



# آلاینده‌های میکروپلاستیک

نویسندگان:

کریستوفر بلیر کراوفورد - برایان کووین

مترجمان:

دکتر محمود علی محمدی

(استاد گروه مهندسی بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران)

مهندس کمال الدین کریمیان

(دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تهران)



انتشارات آوای قلم

سرشناسه	: کرافورد، کریستوفر بلر Crawford, Christopher Blair
عنوان و نام پدیدآور	: آلاینده‌های میکروپلاستیک/ نویسندگان کریستوفر بلیر کرافورد، برایان کووین؛ مترجمان محمود علی محمدی، کمال الدین کریمیان.
مشخصات نشر	: تهران: آوای قلم، ۱۳۹۷. مشخصات ظاهری: ۳۵۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹-۰۰-۶۳۱۷-۶۲۲-۹۷۸ وضعیت فهرست نویسی: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: ۲۰۱۷، Microplastic pollutants
موضوع	: ریزآلاینده‌ها موضوع: Micropollutants
موضوع	: آب - آلودگی موضوع: Water - Pollution
شناسه افزوده	: کوئین، برایان ۱۹۷۵-م.
شناسه افزوده	: Quinn Brian, 1975-
شناسه افزوده	: کریمیان، کمال الدین، ۱۳۵۸- مترجم
شناسه افزوده	: علی محمدی، محمود، ۱۳۴۶- مترجم
رده بندی کنگره	: TD۱۳۹۷۴۲۷ ۱۳۹۷/۴۲۷
رده بندی دیویی	: ۳۶۳/۷۳۹۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۴۳۷۶۲۶

**نام کتاب اصلی: Microplastic pollutants**

**نام نویسندگان اصلی: Christopher Blair Crawford, Brian Quinn**

**نام کتاب: آلاینده‌های میکروپلاستیک**

مترجمان:	دکتر محمود علی محمدی	تاریخ نشر:	۱۳۹۷
ناشر:	انتشارات آوای قلم	نوبت چاپ:	اول
ویراستار:	آرش رحیمی	شمارگان:	۲۵۰ جلد
حروفچینی و صفحه‌آرایی:	انتشارات آوای قلم	قیمت:	۴۸۰۰۰۰ ریال
طراحی روی جلد:	مهندس مهدی خانی	شابک:	۹-۰۰-۶۳۱۷-۶۲۲-۹۷۸

آدرس: تهران - میدان انقلاب - خیابان کارگر شمالی - ابتدای خیابان نصرت - کوچه باغ نو - کوچه

داوود آبادی شرقی - پلاک ۴ - زنگ دوم

شماره تماس: ۶۶۵۹۱۵۰۴ تلفکس: ۶۶۵۹۱۵۰۵

**فروشگاه کتاب چاپی و الکترونیک: [www.avapublisher.com](http://www.avapublisher.com)**

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع و شرعاً حرام است.  
متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۷	مقدمه ناشر.....
۸	مقدمه مترجمان.....

### فصل اول: ظهور پلاستیک

۱۰	مقدمه.....
۱۱	۱-۱ پلاستیک چیست؟.....
۱۵	۱-۲ پیدایش پلاستیک‌ها.....
۱۶	۱-۳ تاریخ اولیه پلاستیک.....

### فصل دوم: تاریخ معاصر پلاستیک

۳۴	۲-۱ تاریخ معاصر پلاستیک.....
----	------------------------------

### فصل سوم: تولید پلاستیک، زباله و قانونگذاری

۶۰	۳-۱ تولید جهانی پلاستیک.....
۶۱	۳-۲ زباله پلاستیکی.....
۶۴	۳-۳ ماکروپلاستیک چیست.....
۷۳	۳-۴ قوانین مربوط به ماکروپلاستیک‌های غوطه‌ور در آب.....
۷۶	۳-۵ بازیافت پلاستیک.....
۷۹	۳-۶ سیستم کدگذاری بین‌المللی شناسایی رزین ASTM.....

### فصل چهارم: خواص فیزیکوشیمیایی و تجزیه پذیری

۸۶	۴-۱ ساختار پلاستیک‌ها.....
۸۶	۴-۲ پلیمریزاسیون (پلیمریزه شدن).....
۹۳	۴-۳ کریستالی بودن (بلورینگی).....
۹۵	۴-۴ شاخه‌ای شدن.....

۹۶	۴-۵ کولیمرها
۹۸	۴-۶ مخلوط‌های پلیمری
۹۹	۴-۷ پلاستیک‌های رایج
۱۱۴	۴-۷-۱ تخریب پذیری
۱۲۰	۴-۸ حشرات تخریب کننده‌ی پلاستیک
۱۲۲	۴-۹ میکروارگانسیم‌ها و قارچ‌های تخریب کننده‌ی پلاستیک
۱۲۵	۴-۱۰ تخریب غیر زیستی
۱۲۵	۴-۱۱ افزودنی‌های شیمیایی
۱۲۶	۴-۱۲ ضعف‌های بارز پلاستیک‌های معمولی
۱۲۸	۴-۱۲-۱ تخریب حرارتی
۱۳۲	۴-۱۲-۲ تخریب فتواکسیداتیو
۱۳۵	۴-۱۲-۳ اکسیداسیون اتمسفری و تخریب هیدرولیتیک
۱۳۷	۴-۱۲-۴ تخریب مکانیکی
۱۴۱	۴-۱۳ آسیب پذیری پلاستیک‌ها در مناطق دریایی مختلف

## فصل پنجم: میکروپلاستیک‌ها، استانداردسازی و توزیع مکانی آن در جهان

۱۴۶	۵-۱ میکروپلاستیک چیست؟
۱۴۸	۵-۲ تاریخچه‌ی میکروپلاستیک
۱۵۰	۵-۳ میکروپلاستیک‌های اولیه
۱۵۶	۵-۴ میکروپلاستیک‌های ثانویه
۱۵۸	۵-۵ قانونگذاری زباله‌های میکروپلاستیکی
۱۶۱	۵-۶ ویژگی‌های میکروپلاستیک
۱۶۴	۵-۶-۱ چگالی میکروپلاستیک‌ها
۱۶۹	۵-۷ میکروپلاستیک‌ها در دریاچه‌ها
۱۷۰	۵-۸ میکروپلاستیک در رودخانه و مصب رودها
۱۷۲	۵-۹ میکروپلاستیک موجود در آب‌های دریایی
۱۷۶	۵-۱۰ میکروپلاستیک‌ها در رسوبات دریایی و خطوط ساحلی
۱۷۸	۵-۱۱ هوازدگی میکروپلاستیک‌ها

## فصل ششم: اثر متقابل میکروپلاستیک‌ها و آلاینده‌های شیمیایی

- ۱-۶ آلاینده‌های آلی پایدار (POPs) ..... ۱۸۲
- ۲-۶ طبقه‌بندی آلاینده‌های آلی پایدار (POPs) ..... ۱۸۴
- ۳-۶ میکروپلاستیک‌ها به عنوان ناقلین آلاینده‌های شیمیایی ..... ۱۹۲
- ۴-۶ میکروپلاستیک‌های آلوده در محیط آبی ..... ۲۰۲
- ۵-۶ تاثیر شوری ..... ۲۱۱

## فصل هفتم: اثرات بیولوژیکی و تاثیرات میکروپلاستیک‌های آلوده

- ۱-۷ بلع میکروپلاستیک‌های آلوده ..... ۲۱۶
- ۲-۷ تاثیر رنگ بر مصرف میکروپلاستیک‌ها ..... ۲۳۴
- ۳-۷ جابجایی و انتقال تغذیه‌ای میکروپلاستیک‌ها ..... ۲۳۶
- ۴-۷ میکروپلاستیک به عنوان ناقلی برای میکروارگانیسم‌ها و گونه‌های مهاجم ..... ۲۳۷

## فصل هشتم: تکنیک‌های جمع‌آوری میکروپلاستیک‌ها

- ۱-۸ جمع‌آوری میکروپلاستیک‌ها از محیط ..... ۲۴۴
- ۲-۸ استانداردسازی تکنیک‌های جمع‌آوری ..... ۲۴۵
- ۳-۸ روش‌های نمونه‌برداری ..... ۲۴۶
- ۴-۸ نمونه‌برداری از محیط‌های آبی ..... ۲۵۰
- ۵-۸ نمونه‌برداری از ستون آب ..... ۲۵۸
- ۶-۸ نمونه‌برداری از رسوبات ..... ۲۶۲

## فصل نهم: روش‌های جداسازی میکروپلاستیک‌ها

- ۱-۹ جداسازی میکروپلاستیک‌ها از نمونه ..... ۲۷۶
- ۲-۹ تشخیص و تفکیک بصری ..... ۲۷۶
- ۳-۹ جداسازی بر اساس چگالی ..... ۲۸۱
- ۴-۹ خاک‌شست ..... ۲۹۰
- ۵-۹ شناورسازی با کف ..... ۲۹۲
- ۶-۹ نمونه‌های بیولوژیکی ..... ۲۹۳

۲۹۴ ..... ۹-۷ هضم شیمیایی و آنزیمی

## فصل دهم: تکنیک‌های شناسایی میکروپلاستیک‌ها

- ۲۹۸ ..... ۱۰-۱ شناسایی میکروپلاستیک‌ها
- ۲۹۸ ..... ۱۰-۲ پاک‌سازی نمونه
- ۳۰۰ ..... ۱۰-۳ شناسایی بصری
- ۳۰۰ ..... ۱۰-۴ معیارهای انتخابی برای شناسایی میکروپلاستیک‌ها
- ۳۰۱ ..... ۱۰-۵ سیستم اندازه‌گیری و رنگ بندی استاندارد برای دسته‌بندی میکروپلاستیک‌ها
- ۳۰۳ ..... ۱۰-۵-۱ روش کار سیستم اندازه‌گیری و رنگ بندی استاندارد (SCS)
- ۳۱۳ ..... ۱۰-۶ میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
- ۳۱۶ ..... ۱۰-۷ پیرولیز- گاز کروماتوگرافی- طیف‌سنج جرمی (Py-GC-MS)
- ۳۱۸ ..... ۱۰-۸ طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته‌ای (NMR)
- ۳۲۳ ..... ۱۰-۹ طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل- فوریه (FTIR)
- ۳۳۵ ..... ۱۰-۱۰ طیف مرجع طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل- فوریه (FTIR) برای مواد پلاستیکی
- ۳۳۹ .. ۱۰-۱۱ طیف‌سنجی نزدیک مادون قرمز (NIR) و طول موج کوتاه مادون قرمز (SWIR)
- ۳۴۰ ..... ۱۰-۱۲ طیف‌سنجی رامان
- ۳۴۵ ..... ۱۰-۱۳ طیف مرجع طیف‌سنجی رامان برای انواع مواد پلاستیکی
- ۳۵۰ ..... ۱۰-۱۴ آنالیزهای آتی

تقدیم به

انسانهایی که

به فردایی بهتر

می اندیشند.

## مقدمه ناشر

سپاس بیکران پروردگار را که به انسان قدرت اندیشیدن بخشید، قدرتی که در مقایسه با سایر موجودات باعث شده است که انسان هرگز به امکانات محدود خود اکتفا نکند. مکاتب الهی، انسان را موجودی کمال طلب و پویا می‌دانند که جهت‌گیری او به سوی خالقش می‌باشد. از جمله راههای تقرب به خداوند علم است، علمی که زیبایی عقل است. علمی که در دریای بیکران آن هر ذره نشانی از آفریدگار است و هر چه علم انسان افزون گردد، تقریبش بیشتر می‌شود. از این روست که به علم‌اندوزی و دانش‌آموزی توجهی بی‌نظیر مبذول گردیده است. اما علم‌آموزی به ابزاری نیاز دارد که مهمترین آن کتاب است و انتشار نتیجه مطالعات پژوهشگران و اندیشمندان پاسخگوی این نیاز خواهد بود.

جهت تحقق این امر و گام برداشتن در جهت ارتقای پایه‌های علم و دانش و رشد و شکوفایی استعدادها انتشار کتاب را یکی از اهداف خود قرار داده و انتظار داریم با حمایت‌های معنوی هموطنان گرامی بتوانیم گامهای مؤثر و ارزشمندی را برداریم. گرچه تلاش خواهد شد در حد دانش و تجربه اندکمان کارهایی بدون اشکال تقدیم حضورتان گردد، ولی اذعان داریم که راهنماییهای شما عزیزان می‌تواند ما را در ارتقای کیفی کتاب راهگشا باشد لذا همیشه منتظر پیشنهادات و راهنماییهای شما خواهیم بود.

در پایان از همه عزیزانی که در مراحل مختلف تهیه، تدوین و چاپ کتاب از همفکری و همکاری آنها برخوردار بوده‌ام به خصوص آقایان دکتر محمود علی‌محمدی و مهندس کمال‌الدین کریمیان (مترجمان) و مهندس علی‌محمد خانی (مدیر فروش) سپاسگزاری نموده و موفقیت روزافزونشان را آرزومندم.

مهدی خانی

مدیر مسئول انتشارات آوای قلم

## مقدمه مترجمان:

موضوع میکروپلاستیک‌ها به عنوان یک آلاینده‌ی نوظهور که مشتق از مصرف پلاستیک در جهان می‌باشد، در حال حاضر به یکی از بزرگترین چالش‌های بهداشتی و زیست محیطی جهان تبدیل شده است. در آخرین کارگاه اتحادیه جهانی تحقیقات آب (GWRC) Global Water Research Coalition در ماه ژوئن ۲۰۱۵، میکروپلاستیک‌ها به عنوان یکی از اولویت‌های پژوهشی، زیر نظر Water Technology Center رتبه‌بندی شده است. با توجه به اینکه منابع آب شیرین در سراسر دنیا رفته رفته در حال محدود شدن می‌باشد و در بعضی مناطق جهان دسترسی به آب سالم و بهداشتی به یک بحران تبدیل شده است، برای دسترسی به منابع پایدار آب شیرین، نیاز به مدیریت یکپارچه منابع، مدیریت بهبود کیفیت و ارزیابی مداوم کیفیت منابع آب در جهان از ضروریات می‌باشد. در بررسی‌های انجام شده در ایالات متحده آمریکا ۴۴ درصد از رودخانه‌ها و ۶۴ درصد از دریاچه‌های مورد بررسی دارای مشکلات بهداشتی ارزیابی شده‌اند. ۵۰ درصد از آب‌های سطحی در اروپا دارای کیفیت پایین و ۴۰ درصد از آن‌ها حاوی مواد شیمیایی و آلاینده‌های نوظهور هستند. لذا شناسایی، نظارت و کنترل مداوم این آلاینده‌ها باید در رأس فعالیت‌های زیست محیطی و بهداشتی قرار گیرد. کتاب "آلاینده‌های میکروپلاستیک" به طور نسبتاً کامل و اختصاصی به موضوع ریزپلاستیک‌ها پرداخته که شاید بتوان گفت در حال حاضر یکی از اولین و بهترین کتاب‌های موجود در این زمینه است. این کتاب که به بررسی دقیق، علمی و موشکافانه این موضوع پرداخته، می‌تواند ضمن آگاهی بخشیدن به خوانندگان، به دانشجویان و محققین این حوزه در شناسایی، تشخیص و طبقه‌بندی بهتر این آلاینده‌ی نوظهور در منابع مختلف محیط زیست، کمک شایانی برساند. امیدواریم توانسته باشیم با ترجمه این کتاب ضمن افزایش دانش در حوزه آلودگی مواد پلاستیکی، خصوصاً ریزپلاستیک‌ها، به درک بهتر در خصوص مشکلات آبی این آلاینده و جلب نظر محققین جهت بررسی وضعیت حضور این آلاینده و روش‌های مقابله با آن در کشور عزیزمان یاری برسانیم. در پایان از خداوند متان جهت بخشش این موهبت سپاسگزاریم و از همه‌ی عزیزانی که ما را یاری نمودند صمیمانه قدردانی می‌کنیم.

مترجمان