JEHE Alborz University of Medical Sciences Journal of Environmental Health Engineering , 2024; 11(4):472-485 Structural Review Article

Review study of microplastics Health and environmental Effects

Received: 6 April 2024, Accepted: 18 May2024

Aliakbar Dehghan[1,2], Mohammad Darvishmotevalli[3,4], Mostafa Karimaei[5*]

[1]*Department of Environmental Health Engineering, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran*

[2]*Department of Environmental Health Engineering, mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran*

[3]*Research Center for Health, Safety and Environment (RCHSE), Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran*

[4]*Department of Environmental Health Engineering, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran*

[5]*Department of Environmental Health Engineering, Damghan School of Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran*

***Corresponding Author:**
mostafakarimaee@gmail.com

How to Cite This Article:
Dehghan A,Darvishmotevali M, Karimaei M. Review study of microplastics Health and environmental Effects. Journal of Environmental Health Engineering. 2024;11(4):472-85.

DOI:
10.61186/jehe.11.4.472

ABSTRACT

Background: Recently microplastics are environmentally concerned in the world. Basically, microplastics refer to any synthetic insoluble solid particles with an even or uneven shape and with a diameter equal to or less than 5 mm. The main concern about microplastics is the unknown possible effects and hazards they can have on ecosystems and human health, which several uncertainties are related to these effects. So microplastics can cause different adverse effects such as mental and reproductive problems, intestinal damage, immune and neurotoxicity disorders. Also, chemicals and microorganisms accompanying with microplastics could impose unpredictable effects on human health.

Materials and Methods: The current study is a comprehensive review with an environmental and human health attitude. This study intended to recognize and highlight the importance, origin, mechanism and effects of microplastics on different tissues of the human body and different parts of the environment for interested students and researchers in this field by using the review of the studies carried out and published in the period of 2000 to 2024 and in the various database such as Google Scholar, Elsevier, Scopus, ResearchGate, PubMed, ProQuest, Science Direct and Springer.

Results: based on various studies, the average intake of microplastics in humans is estimated to be around 39,000 to 52,000 particles per year based on food consumption and Microplastics with different colors and sizes from 800 nm to 5 mm have been detected in several human samples including lung, breast milk, liver, spleen, placenta, blood, sputum, large intestine, saliva, semen, urine and testis.

Conclusion: Despite several research carried out about microplastics, significant data gaps still exist about microplastics which must be fulfilled with new innovative and scientific studies. The preventative measures that are currently carried out in order to reduce microplastics are not sufficient, and more remarkable and efficient actions must be taken to significantly reduce the level of microplastics in the world.

Keywords: Microplastics, Health Effects, Environmental Pollution

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

Copyright © 2024 The Authors.
Published by Alborz 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/).Non-commercial uses of the work are permitted,provided the original work is properly cited.

JEHE
Alborz University of Medical Sciences
مجله مهندسی بهداشت محیط، دوره ۱۱، شماره ۴، تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۴۷۲ تا ۴۸۵
مقاله مرور ساختار یافته

بررسی مروری اثرات سلامتی و زیست محیطی میکروپلاستیک ها

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۹

علی اکبر دهقان [۱،۲]، محمد درویش متولی [۳،۴]، مصطفی کریمایی [۵*]

[۱] استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران

[۲] مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران

[۳] مرکز تحقیقات بهداشت، ایمنی و محیط، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران

[۴] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز ، کرج، ایران

[۵] استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دامغان، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، ایران

***پست الکترونیکی نویسنده مسئول:**
mostafakarimaee@gmail.com

نحوه استناد به این مقاله:
Dehghan A,Darvishmotevali M, Karimaei M. Review study of microplastics Health and environmental Effects. Journal of Environmental Health Engineering. 2024;11(4):472-85.

DOI:
10.61186/jehe.11.4.472

چکیده

زمینه و هدف: میکروپلاستیک ها در سال های اخیر به عنوان یک مشکل زیست محیطی پیچیده ظاهر شده اند. میکرو پلاستیک ها به طور کلی به هر ذره جامد مصنوعی نامحلول در آب ، با شکل و اندازه منظم یا نامنظم با قطر معادل یا کمتر از ۵ میلی متر اطلاق می گردد. یکی از نگرانی های اصلی در مورد میکروپلاستیک ها اثرات و خطرات محتملی است که بر اکوسیستم ها و سلامت انسان می توانند داشته باشند و عدم قطعیت های زیادی در ارتباط با این اثرات وجود دارد. از این رو خود میکروپلاستیک ها می توانند با آسیب رساندن به بافت ها اثرات نامطلوبی از جمله مشکلات ذهنی و تولید مثلی، آسیب های روده‌ای، مشکلات ایمنی و سمیت عصبی را ایجاد کنند و مواد شیمیایی و میکروارگانیسم های همراه آنها نیز ممکن است اثرات ناشناخته ای بر سلامت انسان داشته باشند.

مواد و روش ها: مطالعه حاضر یک مطالعه مروری جامع نگر با رویکرد زیست محیطی و سلامت انسان است. در این مطالعه تلاش گردید با استفاده از بررسی و مرور مطالعاتی که در بازه ی زمانی ۲۰ ساله از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴ انجام شده بود و در پایگاه اطلاعاتی مختلف نظیر Google Scholar، Elsevier Scopus، ResearchGate، PubMed، ProQuest، ScienceDirect، Springer ، منتشر شده بود، اهمیت، منشاء، مکانیسم و نوع اثرات میکرو پلاستیک ها بر بافتهای مختلف بدن انسان و بخش های مختلف محیط زیست برای دانشجویان و محققان فعال و علاقمند در این حوزه مشخص و برجسته گردد.

یافته ها: متوسط میزان جذب میکروپلاستیک توسط هر نفر در سال بر اساس غذای مصرفی حدود ۳۹۰۰۰ تا ۵۲۰۰۰ ذره در سال تخمین زده می شود. میکروپلاستیک‌ها با رنگ‌ها و اندازه‌های مختلف از ۸۰۰ نانومتر تا ۵ میلیمتر در نمونه های انسانی متعددی از جمله ریه، شیر مادر، کبد، طحال، جفت، خون، خلط، روده بزرگ، بزاق، منی ، ادرار و بیضه شناسایی شده‌اند.

نتیجه گیری: با وجود تحقیقات زیادی که انجام شده شکاف‌های تحقیقاتی بسیاری در این زمینه وجود دارد که باید با مطالعات بهتر و دقیقتر پر شوند و اقدامات کنترلی که در حال حاضر برای کاهش میکروپلاستیک انجام می گردد نیز کافی نیستند و برای کاهش قابل توجهی سطح میکروپلاستیک ها نیاز است اقدامات جدی تری و کارآمدتری صورت بگیرد.

واژه های کلیدی: میکروپلاستیک ها، اثرات سلامتی، آلودگی محیط زیست

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

مقدمه

میکروپلاستیک ها در سال های اخیر به عنوان یک مشکل زیست محیطی پیچیده ظاهر شده اند. میکرو پلاستیک به طور کلی به هر ذره جامد مصنوعی نامحلول در آب ، با شکل و اندازه منظم یا نامنظم با قطر معادل یا کمتر از ۵ میلی متر اطلاق می گردد. نخستین بار در اوایل دهه ۲۰۰۰ بود که حضور همه جانبه میکروپلاستیک ها در اکوسیستم های دریایی، آب های شیرین و زیر زمینی نگرانی هایی را در مورد اثرات بالقوه آنها بر محیط زیست و سلامت انسان ایجاد کرد[۱،۲]. میکروپلاستیک ها معمولا از منابع مختلفی نظیر تجزیه پسماندهای پلاستیکی ، منسوجات مصنوعی و محصولات بهداشتی و مراقبت شخصی نشات می گیرند[۳]. محصولات پلاستیکی به دلیل ویژگی های مانند قیمت پایین، مقاومت در برابر رطوبت، استحکام بالا و سهولت در ساخت، بسیار مورد استفاده قرار می گیرند در میان مصرف کنندگان محبوب هستند[۴،۵]. به طور کلی، نزدیک به ۶۰ درصد محصولات پلاستیکی تولیدی بدون آنکه اقدامات مناسبی روی آنها شکل بگیرد به صورت زباله به محیط زیست منتقل می شوند و این حجم عظیم از پلاستیک ها برای قرن ها بدون هیچ تغییر و تجزیه ای در جهان باقی خواهد ماند[۶،۷].

یکی از نگرانی های اصلی در مورد میکروپلاستیک ها اثرات و خطرات احتمالی است که بر اکوسیستم ها و سلامت انسان می توانند بگذارند و عدم قطعیت های زیادی در ارتباط با این اثرات وجود دارد. از این رو جهت ارزیابی اثرات و خطرات میکروپلاستیک‌ها بر محیط زیست و سلامت انسان، باید داده‌های مربوط به میزان مواجهه و اثر میکروپلاستیک‌ها فراهم باشد. اگرچه داده‌هایی زیادی در مورد سطح مواجهه با میکروپلاستیک ها در محیط های مختلف و اثر آنها بر موجودات گوناگون در دهه‌های اخیر به دست آمده است، اما همچنان ابهامات زیادی در مورد ترکیبات شیمیایی موجود در ساختار این میکروپلاستیک‌ها باقی است. میکروپلاستیک ها می توانند از دو منظر دارای اهمیت باشند: (۱) مواد افزودنی و پلیمرهای سازنده که در ساختار این مواد به کار رفته اند تا کیفیت و عملکرد محصولات پلاستیکی را بهبود بخشند، (۲) مواد شیمیایی ناشناخته ای که به واسطه محیطی که پلاستیک ها در آن استفاده و یا دفع شده اند جذب آنها شده است[۸-۱۰]. پلیمرها و مواد افزودنی مختلفی در ساختار میکرو پلاستیک ها دیده میشود، بعضی از این پلیمر ها و افزودنی های مربوطه در جدول(۱) نمایش داده شده است:

جدول ۱. پلیمر ها و افزودنی های به کار رفته در ساختار میکرو پلاستیک ها [۱۱]

ترکیب شیمیایی	نام اختصاری	ترکیب افزودنی	نام اختصاری
آکریلونیتریل بوتادین استایرن	ABS	بیس-فنول A	BPA
آکریلیک	AC	دی بوتیل فتالات	DBP
رزین اپوکسی	EP	دی اتیل فتالات	DEP
پلی آمید	PA	دی- (۲- اتیل اگزیل فتالات)	DEHP
پلی کاپرولاکتون	PCL	هگزا برومو سیکلو دکان	HBCD
پلی اتیلن	PET	نونیل فنول	NP
پلی اتیلن دانسیته پایین	PE-LD	پلی برمو دی فنیل اتر	PBDEs
پلی اتیلن خطی با دانسیته پایین	PE-LLD	استر فتالات	phthalates
پلی اتیلن خطی با دانسیته بالا	PE-HD		
پلی اتیلن تری فتالات	PET		

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

همچنین ترکیبات شیمیایی مختلفی نیز وجود دارند که می توانند جذب میکروپلاستیک ها گردند و ماهیت آنها را خطرناکتر سازند، که از میان می توان به ترکیبات مانند دی کلرو دی فنیل تری کلرواتان (DDT)، هیدروکربن های معطر چند حلقه ای (PAHs) وپلی کلرینیتد بی فنیل ها (PCBs) اشاره کرد[11]. اما خود میکروپلاستیک ها نیز می توانند به صورت مستقیم با آسیب رساندن به بافت ها اثرات نامطلوبی از جمله مشکلات ذهنی و تولید مثلی، آسیب روده‌ای، مشکلات ایمنی و سمیت عصبی را ایجاد کنند و مواد شیمیایی و میکروارگانیسم های همراه آنها نیز ممکن است اثرات ناشناخته ای بر سلامت انسان داشته باشند[9].

اثرات ناشناخته و بالقوه سلامتی میکروپلاستیک ها همواره به طور فزاینده ای به عنوان یک نگرانی مهم مورد توجه بوده است. مطالعات نشان داده اند که انسان از طریق بلعیدن، استنشاق و تماس پوستی در معرض میکروپلاستیک ها قرار می گیرد و نگرانی های بسیاری در مورد اثرات طولانی مدت آنها بر سلامتی انسان وجود دارد[12، 13]. با وجود اینکه که اثرات زیست محیطی میکروپلاستیک ها تقریبا شناسایی و مستند شده است، اما پیامدهای آن برای سلامتی انسان کمتر شناخته شده است و نیاز به بررسی و مطالعه جامعتری دارد[14، 15]. انسان سالانه میلیون ها تن زباله پلاستیکی را وارد محیط هایی نظیر دریاها، رودها، کوهها، جنگلها و مراتع می کند که هم میکروپلاستیک‌ها و هم نانوپلاستیک‌ها ناشی از تجزیه و تبدیل این زباله‌های پلاستیکی به اجزای کوچکتر در محیط هستند[16،17].

اساسا میکروپلاستیک ها به نوع اولیه و ثانویه طبقه بندی می گردند که نوع اولیه آن شامل آن دسته از مواد پلاستیکی است که در لوازم آرایشی و بهداشتی، گلوله های پلاستیکی و الیاف مصنوعی مانند لباس های نایلونی استفاده می شود و در حین استفاده و پس از دفع آنها وارد محیط می شوند. اما نوع ثانویه آن شامل آن دسته از ذرات پلاستیکی است که در نتیجه تجزیه، سایش و خرد شدن زباله‌های پلاستیکی بزرگ‌تر در محیط در اثر عوامل طبیعی مانند نور خورشید (به ویژه پرتوفرا بنفش)، آب، باد یا فرآیندهای بیولوژیکی شامل باکتری‌ها و آنزیم‌ها ایجاد می‌شوند[17].

پسماند های پلاستیکی پس از رها شدن در محیط توسط عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خرد و تجزیه شده و در آب، هوا و خاک انتشار می یابند و سلامت انسان را از مسیرهای مختلفی نظیر بلعیدن آب و غذا آلوده به میکروپلاستیک ها، استنشاق میکروپلاستیک های موجود در هوا و تماس پوستی با میکرو پلاستیک های موجود در محیط تهدید می کنند. مواد شیمیایی و پلاستیکی موجود در محصولات مراقبت های شخصی و بهداشتی، میکروپلاستیک‌های موجود در نمک خوراکی و آب آشامیدنی از طریق خوردن و آشامیدن وارد بدن انسان می‌شوند، همچنین میکروپلاستیک‌های خرد و تجزیه شده می‌توانند از طریق تماس با پوست و مخاط وارد بدن انسان به‌ویژه کودکان شوند[17، 18].

میکرو پلاستیک ها اثرات نامطلوب گوناگونی بر موجودات زنده و محیط زیست دارند که این اثرات را می توان به سه دسته تقسیم کرد: اثرات فیزیکی، اثرات شیمیایی و اثرات بیولوژیکی. اثرات فیزیکی به اندازه ذرات، شکل و غلظت میکروپلاستیک های انباشته شده در بدن بستگی دارد، که می توانند سبب آسیب و التهاب های بافتی در نقاط مختلف بدن شوند[19،20]. اثرات شیمیایی مربوط به مواد شیمیایی خطرناکی است که معمولا همراه میکروپلاستیک ها حضور دارند و می توانند منجر به اختلال در سیستم درون ریز بدن گردند. اثرات بیولوژیکی میکرو پلاستیک ها ناشی از فعل و انفعالات و اختلال در فرآیندهای سلولی و مولکولی است که می تواند منجر استرس اکسیداتیو و سمیت ژنی گردد [21-23]. از اینرو با توجه به اثرات جدی و قابل توجه این آلاینده ها در محیط زیست و سلامت انسان هدف از این مطالعه بررسی اثرات میکروپلاستیک ها بر سلامت انسان و نگرانی های زیست محیطی آنها می باشد.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

مواد و روش ها

مطالعه حاضر یک مطالعه مروری جامع نگر با رویکرد زیست محیطی و سلامت انسان است. در این مطالعه تلاش گردید با استفاده از بررسی و مرور مطالعاتی که در بازه ی زمانی ۲۰ ساله از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴ انجام شده بود و در پایگاه اطلاعاتی مختلف نظیر Google Scholar، PubMed ،ResearchGate ،Elsevier Scopus ، ProQuest ،ScienceDirect ،Springer ، منتشر شده بود، اهمیت، منشاء، مکانیسم و نوع اثرات میکرو پلاستیک ها بر بافتهای مختلف بدن انسان و بخش های مختلف محیط زیست برای دانشجویان و محققان فعال و علاقمند در این حوزه مشخص و برجسته گردد.

در این مطالعه تحقیقات در منابع الکترونیکی و پایگاه های داده مختلف صورت گرفت و تعداد ۱۶۶ مقاله با موضوع میکروپلاستیک ها استخراج گردید که از این میان ۴۴ مقاله با معیار عدم تطابق موضوعی حذف گردید و بررسی اجمالی روی ۱۲۲ مقاله صورت گرفت و با در نظر گرفتن تقدم و تأخر زمانی و همچنین عدم تشابه محتوایی در نهایت تعداد ۸۰ مقاله مورد تایید نهایی قرار گرفت و جهت استفاده در مطالعه حاضر انتخاب گردید. با بررسی متون، روش کار و محتوای نتایج این مقالات اطلاعات مورد نیاز در حوزه های مختلف نظیر آب، هوا و خاک و همچنین اثرات ایجادشده در ارگان های مختلف انسان و حیوان استخراج و طبقه بندی گردید و سپس از اطلاعات بدست آمده با ذکر منابع در مقاله حاضر استفاده گردید.

یافته ها

میکروپلاستیک‌ها با رنگ‌ها و اندازه‌های مختلف از ۸۰۰ نانومتر تا ۵ میلی‌متردر نمونه های انسانی متعددی از جمله ریه، شیر مادر، کبد، طحال، جفت، خون، خلط، روده بزرگ، بزاق، منی ، ادرار و بیضه شناسایی شده‌اند، که می توانند اثرات برگشت ناپذیر و غیر قابل پیش بینی را بر سلامت انسان تحمیل کنند[۲۴،۲۵].

اثرات بر دستگاه گوارش: اصلی ترین مسیر ورود میکرو پلاستیک ها به بدن انسان و حیوان، دستگاه گوارش در درجه اول مصرف غذاهای دریایی، شیر، آب جو، عسل، شکر، نمک و آب بطری شده می باشد[۲۶-۲۸].

متوسط میزان جذب میکروپلاستیک توسط هر نفر در سال بر اساس غذای مصرفی حدود ۳۹۰۰۰ تا ۵۲۰۰۰ ذره در سال تخمین زده می شود. یکی از مواد غذایی که در این زمینه حایز اهمیت است شیر و محصولات لبنی است که تحقیقات بسیاری بر روی آن صورت گرفته است[۱۳،۲۹]. که حاکی از وجود مقادیر قابل توجهی ذرات میکروپلاستیک با اندازه های بین ۰/۱ تا ۵ میکرومتر در محصولات لبنی بودند [۳۰].

غلظت هایی از میکرو پلاستیک ها در محصولات دریایی نیز ثبت شده است که حاکی از وجود غلظت ۰/۰۷ تا ۲/۲۲ قطعه میکرو پلاستیک در هر گرم از محصولات دریایی است. این قطعات که عمدتاً از پلی پروپیلن (PP)، پلی اتیلن (PE) و پلی استایرن (PS) تشکیل شده اند و قطری در حدود ۲۰ تا ۲۰۰میکرومتر دارند[۹، ۳۱].

مطالعاتی که در این زمینه تحت شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی انجام شده است نشان می‌دهد که حیوانات با جذب میکرو پلاستیک ها و نانوپلاستیک‌ها می‌توانند آن ها را در پیکره ی خود جذب و انباشت کنند. که این انباشت بسته به سطح تغذیه‌ای موجودات مختلف متفاوت می باشد. انباشت ذرات با حرکت در زنجیره غذایی افزایش می‌یابد و با قرار گرفتن انسان در راس این زنجیره ی غذایی سبب افزایش مواجهه در انسان می گردد[۳۲].

در مطالعه ای که بوسیله ی کاست و همکارانش انجام شد مشخص گردید که ۸۱ درصد از نمونه های آبی که از سیستم های توزیع آب گرفته شده بود دارای میکروپلاستیک هایی، با الیاف عمدتا کوچکتر از ۵ میکرومتر بودند[۳۳]. مطالعات دیگر این یافته ها را تأیید و نشان دادند که ذرات میکروپلاستیک با قطر ۵ تا بیش از ۱۳۵۰ میکرومتر در آب معدنی یافت شدند. جالب توجه

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

است که در این مطالعه تعداد ذرات در آب هر دو نوع بطری شیشه ای و پلی اتیلن ترفتالات تفاوت چندانی نداشت[۳۴، ۳۵].

همچنین غلظت های بسیار بالایی از میکروپلاستیک ها در آب شور و شیرین مشاهده شد که برابر بود با میانگین غلظت ۰/۰۵ قطعه میکرو پلاستیک در هر لیتر آب تصفیه شده سیستم آبرسانی و غلظت‌هایی از ۰/۵۷ تا ۱۵۵۶۰ قطعه میکرو پلاستیک در هر متر مکعب از آب شور دریا یافت شد[۳۱].

مطالعات اخیر نشت و آزاد شدن میکروپلاستیک‌ها از بسته‌بندی‌های پلاستیکی مواد غذایی به‌ویژه در دماهای بالا، مانند چای کیسه ای ،کتری‌های پلاستیکی و بطری‌های شیر نوزادان را تایید می‌کند[۳۶، ۳۷]. به طور کلی میانگین میزان جذب میکرو پلاستیک ها در انسان بین ۰/۱ تا ۵ گرم میکروپلاستیک در هفته از تمام مسیر ها می باشد که معادل وزن یک کارت اعتباری می باشد در این میان نوزادان نسبت به بزرگسالان با سطوح بیشتری از مواجهه و جذب میکروپلاستیک ها روبرو هستند[۳۸، ۳۹].

مطالعه ی دیگری حضور ۹ نوع میکروپلاستیک را در مدفوع انسان تایید کرد که پروپیلن و پلی اتیلن ترفتالات نوع غالب بودند. تمامی نمونه های مدفوع از نظر حضورمیکرو پلاستیک ها مثبت بودند، به صورت میانگین ۲۰ ذره میکرو پلاستیک با قطر۵۰ تا۵۰۰ میکرومتر در هر ۱۰ گرم مدفوع شمارش گردید[۴۰]. که نتیجه این مطالعه با نتیجه مطالعه ای که بر روی ۲۶ دانش آموزصورت گرفت مطابقت دارد. در آن مطالعه نمونه مدفوع ۲۳دانش آموز از ۲۶ دانش آموزی که در این مطالعه شرکت کرده بودند وجود میکرو پلاستیک ها با اندازه ۲۰-۸۰۰ میکرومتر را تایید کرد. مجموع جرم تمام میکرو پلاستیک ها به ازای هر شرکت کننده از ۰/۰۱ تا ۱۴/۶میلی گرم متغیر بود[۴۱].

در مطالعه ای که بر روی سنجش بیسفنولA و برخی دیگر از ترکیبات مرتبط با میکروپلاستیک ها در نمونه هایی از ماهی های شمال شرقی اقیانوس اطلس انجام گرفت، ارتباط بین سطوح آلودگی بیسفنول و میکروپلاستیک ها در نمونه‌های ماهی تایید گردید و ریسک مصرف آن ماهی ها برای سلامت انسان نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار بیسفنول A در کبد و عضله ماهی به ترتیب با حداکثر غلظت ۳۰۲ و ۲۷۲ نانوگرم بر گرم وزن خشک ماهی اندازه گیری گردید[۴۲]. داده های حاصل از اندازه گیری میکروپلاستیک ها در اکوسیتم های آبی در جدول (۲) نمایش داده شده است

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

جدول ۲- غلظت های اندازه گیری شده میکروپلاستیک ها در اکوسیستم های آبی و موجودات آبزی

محل اندازه گیری	محیط اندازه گیری	میکروپلاستیک های اندازه گیری شده	مشخصات منبع
ایرلند	آب شور دریا	۴۰-۲۸۰ عدد میکروپلاستیک در هر لیتر	مارتین و همکارن
چین	ماهی های قرمز آب شیرین	قطعات پلی استایرن و pvc به ترتیب با قطر با قطر ۵۰۰ -۳۰نانومتر و ۱۰۰۰-۱ میکرومتر در بافت ماهی های قرمز یافت شد.	وی شی و همکاران [۴۳]
پکن	آب باران و روناب حاصل	۱/۶ - ۲۹/۶ عدد میکرو پلاستیک در هر لیتر از روناب ۰/۷ تا ۶ عدد میکروپلاستیک در هر لیتر آب باران	چنگ و همکاران [۴۴]
خلیج سنگو چین	در صدف های خوراکی	میکروپلاستیک هایی با سایز ۰/۵ – ۰/۰۵ میلیمتر در بافت صدف های خوراکی یافت گردید	وانگ و همکاران [۴۵]
دریای مدیترانه	در آب دریا	۱ عدد میکرو پلاستیک در هر ۲۵ میلی لیتر یافت گردید.	فون کاونبرگ و همکاران [۴۶]
دریای سیاه	آب دریا	۲۰ عدد میکرو پلاستیک در هر ۵۰ میلی لیتر یافت گردید	سانچز- ویدال و همکاران [۴۷]
دریای منجمد شمالی	آب دریا	۲۳۰۳ عدد میکرو پلاستیک در هر لیتر یافت گردید	برگمن و همکاران [۴۸]
اقیانوس اطلس شمالی	آب شور	۸۰۰ عدد میکروپلاستیک در هر لیتر یافت شد	وودال و همکاران [۴۹]
چین	ماهی زبرا	ذرات پلی آمید، پلی آتیلن، پروپیلن و پی وی سی با قطر ۷۰ میکرومتر و پلی استایرن با قطر ۱ میکرومتر در بافت ماهی های زبرا یافت شد.	لی و همکاران [۵۰]

در این میان مطالعات دیگری نشان دادند که بیماری های التهابی روده در بیمارانی که در معرض میکرو پلاستیک ها بودند به مراتب و به طور قابل توجهی بیشتر از افرادی بود که در معرض نبودند[۵۱،۵۲]. به گفته وو و همکاران، عملکرد میتوکندری سلول ها در مواجهه با پلی استایرن که به صورت میکروپلاستیک وارد سلول ها می گردد مختل می شود[۵۳]. میکروپلاستیک ها همچنین می توانند به عنوان ناقل برای انتقال انواع میکرو ارگانیسم ها عمل کنند[۵۴]. این میکرو پلاستیک ها می توانند ترکیبات شیمیایی را از بدنه و ساختار پلاستیکی خود آزاد کنند یا مواد شیمیایی دیگر را از محیط پیرامون خود نیز جذب کنند[۵۱]. در جدول (۲) به نتایج حاصل از غلظت های اندازه گیری شده ی میکروپلاستیک ها در آب و مواد خوراکی که می توانند از طریق دستگاه گوارش وارد بدن انسان گردند پرداخته شده است.

اثرات بر دستگاه تنفسی: یکی از اثرات میکروپلاستیک ها بر بافت ریه و سلامت تنفسی انسان ناشی از استنشاق آنها و تحریک اپیتلیوم تنفسی است که واکنش بیولوژیکی آنها به خواص فیزیکوشیمیایی میکرو پلاستیک ها بستگی دارد. منابع نانوپلاستیک ها و مسکروپلاستیک های موجود در هوا شامل لباس های با منشا پلاستیک ، لجن خشک شده تصفیه خانه ها، و بافت تایرهایی است که به دلیل سایش

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

مکانیکی در حین رانندگی در هوا پراکنده می شوند می باشند. مجموع مساحت کیسه های هوایی ریه ها تقریباً ۱۵۰ متر مربع است و دارای یک لایه بافتی نازک با ضخامت کمتر از ۱ میکرومتر است. این لایه به نانوذرات اجازه می دهد تا به مویرگ ها نفوذ کنند و توزیع سیستمیک در بدن را از این طریق تسهیل می کنند[۵۵].

کالبد شکافی روی بافت ریه انسان نشان دهنده حضور و نفوذ میکرو پلاستیک ها به درون ریه ی انسان هاست. ذرات و الیاف پلیمری پلاستیکی در مطالعه ای در ۱۳ نمونه از ۲۰ نمونه انسانی مورد شناسایی قرار گرفت[۵۶]. برای ارزیابی میزان جذب پلی استایرن موجود در هوا ، روشی بر اساس اندازه گیری غلظت خود استایرن و متابولیت های آن مانند اسید ماندلیک و اسید فنیل گلیوکسیلیک در ادرار ایجاد شده است. این متابولیت های ادراری در انسان به عنوان نشانگرهای زیستی برای تعیین مواجهه با استایرن عمل می کنند. افزایش غلظت پلی استایرن و متابولیت های آن در کارگرانی که در معرض مقادیر زیادی پلی استایرن استنشاقی قرار گرفته اند مشاهده شده است[۵۷]. در مطالعه ای دیگر که در کره جنوبی بر روی غلظت میکرو پلاستیک ها موجود در محیط زیست صورت گرفت، غلظت‌های بین ۰/۴۵ تا ۶/۶۴ قطعه میکروپلاستیک در هر متر مکعب از هوا گزارش گردید که نسبت به سطوح موجود داخل خانه مقادیربیشتری نشان داد[۳۱]. در مطالعه ای دیگر که اندونزی صورت گرفت غلظت میکرو پلاستیک ها در نقاط مختلف شهر سورابایا اندازه گیری شد که نتایج غلظت میکرو پلاستیک ها را در شهر ۵۶ تا ۱۷۵ ذره در هر متر مکعب تعیین کرد[۵۸].

اثرات بر سیستم تولید مثل: یکی دیگر از اثرات سلامتی که میکروپلاستیک ها متهم به ایجاد آن هستند اثرات تولید مثلی است که بواسطه ی تاثیر مستقیم این مواد بر اندام های تولید مثلی هر دو جنس زن و مرد ایجاد می گردند و مطالعات مختلفی در حال حاضر در این زمینه در حال انجام است و بسیاری از مطالعات گذشته ارتباط میکروپلاستیک ها با عوارضی نظیر نقص تولید مثل را تایید کرده اند مانند مطالعه ای که نشان می‌دهد که میکروپلاستیک‌ها از طریق جذب و آسیب بر روی گونادها، تخمدان ها و رحم می توانند منجر به کاهش باروری در زنان و مردان گردند[۵۹-۶۱].

اثرات سرطانزایی: اثرات جهش زایی و شکست کروموزومی یکی دیگر از اثرات تجمعی و طولانی مدت میکروپلاستیک ها است که در صورت مداومت مواجه و تماس با این ترکیبات می تواند بروز کند و آسیب ها غیرقابل برگشتی را بر سلامت انسان ها تحمیل کند. یکی از این اثرات که در تحقیقات علمی ثبت شده است آسیب غیرقابل برگشت به DNA و افزایش نارسایی عملکرد کروموزوم ها است که در بسیاری از مواجه های انسانی مشاهده شده است که نهایتا می تواند منجر انواع مختلفی از سرطان ها نظیر خون، لنف، مثانه و... گردد[۶۲، ۶۳].

اثرات بر سیستم ایمنی بدن: از دیگر اثرات میکروپلاستیک ها بر سلامت انسان می توان به نقص سیستم ایمنی انسان اشاره کرد که در مطالعات مختلف مشخص گردید و می تواند به شکل های مختلف نظیر ایجاد خود ایمنی و یا سرکوب سیستمی ایمنی بدن خود را نشان دهد. بر اساس اندازه، شکل وپراکندگی میکروپلاستیک ها، واکنش های انسانی پس از مواجهه می تواند متفاوت باشد و می تواند منجر به ایجاد پاسخ ایمنی و سیستمیک در انسان گردد[۶۴].

اثرات حیوانی: یافته‌های حاصل از مطالعات حیوانی و آزمایشگاهی در زمینه اثرات میکروپلاستیک‌ها نشان داد که میکرو پلاستیک ها در آبشش‌ها، معده و سیستم‌های متابولیک خرچنگ‌ها انباشت زیستی دارند و باعث تغییرات نامطلوب سلولی در بدن ماهی ها می‌شوند[۶۵، ۶۶]. مطالعات دیگری در این زمینه نشان داده است که هم میکروارگانیسم ها و هم آلاینده های دیگر می توانند توسط میکروپلاستیک ها به انسان و حیوان منتقل گردند[۶۷،۶۸]. و این چنین پیامدهای منفی نظیر تجمع میکرو ارگانیسم ها و آلاینده ها می تواند با توجه به سطحی از

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

آلاینده ها و میکرو ارگانیسم ها که در معرض آن قرار گرفته اند و حساسیت آن گونه متفاوت باشد[۶۴].

اثراتی چون استرس اکسیداتیو، سمیت سلولی و انتقال آلاینده به بافت های دیگر از طریق مواجهه با این میکرو پلاستیک های آلوده به مواد شیمیایی و میکرو ارگانیسم ها محتمل می باشد[۶۹، ۷۰]. میکرو پلاستیک ها در اکوسیستم و موجودات زنده ماندگار هستند. در نتیجه، حیواناتی که برای مدت طولانی در معرض میکروپلاستیک ها و اثرات آن ها قرار می گیرند، به طور بالقوه به اختلالات مزمن، تورم، رشد سلولی غیر کنترل شده، اختلال در سلول های ایمنی و نهایتا مرگ دچار می شوند[۷۱].

بحث

تا به امروز مطالعات اپیدمیولوژیک جدی زیادی برای ارزیابی جذب و اثرات بالقوه میکروپلاستیک ها در انسان انجام نشده است. یکی از نکات کلیدی در ارزیابی خطرات میکروپلاستیک ها برای سلامت انسان، تنوع قابل‌توجه در خواص فیزیکی و شیمیایی میکروپلاستیک‌ها و تفاوت ویژگی های جامعه ای است در معرض آن ها قرار دارند. بنابراین مطالعات اپیدمیولوژیکی که قرار گرفتن در معرض میکروپلاستیک‌ها را با پیامدهای سلامتی در جمعیت‌های انسانی مرتبط می‌کند در این زمینه بسیار کم و انگشت شمار هستند. و تنها تعداد محدودی از مطالعات تجربی در دسترس است که بر اساس آن ارزیابی ریسک میکروپلاستیک ها بر سلامت انسان انجام شده است که در بسیاری از آن مطالعات نیز ارتباط میکروپلاستیک ها با سلامت انسان کاملا مشخص نیست. بر اساس شواهد و مطالعات موجود، به نظر می رسد که اثرات و خطرات حاد ناشی از میکروپلاستیک ها برای سلامتی انسان ناچیز است، با این وجود به نظر می رسد مطالعات اپیدمیولوژیک و ارزیابی ریسک بیشتری در این زمینه نیاز است[۷۲، ۷۳].

ارزیابی خطر میکروپلاستیک‌ها برای سلامت انسان می‌تواند و باید در هر زمانی انجام شود و این مطالعات سهم بیشتری از یافته های قابل اتکا را نسبت به مطالعات دیگر برای آنچه که نمی‌توان به‌طور دقیق اندازه گیری کرد، فراهم می کنند. ارزیابی ریسک میکروپلاستیک ها بر سلامت انسان به تعیین سه فاکتور مهم کمک می کند:

۱.محاسبه کل تجمع زیستی یک ماده از همه ی مسیرهای محتمل

۲. ارزیابی سهم نسبی مواد شیمیایی وارد شده به بدن از طریق پلاستیک ها

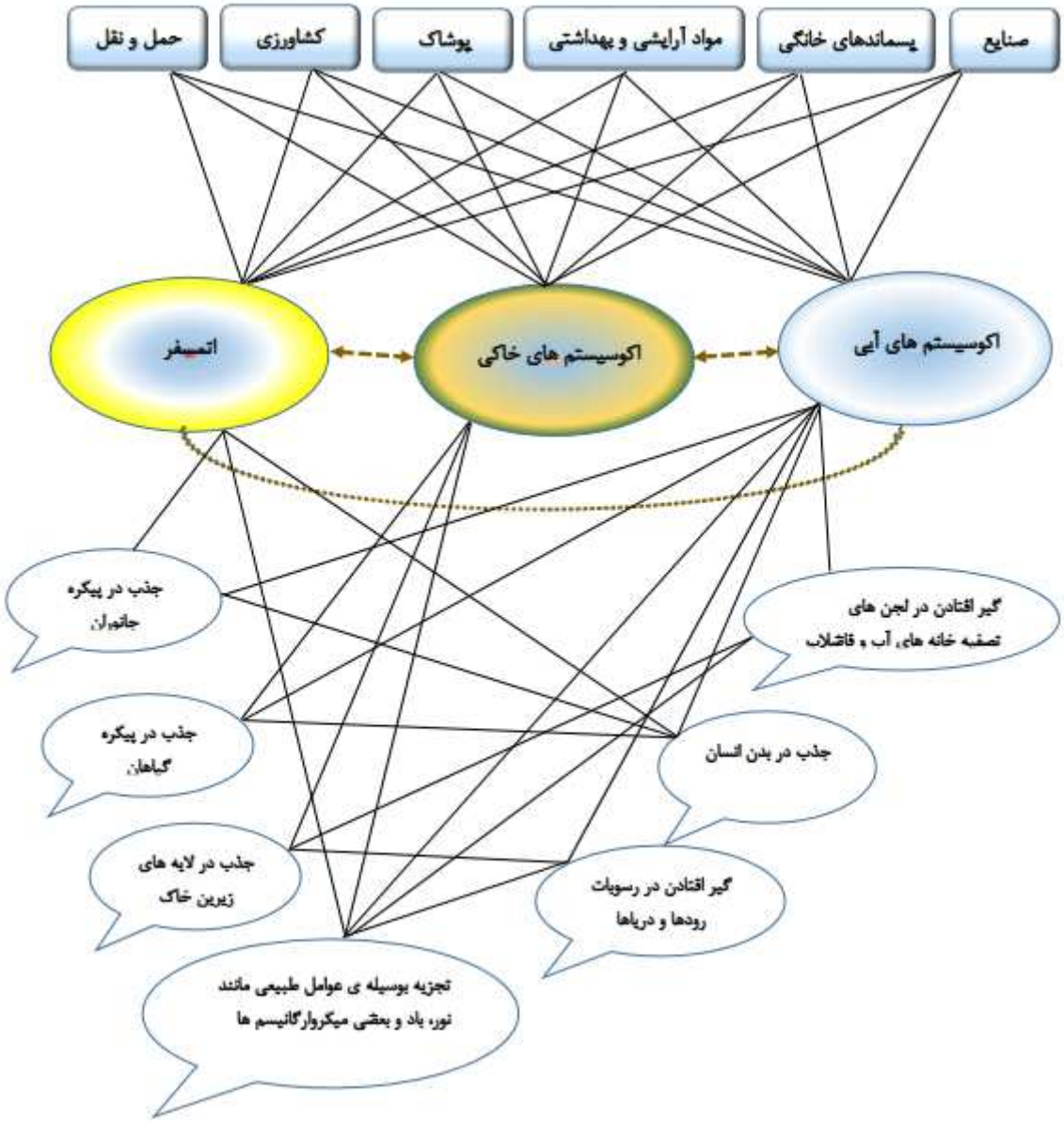
۳. تعیین این که آیا تجمع زیستی مواد از طریق میکروپلاستیک ها می تواند سبب شود که میزان دریافتی میکروپلاستیک ها و آلاینده های همراه آن از کل سطح آستانه سمیت فراتر رود.

معمولابرای ارزیابی خطرات میکروپلاستیک ها از تکنیک Hkanson استفاده می گردد[۷۴]. بسیاری از متغیرهای خطر، از جمله فاکتور خطر اکولوژیکی بالقوه ، شاخص خطر اکولوژیکی بالقوه ، فاکتور غلظت میکروپلاستیک و فاکتور پاسخ سمیت با استفاده از این تکنیک مورد بررسی قرار می گیرند[۳۶، ۷۵]. اگر چه تاریخ دقیق تولید و رها سازی اولین قطعه ی پلاستیکی به طبیعت توسط بشر مشخص نیست اما به روشنی مشخص است که میزان تولید پلاستیک ها در ابتدای دهه ی ۶۰ میلادی از حدود ۱/۳ میلیون تن در سال به حدود ۳۵۹ میلیون تن در سال ۲۰۱۸ میلادی رسیده است که نشانگر سرعت و نرخ رشد افسار گسیخته این مواد و به طبع پسماندهای حاصل از آنها در طبیعت است[۷۶]. اما یکی از پرسش ها و ابهامات عمده ای که در خصوص میکرو پلاستیک ها مطرح است سرنوشت نهایی آنها می باشد و اینکه دقیقا چه اتفاقی برای این پلاستیک ها و میکروپلاستیک های رها شده در طبیعت خواهد افتاد. با مطالعاتی که انجام شده است تنها می توان به مقصد این آلاینده ها پس از وارد شدن به محیط اشاره کرد و اینکه می توانند از طریق هوا، آب و خاک وارد پیکره موجودات زنده گردند و بخشی از آن ها می توانند وارد رسوبات رودخانه ها و اکوسیستم های دریایی گردند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

اما هنوز در مورد اینکه آیا آنها پس از گذشت زمان بوسیله ی عوامل طبیعی چون نور، باد و باران و یا قارچ ها و میکرو ارگانیسم ها تجزیه می گردند تردید هایی وجود دارد که نشان می دهد حتی با وجود اثبات امکان تجزیه آنها در طبیعت اما بخش زیادی از این ترکیبات به صورت تجزیه نشده در لایه های زیرین خاک، اقیانوس ها و رسوبات آنها باقی خواهند ماند[۱۱، ۷۷، ۷۸]. در شکل شماره (۱) به سناریو های محتملی که می تواند برای این ترکیبات در طول زمان در طبیعت رخ دهد اشاره شده است



شکل ۱- سناریوهای محتملی که ممکن است برای میکروپلاستیک ها رخ دهد

اگرچه در سالیان و دهه های اخیر استفاده مجدد و بازیافت به کاهش میزان دفع پلاستیک ها کمک شایانی کرده است، اما هنوز سالانه حجم قابل توجهی از پلاستیک ها به صورت پسماندهای پلاستیکی وارد محیط زیست می گردند. افزایش روزافزون جمعیت جهان به دلیل فعالیت های انسان محیط دریایی را تحت تنش های زیست

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

محیطی فزاینده ای قرار داده است[۷۹، ۸۰]. آلودگی مستمر این محیط های آبی اکنون به یک مشکل جهانی تبدیل شده است که نیاز به راه حلی کارآمد و فوری دارد. برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۸ تخمین زد که حدود ۵۰ درصد از صخره های مرجانی جهان به دلیل فعالیت های انسان در خشکی از بین رفته است[۴۲].

دولت ها و سازمان های بین المللی اقدامات مختلفی را برای کنترل معضل زیست محیطی رو به رشد آلودگی میکروپلاستیک انجام داده اند. اتحادیه اروپا (EU) در خط مقدم این اقدامات بوده است و در درجه اول بر حذف منابع میکروپلاستیک های تولید شده بوسیله ی مصرف کنندگان و زنجیره های تولید تمرکز کرده است. با این حال در سال ۲۰۲۱ میانگین غلظت ۷۰۰ قطعه میکرو پلاستیک در هرکیلوگرم خاک ثبت شده است که نشان دهنده سطوح بالاتری از میکروپلاستیک ها در خاک های آلوده شهری نسبت به خاک های مرتفع غیر آلوده دارد[۳۱].

به نظر می رسد شواهد علمی و تحقیقاتی در زمینه اثرات سلامتی به خصوص اثرات تجمعی میکرو پلاستیک ها بر سلامت انسان در طولانی مدت برای تصمیم سازی و اجماع جهانی جهت تدوین برنامه کاهش جدی تولید میکرو پلاستیک ها به اندازه کافی کارآمد نبوده است و همچنین با توجه به روشن نبودن ارتباط اثرات میکروپلاستیک ها با سهم بار بیماری ها در جوامع انسانی، نیاز است در آینده مطالعات جدی تری در حوزه ی اپیدمیولوژی ، ارزیابی ریسک میکروپلاستیک ها بر سلامت انسان و مطالعات ارزیابی سمیت زیستی میکروپلاستیک ها صورت انجام گردد. برخی شکاف‌های تحقیقاتی که هنوز وجود دارند باید پر شوند، مانند ادغام تحقیقات در سیاست‌ها کلان برای کمک به بهبود محیط زیست و استانداردسازی روشهای پایش و روش های اختصاصی گزارش آلودگی میکروپلاستیک ها باید انجام گردد.

نتیجه گیری

حضور فراگیر میکروپلاستیک ها در ماتریس های مختلف محیطی در سرتاسر جهان تهدید قابل توجهی برای اکوسیستم ها، ارگانیسم ها و سلامت انسان است. از آلوده کردن منابع آب و هوا گرفته تا نفوذ به زنجیره های غذایی ما، این قطعات میکروسکوپی به یک آلاینده جهانی با پیامدهای گسترده تبدیل شده اند. رسیدگی به این بحران نیازمند رویکردی چندوجهی است که شامل تلاش‌های نظارتی، راه‌حل‌های نوآورانه و تعهد جمعی به کاهش زباله‌های پلاستیکی و بهبود سیستم‌های مدیریت زباله است. در حالی که دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی گام‌هایی برای تنظیم و نظارت بر آلودگی میکروپلاستیک برمی‌دارند، تحقیقات آینده برای درک بهتر مکانیسم‌های حرکت و جابجایی میکروپلاستیک ها در محیط، توسعه فن‌آوری‌های موثر حذف و ایجاد مدل‌های ارزیابی ریسک استاندارد بسیار مهم است. مقابله با این بحران رو به رشد نیازمند تلاش مشترک همه ذی‌نفعان است، زیرا تأثیرات میکروپلاستیک‌ها از مرزها فراتر رفته و همه ی کشور ها و شهرها را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

اقدامات کنترلی که برای کاهش میکروپلاستیک ها انجام می گردد کافی نیست و برای کاهش قابل توجه سطح میکروپلاستیک ها نیاز است اقدامات جدی تری صورت بگیرد. برخی از این اقدامات کنترلی موثر که می تواند انجام گردد شامل ۱. شناسایی منابع اصلی میکروپلاستیک ها

۲. ایجاد آگاهی عمومی در مورد میکروپلاستیک ها از طریق آموزش ۳. افزایش استفاده مجدد و بازیافت محصولات پلاستیکی و دفع مناسب زباله های پلاستیکی ۴. درک شناخت مکانیسم روابط میان میکروپلاستیک ها، موجودات دریایی و محیط زیست دریایی. ۵. بهره برداری از پتانسیل موجودات دریایی (بیشتر آنهایی که منشاء دریایی دارند) که می توانند میکروپلاستیک ها را تجزیه کنند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

References

1. Thompson RC, Olsen Y, Mitchell RP, et al. Lost at sea: where is all the plastic? Science 2004;304(5672): 838.
2. Thompson RC. Microplastics in the marine environment: sources, consequences and solutions. Marine anthropogenic litter 2015: 185-200.
3. Galloway TS, Cole M, Lewis C. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. Nature ecology & evolution 2017;1(5): 0116.
4. Van Cauwenberghe L, Devriese L, Galgani F, et al. Microplastics in sediments: a review of techniques, occurrence and effects. Marine environmental research 2015;111: 5-17.
5. Andrady AL. Persistence of plastic litter in the oceans. Marine anthropogenic litter 2015: 57-72.
6. Chamas A, Moon H, Zheng J, et al. Degradation rates of plastics in the environment. ACS Sustainable Chemistry & Engineering 2020;8(9): 3494-511.
7. Fendall LS, Sewell MA. Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. Marine pollution bulletin 2009;58(8): 1225-8.
8. Wang J, Li Y, Lu L, et al. Polystyrene microplastics cause tissue damages, sex-specific reproductive disruption and transgenerational effects in marine medaka (Oryzias melastigma). Environmental Pollution 2019;254: 113024.
9. Campanale C, Massarelli C, Savino I, et al. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. International journal of environmental research and public health 2020;17(4): 1212.
10. Hahladakis JN, Velis CA, Weber R, et al. An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. Journal of hazardous materials 2018;344: 179-99.
11. Kershaw PJ, Rochman CM. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment. Reports and studies-IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP joint group of experts on the scientific aspects of marine environmental protection (GESAMP) Eng No 93 2015.
12. Oberbeckmann S, Labrenz M. Marine microbial assemblages on microplastics: diversity, adaptation, and role in degradation. Annual review of marine science 2020;12(1): 209-32.
13. Cox KD, Covernton GA, Davies HL, et al. Human consumption of microplastics. Environmental science & technology 2019;53(12): 7068-74.
14. Wright SL, Kelly FJ. Plastic and human health: a micro issue? Environmental science & technology 2017;51(12): 6634-47.
15. Bexeitova K, Baimenov A, Varol E, et al. Microplastics in Freshwater Systems: A Review of Classification, Sources, and Environmental Impacts. Chemical Engineering Journal Advances 2024: 100649.
16. Kelly NE. Spatial distribution and risk assessment of microplastics in surface waters of the St. Lawrence Estuary. Science of The Total Environment 2024;946: 174324.
17. Sharifi H, Attar HM. A review of microplastics measuring methods in water and wastewater bodies. 2021.
18. Deji-Oloruntoba O, Agidigbi TS, Jang M. Microplastics and Nano-plastics Contamination in Foods: Current Understanding of the Health Impact on Human and Potential Solutions. European Journal of Nutrition & Food Safety 2024;16(5): 11-31.
19. da Costa JP, Chamkha M, Ksibi M, Sayadi S. Effects of microplastics' physical and chemical properties on aquatic organisms: State-of-the-art and future research trends. TrAC Trends in Analytical Chemistry 2023: 117192.
20. Zhang S, Wang J, Liu X, et al. Microplastics in the environment: A review of analytical methods, distribution, and biological effects. TrAC Trends in Analytical Chemistry 2019;111: 62-72.
21. Xu S, Ma J, Ji R ,et al. Microplastics in aquatic environments: occurrence, accumulation, and biological effects. Science of the total environment 2020;703: 134699.
22. Ding R, Chen Y, Shi X, et al. Size-dependent toxicity of polystyrene microplastics on the gastrointestinal tract: Oxidative stress related-DNA damage and potential carcinogenicity. Science of The Total Environment 2024;912: 169514.
23. da Costa Araújo AP, da Luz TM, Rocha TL, et al. Toxicity evaluation of the combination of emerging pollutants with polyethylene microplastics in zebrafish: Perspective study of genotoxicity, mutagenicity, and redox unbalance. Journal of Hazardous Materials 2022;432: 128691.
24. Muniasamy R, Venkatachalam P, Rangarajan V, et al. A comprehensive perspective on sustainable bioprocessing through extractive fermentation: Challenges and prospects. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 2023;22(3): 715-37.
25. Zhao Q, Zhu L, Weng J, et al. Detection and characterization of microplastics in the human testis and semen. Science of The Total Environment 2023;877: 162713.
26. Kwon J-H, Kim J-W, Pham TD, et al. Microplastics in food: a review on analytical methods and challenges. International journal of environmental research and public health 2020;17(18): 6710.
27. Yang D ,Shi H, Li L, et al. Microplastic pollution in table salts from China. Environmental science & technology 2015;49(22): 13622-7.
28. Mason SA, Welch VG, Neratko J. Synthetic polymer contamination in bottled water. Frontiers in chemistry 2018;6: 389699.
29. Kutralam-Muniasamy G, Pérez-Guevara F, Elizalde-Martínez I, Shruti V. Branded milks–are they immune from microplastics contamination? Science of the Total Environment 2020;714: 136823.
30. Xu Y, He Q, Liu C, Huangfu X. Are micro-or nanoplastics leached from drinking water distribution systems? : ACS Publications; 2019.
31. Jain I, Reddy A, Rao N. The Widespread Environmental and Health Effects of Microplastics Pollution Worldwide. Fusion of Multidisciplinary Research, An International Journal 2021;2-۲۲٤ :(۲) .۳٤

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

32. Cedervall T, Hansson L-A, Lard M, et al. Food chain transport of nanoparticles affects behaviour and fat metabolism in fish. PloS one 2012;7(2): e32254.
33. Kosuth M, Mason SA, Wattenberg EV. Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. PloS one 2018;13(4): e0194970.
34. Oßmann BE, Sarau G, Holtmannspötter H, et al. Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. Water research 2018;141: 307-16.
35. 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.
36. Li R, Yu L, Chai M, et al. The distribution, characteristics and ecological risks of microplastics in the mangroves of Southern China. Science of the Total Environment 2020;708: 135025.
37. Álvarez-Hernández C, Cairós C, López-Darias J, et al. Microplastic debris in beaches of Tenerife (Canary Islands, Spain). Marine Pollution Bulletin ٢٠١٩;١٤٦: ٢٦-٣٢.
38. Senathirajah K, Attwood S, Bhagwat G, et al. Estimation of the mass of microplastics ingested–A pivotal first step towards human health risk assessment. Journal of Hazardous Materials 2021;404: 124004.
39. Zhang S, Li Y, Chen X, et al .Occurrence and distribution of microplastics in organic fertilizers in China. Science of the Total Environment 2022;844: 157061.
40. Schwabl P, Köppel S, Königshofer P, et al. Detection of various microplastics in human stool: a prospective case series .Annals of internal medicine 2019;171(7): 453-7.
41. Liu W, Zhang J, Liu H, et al. A review of the removal of microplastics in global wastewater treatment plants: Characteristics and mechanisms. Environment International 2021;146: 106277.
42. Emenike P, Araoye O, Academe S, et al., editors. The effects of microplastics in oceans and marine environment on public health–a mini-review. IOP conference series: earth and environmental science; 2022: IOP Publishing.
43. Shi W, Sun S, Han Y, et al. Microplastics impair olfactory-mediated behaviors of goldfish Carassius auratus. Journal of Hazardous Materials 2021;409: 125016.
44. Zhang J, Ding W, Zou G, et al. Urban pipeline rainwater runoff is an important pathway for land-based microplastics transport to inland surface water: A case study in Beijing. Science of The Total Environment 2023;861: 160619.
45. Wang J, Lu L, Wang M, et al. Typhoons increase the abundance of microplastics in the marine environment and cultured organisms: a case study in Sanggou Bay, China. Science of the Total Environment 2019;667: 1-8.
46. Van Cauwenberghe L, Vanreusel A, Mees J, Janssen CR. Microplastic pollution in deep-sea sediments. Environmental pollution 2013;182: 495-9.
47. Sanchez-Vidal A, Thompson RC, Canals M, De Haan WP. The imprint of microfibres in southern European deep seas. PloS one 2018;13(11): e0207033.
48. Bergmann M, Wirzberger V, Krumpen T, et al. High quantities of microplastic in Arctic deep-sea sediments from the HAUSGARTEN observatory. Environmental science & technology 2017;51(19): 11000-10.
49. Woodall LC, Sanchez-Vidal A, Canals M, et al. The deep sea is a major sink for microplastic debris. Royal Society open science 2014;1(4): 140317.
50. Lei L, Wu S, Lu S, et al. Microplastic particles cause intestinal damage and other adverse effects in zebrafish Danio rerio and nematode Caenorhabditis elegans. Science of the total environment 2018;619: 1-8.
51. Yan Y, Zhu F, Zhu C, et al. Dibutyl phthalate release from polyvinyl chloride microplastics: Influence of plastic properties and environmental factors. Water Research 2021;204: 117597.
52. Wu F, Wang Y, Leung JY, et al. Accumulation of microplastics in typical commercial aquatic species: a case study at a productive aquaculture site in China. Science of the Total Environment 2020;708: 135432.
53. Wu P, Huang J, Zheng Y, et al. Environmental occurrences, fate, and impacts of microplastics. Ecotoxicology and environmental safety 2019;184: 109612.
54. Kirstein IV, Kirmizi S, Wichels A, et al. Dangerous hitchhikers ?Evidence for potentially pathogenic Vibrio spp. on microplastic particles. Marine environmental research 2016;120: 1-8.
55. Lehner R, Weder C, Petri-Fink A, Rothen-Rutishauser B. Emergence of nanoplastic in the environment and possible impact on human health. Environmental science & technology 2019;53(4): 1748-65.
56. Amato-Lourenço LF, Carvalho-Oliveira R, Júnior GR, et al. Presence of airborne microplastics in human lung tissue. Journal of hazardous materials 2021;416: 126124.
57. Persoons R, Richard J ,Herve C, et al. Biomonitoring of styrene occupational exposures: Biomarkers and determinants. Toxicology letters 2018;298: 99-105.
58. Syafei AD, Nurasrin NR, Assomadi AF, Boedisantoso R. Microplastic pollution in the ambient air of Surabaya, Indonesia .Current World Environment 2019;14(2): 290-8.
59. Chen X-j, Ma J-j, Yu R-l, et al. Bioaccessibility of microplastic-associated heavy metals using an in vitro digestion model and its implications for human health risk assessment. Environmental Science and Pollution Research 2022;29(51): 76983-91.
60. González-Acedo A, García-Recio E, Illescas-Montes R, et al. Evidence from in vitro and in vivo studies on the potential health repercussions of micro-and nanoplastics. Chemosphere 2021;280: 130826.
61. Sarasamma S, Audira G, Siregar P, et al. Nanoplastics cause neurobehavioral impairments, reproductive and oxidative damages, and biomarker responses in zebrafish: throwing up alarms of wide spread health risk of exposure. International journal of molecular sciences 2020;21(4): 1410.
62. Brachner A, Fragouli D, Duarte IF, et al. Assessment of human health risks posed by nano-

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]

and microplastics is currently not feasible. International Journal of Environmental Research and Public Health 2020;17(23): 8832.
63. Winiarska E, Jutel M, Zemelka-Wiacek M. The potential impact of nano-and microplastics on human health: Understanding human health risks. Environmental Research 2024: 118535.
64. Prata JC, da Costa JP, Lopes I, et al. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. Science of the total environment 2020;702: 134455.
65. Karbalaei S, Hanachi P, Walker TR, Cole M. Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution. Environmental science and pollution research 2018;25: 36046-63.
66. Brennecke D, Ferreira EC, Costa TM, et al. Ingested microplastics (> 100 μm) are translocated to organs of the tropical fiddler crab Uca rapax. Marine pollution bulletin 2015;96(1-2): 491-5.
67. Wang J, Tan Z, Peng J ,et al. The behaviors of microplastics in the marine environment. Marine Environmental Research 2016;113: 7-17.
68. Naqash N, Manzoor S, Singh R. Microplastic hazard, management, remediation, and control strategies: a review. International Journal of Environmental Technology and Management 2023;26(3-5): 153-72.
69. Cole M, Galloway TS. Ingestion of nanoplastics and microplastics by Pacific oyster larvae. Environmental science & technology 2015;49(24): 14625-32.
70. Schirinzi GF. Chemical and ecotoxicological assessment of microplastics and emerging risks in the coastal environments. 2020.
71. Smith M, Love DC, Rochman CM, Neff RA. Microplastics in seafood and the implications for human health. Current environmental health reports 2018;5: 375-86.
72. Pan Z, Liu Q, Jiang R, et al. Microplastic pollution and ecological risk assessment in an estuarine environment: The Dongshan Bay of China. Chemosphere 2021;262: 127876.
73. Prarat P, Hongsawat P. Microplastic pollution in surface seawater and beach sand from the shore of Rayong province, Thailand: Distribution, characterization, and ecological risk assessment. Marine Pollution Bulletin 2022;174: 113200.
74. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water research 1980;14(8): 975-1001.
75. Peng G, Xu P, Zhu B, et al. Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: a case study of risk assessment in mega-cities. Environmental Pollution 2018;234: 448-56.
76. Shanmugam V, Das O, Neisiany RE ,et al. Polymer recycling in additive manufacturing: An opportunity for the circular economy. Materials Circular Economy 2020;2: 1-11.
77. Haque F, Fan C. Fate of microplastics under the influence of climate change. Iscience 2023.
78. Kane IA, Clare MA. Dispersion, accumulation, and the ultimate fate of microplastics in deep-marine environments: a review and future directions. Frontiers in earth science 2019;7: 80.
79. Auta HS, Emenike CU, Fauziah SH. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. Environment international 2017;102: 165-76.
80. Alimba CG, Faggio C. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. Environmental toxicology and pharmacology 2019;68: 61-74.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.472]