay HT, Aytan Ü. Microplastics in branded milk: Dietary exposure and risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis* 2023; 123: 105611.
  37. Kutralam-Muniasamy G, Pérez-Guevara F, Elizalde-Martínez I, Shruti V. Branded milks—Are they immune from microplastics contamination? *Sci Total Environ* 2020; 714: 136823.
  38. Liu S, Guo J, Liu X, Yang R, Wang H, Sun Y, et al. Detection of various microplastics in placentas, meconium, infant feces, breastmilk and infant formula: A pilot prospective study. *Sci Total Environ* 2023; 854: 158699.

39. Zhang Q, Liu L, Jiang Y, Zhang Y, Fan Y, Rao W, et al. Microplastics in infant milk powder. *Environ Pollut* 2023; 323: 121225.
40. Altunışık A. Prevalence of microplastics in commercially sold soft drinks and human risk assessment. *J Environ Manage* 2023; 336: 117720.
41. Crosta A, Parolini M, De Felice B. Microplastics Contamination in Nonalcoholic Beverages from the Italian Market. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2023; 20(5): 4122.
42. Jabari A, Hashempour Y, Kouhi K, Fendereski A. Introduction of statistical methods for identifying the sources of microplastics in aquatic environments. *Journal of health research in community* 2024; 9(4): 111-20.
43. Gambino I, Bagordo F, Grassi T, Panico A, De Donno A. Occurrence of microplastics in tap and bottled water: Current Knowledge. *Int J Environ Res Public Health* 2022; 19(9): 5283.
44. Guart A, Bono-Blay F, Borrell A, Lacorte S. Effect of bottling and storage on the migration of plastic constituents in Spanish bottled waters. *Food Chem* 2014; 156: 73-80.
45. Adikari MU, Prasadi N, Jayasinghe CV. Microplastics in Salt and Drinking Water. *Microplastics in the Ecosphere: Air, Water, Soil, and Food* 2023: 357-67.
46. Xing D, Hu Y, Sun B, Song F, Pan Y, Liu S, et al. Behavior, Characteristics and Sources of Microplastics in Tea. *Horticulturae* 2023; 9(2): 174.
47. Pironti C, Ricciardi M, Motta O, Miele Y, Proto A, Montano L. Microplastics in the Environment: Intake through the Food Web, Human Exposure and Toxicological Effects. *Toxics* 2021; 9(9).