

آلاینده‌های نوظهور؛ شناسایی و اثرات آن‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست

کیما عبائی

دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه تهران

kimiaabaei@ut.ac.ir

چکیده

آلاینده‌های نوظهور به عنوان مواد شیمیایی مصنوعی و یا طبیعی تعریف می‌شوند که معمولاً در محیط پایش نمی‌شوند، پتانسیل ورود به محیط را دارند و اثرات نامطلوب بر سلامت جامعه و محیط زیست دارند. منابع و مسیرهای مختلف شهری، کشاورزی و صنعتی می‌توانند سبب بروز این آلاینده‌ها شوند. همه روزه تعدادی از این آلاینده‌ها شناسایی می‌گردد و این در حالیست که هیچ نوع استاندارد و روش‌های تجزیه و تحلیل آن‌ها در مدیریت و نظارت یکپارچه منابع، تعریف نشده است. حضور این دسته از ترکیبات باعث آلودگی منابع آبی شده است. اگرچه این آلاینده‌ها مدت زیادی در محیط وجود داشته اما تأثیرات مخرب آن‌ها اکنون مشخص گردیده است. این آلاینده‌ها به طور مداوم چالش‌های نوظهور و فوری را برای خاک، آب، هوا، حیوانات و گیاهان و اکوسیستم‌ها، به ویژه سلامت انسان ایجاد می‌کنند. مطالعه مروری حاضر به بررسی مفهوم آلاینده‌های نوظهور، طبقه‌بندی و شناسایی برخی از گروه‌های آلاینده‌های نوظهور، منابع به وجود آورنده و اثرات آن‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست می‌پردازد.

کلمات کلیدی: آلاینده‌های نوظهور، آلودگی منابع آبی، سلامت انسان و محیط زیست

مقدمه

پیدایش واژه "نوظهور" را شاید بتوان به کتاب بهار خاموش خانم راشل کارسون که در سال ۱۹۶۲ منتشر گردید نسبت داد. او نشان داد که استفاده گسترده از دی‌کلرودی‌فنیل‌تری‌کلرواتان^۱ که به DDT شناخته شده است، برای از بین بردن پشه‌ها و سایر آفات منجر به مرگ و نابود شدن بسیاری از پرندگان شده است. کارسون در آن زمان به شدت مورد انتقاد قرار گرفت؛ زیرا استفاده جامعه از آفت‌کش‌ها را به چالش کشاند. این اثبات به حقیقت پیوست و DDT بعدها ممنوع شد و این کتاب نمونه خوبی است که چگونه آفت‌کش‌ها و مواد شیمیایی به طور کلی می‌توانند مشکل‌ساز باشند (Saue & Desrosiers, ۲۰۱۴). کارسون به تأثیرات منفی جدی محیط زیستی ناشی از استفاده نادرست از آفت‌کش‌هایی مانند DDT هشدار داد، همان سمومی که از سال ۱۹۷۲ در ایالات متحده برای کاربردهای زراعی ممنوع شد. امروزه واژه آلاینده نوظهور بیشترین کاربرد را برای اشاره به انواع ترکیبات شیمیایی دارد که از طریق هر گونه فعالیت انسانی وارد محیط زیست شده و اثرات مضر آن‌ها بر سلامت جامعه و محیط زیست نگران‌کننده است. با این حال، اصطلاح EC^۲ همانطور که امروزه شناخته می‌شود، در آغاز برای ترکیبات از هر ماهیتی که اخیراً در محیط یافت شده است، ابداع شد (Ramírez-Malule et al., ۲۰۲۰). آلاینده‌های نوظهور مواد شیمیایی با منشأ مصنوعی و یا طبیعی هستند که اخیراً

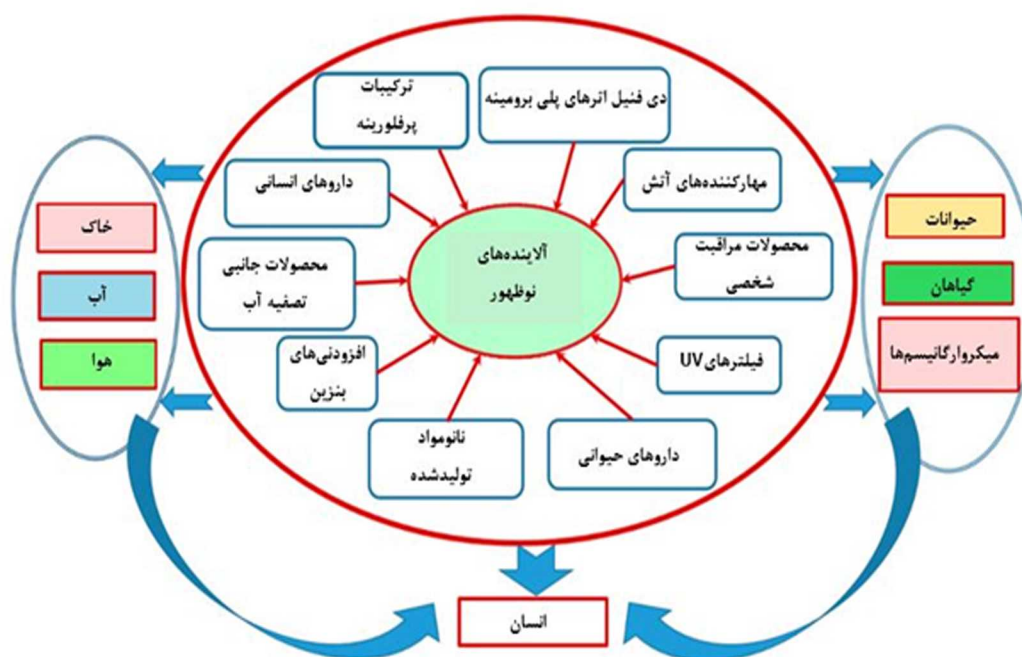
^۱ Dichlorodiphenyltrichloroethane
^۲ Emerging contaminants

کشف شده و هنوز استانداردهای لازم برای مواجه شدن با آنها وضع نشده است (Naidu et al., ۲۰۱۶). در واقع قوانین و مقررات لازم در به کارگیری آلاینده‌های نوظهور و مقادیر حضور آنها در محیط‌های آبی و منابع مختلف هنوز تعریف نشده است (صدری مقدم و کرامت‌زاده، ۱۴۰۱). این آلاینده‌ها در حال حاضر در برنامه‌های پایش معمول گنجانده نشده‌اند و سرنوشت، رفتار و اثرات زیست سمی شناختی آن‌ها اغلب به خوبی شناخته نشده است (Geissen et al., ۲۰۱۵).

انواع آلاینده‌های نوظهور

طبق پایگاه داده نورمن، بیش از ۷۰۰ ترکیب در ۲۰ کلاس آلاینده‌های نوظهور در محیط‌های آبی اروپا شناسایی شده‌اند (Dulio et al., ۲۰۱۸). به طور کلی، آلاینده‌های نوظهور عمدتاً شامل آلاینده‌های آلی دارویی، محصولات مراقبت شخصی (PCPs)^۳، مواد مختل کننده غدد درون ریز (EDCs)^۴، مواد فعال سطحی، آفت کش‌ها، مهارکننده‌های شعله/آتش، مواد افزودنی در بنزین، میکروپلاستیک‌ها و غیره می‌باشند (عسگری لجایر و همکاران، ۱۳۹۷).

وجود آلاینده‌های نوظهور در محیط زیست نتیجه گسترش شهرنشینی، توسعه صنعت، فعالیت مراقبت‌های بهداشتی برای حمایت از رفاه انسان، کشاورزی و حمل و نقل است و شامل طیف گسترده‌ای از مواد تولید شده توسط انسان است که برای جامعه مدرن ضروری تلقی می‌شود. در مطالعه Vasliachi و همکاران در سال ۲۰۲۱، برخی از آلاینده‌های نوظهور مطابق شکل ۱ مورد شناسایی قرار گرفتند.



شکل ۱- طبقه‌بندی آلاینده‌های نوظهور که بر خاک، هوا، آب، حیوانات، گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و انسان تأثیر می‌گذارند (Vasliachi et al., ۲۰۲۱).

• داروسازی

بسیاری از محصولات دارویی، هورمون‌ها و آنتی‌بیوتیک‌ها به‌طور گسترده در محیط‌های آبی، آب‌های سطحی و زیرزمینی شناسایی می‌شوند و اثرات نامطلوبی بر انسان، طیور، دام و پرورش ماهی و غیره می‌گذارند (Mahmood et al., ۲۰۲۲). چهار دسته اصلی داروهای ضدالتهابی غیراستروئیدی، ضد تشنج‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها و تنظیم‌کننده‌های چربی، عمدتاً در آب یافت می‌شوند و برای انسان و حیوانات استفاده می‌شوند (صدری

^۳ Personal care products

^۴ Endocrine disruption chemicals

مقدم و کرامت‌زاده، ۱۴۰۱).

• محصولات مراقبت شخصی

این مواد شیمیایی در محصولات روزمره مانند صابون، لوسیون، خمیردندان، عطرها، لوازم آرایشی و کرم‌های ضد آفتاب استفاده می‌شوند؛ بنابراین نگرانی‌های قابل توجهی را به عنوان یکی از مهمترین گروه‌های آلاینده‌های نوظهور بوجود آورده‌اند. این مواد از نظر محیط‌زیستی پایدار بوده و به طور بالقوه قادر به تجمع زیستی^۵ هستند (Mahmood et al., ۲۰۲۲). استفاده از گالاکسولید (HHCb) و تونالید (AHTN) به عنوان عطر در محصولات مراقبت شخصی و آرایشی، استفاده از فیلترهای UV برای محافظت از پوست در برابر آسیب ناشی از اشعه ماوراء بنفش، استفاده از پارابن‌ها در محصولات آرایشی و دارویی که در غلظت‌های نسبتاً بالایی در فاضلاب شهری و بیمارستانی وارد می‌شوند و استفاده از تریکلوزان (TCS) به عنوان نگهدارنده در محصولات بهداشتی، محتمل‌ترین آلاینده‌های نوظهور در محصولات مراقبت شخصی شناخته شده‌اند (محمدیاری و همکاران، ۱۴۰۰).

• مواد فعال سطحی

کاربرد استفاده از این مواد در پوشش ظروف آشپزی، بسته بندی مواد غذایی، رنگ‌ها و کف‌های ضد حریق می‌باشد. حضور این ترکیبات در پساب‌ها و آب‌های سطحی به دلیل پایداری زیاد آن‌ها در محیط زیست نگران کننده می‌باشد (ساری مطلق و داوری، ۱۳۹۹).

• آفت کش‌ها

آفت کش‌ها به عنوان قارچ کش‌ها، علف کش‌ها، باکتری کش‌ها و حشره کش‌ها طبقه بندی می‌شوند، اغلب در آب‌های زیرزمینی شناسایی می‌شوند که دارای سمیت بالا و از نظر بیولوژیکی فعال هستند و ممکن است بسته به حلالیت، واکنش پذیری و ویژگی‌های خاک و محیط، در انسان و گیاهان یا رسوبات تجمع زیستی پیدا کنند (N et al., ۲۰۲۰). از میان این آلاینده‌ها، دی کلرودی فنیل تری کلرواتان و هگزا کلروسیکلواگزان در مقایسه با سایر ترکیبات (دیازینون، آترازین، بنتازون و غیره) به عنوان آفت کش‌های رایج شناخته شده‌اند (Mahmood et al., ۲۰۲۲).

• مهارکننده‌های شعله/آتش

ترکیبات محلول در آب هستند و به منظور کاهش اشتعال پذیری در محصولات استفاده می‌شوند، اثر نامطلوب بالقوه‌ای بر رشد و تولید مثل موجودات می‌گذارند (Sanganyado & Kajau, ۲۰۲۲). به دلیل پایداری، سمیت بالا و تجمع زیستی این ترکیبات، تجمع آن‌ها باعث نگرانی‌های زیادی شده است (ساری مطلق و داوری، ۱۳۹۹). مواد تشکیل دهنده آن‌ها پرفلوئورو کتان سولفانات و اسید پرفلوئورو کتانوئیک می‌باشند که در پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب و آب‌های سطحی یافت می‌شوند (Stuart & Lapworth, ۲۰۱۳).

• محصولات جانبی تصفیه آب

واکنش‌های صورت گرفته در هنگام کلرزنی آب و استفاده از محصولات ضد عفونی باعث ایجاد آلاینده‌هایی می‌شود. از آلاینده‌های آب آشامیدنی که در حین کلرزنی آب ایجاد شده است می‌توان نیتروسدیم اتیل آمین^۶ را نام برد (ساری مطلق و داوری، ۱۳۹۹).

^۵ Bioaccumulation
^۶ Nitrosodimethylamine

• ترکیبات پرفلورینه (PFCs)

PFCsها یک گروه بزرگ از ترکیبات هستند که مشخصه اصلی آنها یک زنجیره کربن خطی آب گریز کاملاً فلورینه شده متصل به یا چند سر آبدوست است، هم آب و هم روغن را پس می‌زنند؛ به همین خاطر برای پوشش‌های سطحی ایده آل هستند. کاربرد استفاده از این ترکیبات در ضد لک‌ها (مثل تفلون)، در پارچه‌ها، رنگ‌ها، موم‌ها، پولیش‌ها، لوازم برقی، چسب‌ها و بسته بندی غذا می‌باشند. استفاده و دفع ترکیبات پرفلورینه منجر به شیوع گسترده این مواد شیمیایی در محیط زیست شده است (چراغعلی پور و همکاران، ۱۳۹۲).

• نانوموادها

سمیت نانوموادها و نحوه انتقال آنها به محیط زیست باعث نگرانی‌های زیادی شده است که این مواد از طریق پساب فاضلاب به منابع آبی منتقل می‌شوند. کامپوزیت‌ها، اکسیدهای فلزی و دنریمرها انواع مختلفی از نانوموادها می‌باشند (Naidu et al., ۲۰۱۶).

• میکرو/نانوپلاستیک‌ها

میکروپلاستیک‌ها، قطعات پلاستیکی با قطر کمتر از ۵ میلی متر هستند. از بزرگترین منابعی که در معرض خطر آلودگی با میکروپلاستیک‌ها قرار دارند، منابع آبی و دریایی هستند (Ricciardi et al., ۲۰۲۱). اندازه نانوپلاستیک‌ها هنوز مورد بحث است. برخی نانوپلاستیک‌ها را ذراتی با اندازه ۱ تا ۱۰۰ نانومتر پیشنهاد می‌دهند در حالیکه، طیف وسیعی از مطالعات اندازه این ذرات را ۱ تا ۱۰۰۰ نانومتر در نظر گرفتند. در بین آلاینده‌های پلاستیکی، بیش از ۹۰ درصد مطالعات مربوط به میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی است (فتوت و همکاران، ۱۴۰۰). میکروپلاستیک‌ها می‌توانند در زنجیره غذایی حرکت کنند و در شکارچیان بالاتر و انسان‌ها تجمع یابند و به عنوان حامل‌هایی برای انتقال سموم دیگر مانند مواد شیمیایی، همچون هیدروکربن‌های معطر چند حلقه‌ای (PAHs)، دی‌فنیل‌اترهای پلی برومینه (PBDE) و فلزات سنگین عمل کنند (Kyriakopoulos et al., ۲۰۲۲).

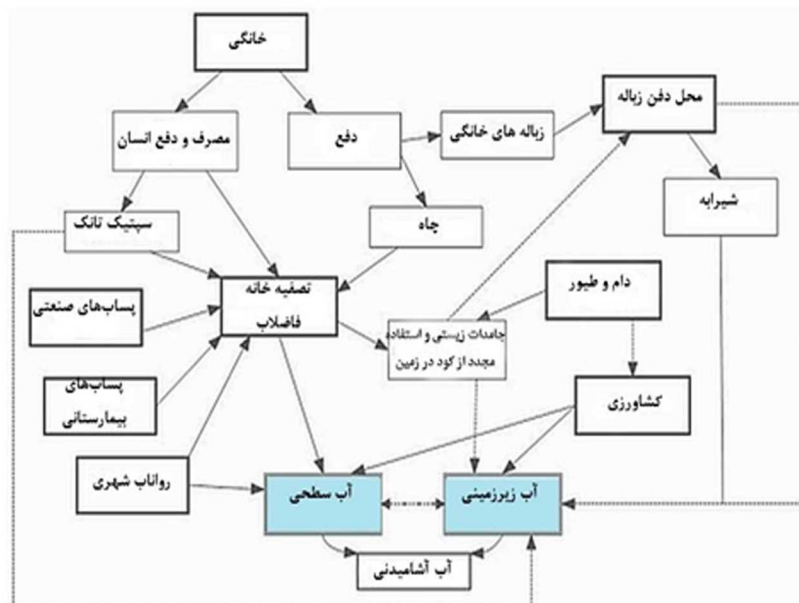
• افزودنی‌های بنزین

بنزین شامل بیش از پانصد جزء مانند مواد سرطان‌زا شناخته شده یا مشکوک به بنزن، ۱،۳ بوتادین و متیل ترشیو بوتیل اتر یا MTBE می‌باشد. MTBE افزودنی مورد استفاده در بنزین است که استفاده از آن به دلیل آلودگی آب‌های زیرزمینی بحث‌برانگیز است. این ترکیب می‌تواند با آلوده کردن آب‌های سطحی و زیرزمینی، منابع آب آشامیدنی را به طور جدی تهدید کند. MTBE به دلیل ساختار و ویژگی‌های خاص خود عمر طولانی در آب‌های زیرزمینی دارد و به سختی تجزیه می‌شود (Lei et al., ۲۰۱۵).

منابع و مسیرهای آلاینده‌های نوظهور

آلاینده‌های نوظهور در آب‌های سطحی و زیرزمینی شناسایی شده‌اند. غلظت آنها در آب‌های سطحی معمولاً کمتر از غلظت‌هایی است که مستقیماً در خروجی فاضلاب و تصفیه خانه‌های فاضلاب اندازه گیری می‌شوند. حضور، توزیع و سرنوشت آلاینده‌های مختلف نوظهور در محیط و اکوسیستم‌های آبی تحت تأثیر عوامل بسیاری قرار دارد. پارامترهای فیزیکوشیمیایی از جمله حلالیت در آب، قطبیت، فراریت و همچنین پارامترهای محیطی مانند دما، pH، محتوای مواد آلی، بارش و ارتفاع از سطح دریا در میان سایر موارد، نقش مهمی در انتقال آلاینده‌های نوظهور دارند. منابع آلودگی

به دو دسته نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای تقسیم بندی می‌شوند: منابع آلودگی نقطه‌ای به منابعی گفته می‌شود که از یک محل مشخص و قابل شناسایی وارد محیط پذیرنده می‌شود در حالیکه منابع آلودگی غیرنقطه‌ای در سطح وسیع و غیرمتمرکز منتشر شده و محل ورود مشخص و قابل شناسایی به محیط پذیرنده ندارد. شناسایی منابع آلودگی غیرنقطه‌ای دشوارتر است؛ زیرا در نواحی وسیع تری گسترش یافته‌اند. در مقایسه با منابع نقطه‌ای، منابع غیرنقطه‌ای معمولاً بارهای کمتری از آلاینده‌ها را به محیط تخلیه می‌کنند. در شکل ۲ منابع و مسیرهای آلاینده‌های نوظهور در محیط نشان داده شده است (Stefanakis & Becker, ۲۰۱۶). وقوع آلاینده‌های نوظهور می‌تواند ناشی از آلودگی نقطه‌ای (عمدتاً شهری و صنعتی) یا غیر نقطه‌ای (کشاورزی) باشد (Geissen et al., ۲۰۱۵). نمونه‌هایی از منابع آلودگی نقطه‌ای شامل پساب عملیات صنعتی، شهری، آبی‌پروری، معدن و تغذیه متمرکز حیوانات می‌باشند که اغلب منجر به تخلیه مستقیم آلاینده‌های نوظهور در سیستم‌های آبی می‌شوند و نمونه‌هایی از منابع آلودگی غیرنقطه‌ای شامل رواناب کشاورزی، نشت و شیرابه محل‌های دفن زباله می‌باشند (Sanganyado & Kajau, ۲۰۲۲). آلاینده‌های نوظهور از طریق سرریز فاضلاب‌ها، دفع فضولات حیوانی، رواناب‌های حاصل از زمین‌های کشاورزی و پساب‌های سپتیک تانک وارد محیط زیست می‌شوند. راه‌های مختلف دیگری که از طریق آن، این آلاینده‌ها وارد محیط می‌شوند شامل استفاده خانگی از مواد پاک‌کننده، دفع محصولات مراقبت شخصی، داروهای استفاده نشده در سیستم فاضلاب یا مخزن سپتیک خانگی می‌باشند (صدری مقدم و کرامت‌زاده، ۱۴۰۱).

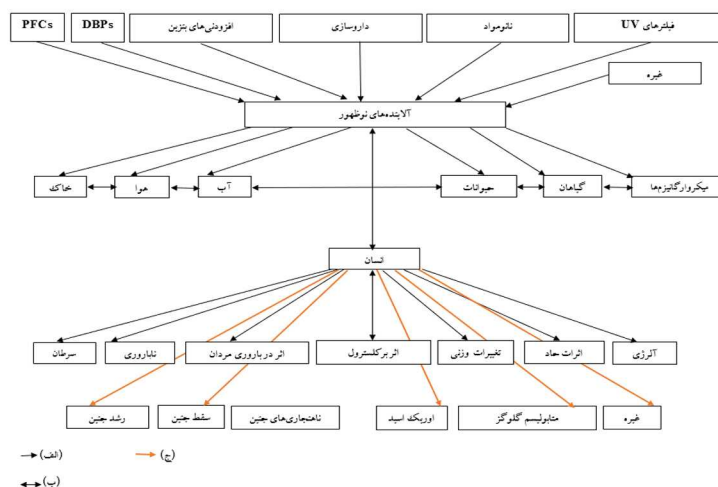


شکل ۲- منابع و مسیرهای آلاینده‌های نوظهور در محیط (Stefanakis & Becker, ۲۰۱۶)

اثرات آلاینده‌های نوظهور بر سلامت انسان و محیط زیست

این آلاینده‌ها دارای خواص مختلف و متفاوتی از یکدیگر می‌باشند. برخی از آنها دارای پتانسیل آسیب رساندن در مقدار غلظت‌های کم می‌باشند اما بیشتر این مواد چربی دوست هستند که منجر به تجمع زیستی بالا می‌شود (صدری مقدم و کرامت‌زاده، ۱۴۰۱). انباشت آلاینده‌های نوظهور در آب باعث پراکندگی گسترده این ترکیبات در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و رسوبات می‌شوند.

با ورود تعدادی از آن‌ها در خاک و رسوبات، می‌توانند در آنجا تجمع یابند و در انجام نقش‌های کلیدی سایر اکوسیستم‌ها اختلال ایجاد کنند. با جذب آلاینده‌ها توسط گیاهان زراعی و سبزی‌ها پیامدهای زیانبار مستقیمی بر زنجیره غذایی انسان دارد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۵). دسته‌ای از آلاینده‌های نوظهور مانند آفت‌کش‌ها سبب افزایش انواع حساسیت‌های مختلف در انسان‌ها می‌شوند و اثرات جهش‌زا و نوروکسیک دارند و موجب نوسانات آب و هوایی در محیط زیست می‌گردند. وجود مواد فعال سطحی در محیط زیست، خواص سطحی و ویژگی‌های مایعات را تحت تاثیر قرار می‌دهد و با مواد شیمیایی موجود در محیط وارد واکنش می‌شوند و باعث مختل شدن آرایش غدد درون‌ریز موجودات زنده می‌شود (صدری‌مقدم و کرامت‌زاده، ۱۴۰۱). اثرات نامطلوب آلاینده‌های نوظهور به طور گسترده گزارش شده است که حتی مقدار کمی از این آلاینده‌ها اثرات منفی همچون سمیت مزمن و اختلال غدد درون‌ریز در انسان و حیوانات را ایجاد می‌کند. مسیر اصلی تماس انسان با مواد شیمیایی مختل‌کننده غدد درون‌ریز (EDCs)، مصرف غذاها و نوشیدنی‌های مرتبط با خاک، آب و میکروارگانیسم‌های آلوده است که منجر به تجمع زیستی در بدن انسان می‌شود (Mahmood et al., ۲۰۲۲). هورمون‌ها که در دسته مواد مختل‌کننده غدد درون‌ریز قرار می‌گیرند، تعدادی از آن‌ها در غلظت‌های پایین می‌توانند اثرات استروژنی در ماهی ایجاد کنند. هم‌چنین این اثرات شامل تغییرات در خصوصیات جنسی و نسبت جنسی ماهی‌ها است. محصولات زیبایی و مراقبتی به دلیل داشتن تریکلوزان باعث ایجاد اختلالات هورمونی در انسان می‌شود. تریکلوزان به تجمع فیتوپلانکتون‌ها در آب‌های شیرین در غلظت‌های خاص در محیط آسیب می‌رساند (Arman et al., ۲۰۲۱). وجود آنتی‌بیوتیک‌ها در پساب‌های فاضلاب تصفیه شده و محیط‌های آبی ممکن است مقاومت میکروارگانیسم‌ها را افزایش دهند و تاثیر قابل توجهی بر اکوسیستم‌های میکروبی داشته باشند. آن‌ها می‌توانند با ساختار جامعه میکروبی تداخل داشته باشند و از این طریق بر جمعیت میکروبی و عملکرد اکوسیستم‌ها تاثیر بگذارند. در شکل ۳، فلش (الف) تعدادی از آلاینده‌های نوظهور شامل ترکیبات پرفلورینه (PFCs)، محصولات جانبی ضد عفونی آب (DBPs)، افزودنی‌های بنزین، نانومواد، داروهای انسانی و حیوانی، فیلترهای UV و سایر آلاینده‌ها معرفی شده است، آلاینده‌های نوظهور بر خاک، هوا، آب، حیوانات، گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و انسان تاثیر می‌گذارد. فلش (ب)، نشان دهنده تعاملات بین خاک، هوا، آب، حیوانات، گیاهان، میکروارگانیسم‌ها، انسان و آلاینده‌های نوظهور است. فلش (ج)، نشان دهنده اثرات نامطلوب انسان در مواجهه با آلاینده‌های نوظهور است (Lei et al., ۲۰۱۵).



شکل ۲- اثرات آلاینده‌های نوظهور بر سلامت انسان (Lei et al., ۲۰۱۵)

نتیجه گیری

آلاینده‌های نوظهور بسیار متنوع و در انواع گوناگون با ویژگی‌های مختلفی می‌باشند و موجب عدم آشنایی پژوهشگران با ترکیبات شیمیایی آن‌ها شده‌اند که هنوز استانداردهای لازم برای مواجهه شدن با آن‌ها وضع نشده است. به عبارت دیگر گروه متنوعی از ترکیبات شیمیایی پایش نشده هستند که باعث آلودگی منابع آبی می‌شوند. بیش از ۷۰۰ ترکیب از آلاینده‌های نوظهور در ۲۰ کلاس طبقه بندی شده‌اند؛ در این مطالعه تعدادی از انواع آن‌ها شناسایی شد. منابع و مسیرهای این آلاینده‌ها به دو دسته نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای طبقه بندی می‌شوند. وقوع آن‌ها می‌تواند ناشی از آلودگی نقطه‌ای (عمدتاً شهری و صنعتی) یا غیر نقطه‌ای (کشاورزی) باشد. بر اساس بررسی‌ها و مطالعات فعلی، دسته‌ای از آلاینده‌های نوظهور مشکوک به جهش زایی برای انسان و سایر حیوانات هستند. تماس انسان و موجودات با مواد مختل کننده غدد درون ریز، منجر به تجمع زیستی می‌شود. آلاینده‌ها می‌توانند در محیط باقی بمانند و حتی با ترکیب با آلاینده‌های دیگر، منشا جدیدی از آلاینده‌ها را بوجود آورند. از سوی دیگر منجر به نوسانات آب و هوایی در محیط زیست شوند، بر عملکرد سایر اکوسیستم‌ها اثر بگذارند و یا با مواد شیمیایی موجود در محیط وارد واکنش شوند. انباشت آن‌ها در آب باعث پراکندگی گسترده این ترکیبات در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و رسوبات می‌شوند. با ورود تعدادی از آن‌ها در خاک و رسوبات، می‌توانند در آنجا تجمع یابند و در انجام نقش‌های کلیدی سایر اکوسیستم‌ها اختلال ایجاد کنند. با جذب آلاینده‌ها توسط گیاهان زراعی و سبزی‌ها پیامدهای زیانبار مستقیمی بر زنجیره غذایی انسان دارد اما سرنوشت دقیق و اثرات نامطلوب آن‌ها در محیط زیست همچنان محدود و پراکنده است و نیاز به مطالعه و دانش بیشتر دارد. به طور کلی نتایج این مرور نشان می‌دهد با افزایش مصرف انواع داروها، آنتی‌بیوتیک‌ها و لوازم آرایشی و بهداشتی با رشد جمعیت باعث انتشار آلاینده‌های نوظهور می‌شود. تخمین خطر برای هر یک از هزاران ترکیبات شیمیایی که در آب‌ها کشف شده‌اند، عملاً غیرممکن است، بنابراین، باید تمرکز بر آن دسته از موادی باشد که به خاطر اثرات مضر خود شناخته شده‌اند تا ارزیابی دقیق‌تری از خطرات آن‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست امکان پذیر باشد.

منابع

- چراغعلی پور، حمزه، فروغ شیری و ندا اسدی زاده. ۱۳۹۲. مروری بر آلاینده‌های نوظهور در مواد غذایی. همایش ملی آلاینده‌های کشاورزی و سلامت غذایی، چالش‌ها و راهکارها زیست فناوری و امنیت غذایی
- ساری مطلق، علی، کامران داوری. ۱۳۹۹. آلاینده‌های نوظهور در آب زیرزمینی و منابع آن‌ها. هشتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، مشهد، ۲۷ بهمن.
- صدری مقدم، شبنم، مزده کرامت‌زاده. ۱۴۰۱. شناسایی و آنالیز آلاینده‌های نوظهور در آب و حذف آن‌ها به روش جذب. هشتمین کنگره سالانه بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران، ۱۶ اسفند.
- عسگری لجایر، بهنام، ابراهیم مقیسه، محمدرضا فرشچیان اسماعیلی، محمدعلی عابدپور، نفیسه باقریان آژیری. ۱۳۹۷. بررسی پتانسیل فناوری‌های نوین زیستی در حذف آلاینده‌های نوظهور از فاضلاب. نشریه آب و توسعه پایدار، سال پنجم، شماره ۲: ۱۱-۲۴.
- فتوت، امیر، سمانه عبدالرحیمی، زهرا چوبینه. ۱۴۰۰. میکرو/نانوپلاستیک‌ها، آلاینده‌های نوظهور در خاک. هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه تجدید حیات حکیمانه خاک و حکمروائی حکیمانه آب، کرج، ۲۶ مهر.
- محمدیاری، سهیلا، علیرضا ایمانلو، اصغر ریاضتی، سارانیک مرام و لیلا شفیعی کلپیر. ۱۴۰۰. بررسی محصولات

آرایشی و بهداشتی به عنوان آلاینده‌های نوظهور در منابع آبی. اولین همایش ملی مدیریت کیفیت آب و سومین همایش ملی مدیریت مصرف آب با رویکرد کاهش هدررفت و بازیافت، دانشگاه تهران، ۹-۱۱ آذر

یوسفی، حسین، لیلی امینی و امیرحسین میرآبادی. ۱۳۹۵. آلاینده‌های نوظهور در محیط زیست: چالشی برای مدیریت منابع آب. دومین کنفرانس علوم، مهندسی و فناوری‌های محیط زیست، تهران، ۵ خرداد.

Arman, N. Z., Salmiati, S., Aris, A., Salim, M. R., Nazifa, T. H., Muhamad, M. S., & Marpongahtun, M. (۲۰۲۱). A review on emerging pollutants in the water environment: Existences, health effects and treatment processes. *Water*, ۱۳(۲۲), ۳۲۵۸

Dulio, V., van Bavel, B., Brorström-Lundén, E., Harmsen, J., Hollender, J., Schlabach, M., ... & Koschorreck, J. (۲۰۱۸). Emerging pollutants in the EU: ۱۰ years of NORMAN in support of environmental policies and regulations. *Environmental Sciences Europe*, ۳۰(۱), ۱-۱۳

Geissen, V., Mol, H., Klumpp, E., Umlauf, G., Nadal, M., van der Ploeg, M., ... & Ritsema, C. J. (۲۰۱۵). Emerging pollutants in the environment: a challenge for water resource management. *International soil and water conservation research*, ۳(۱), ۵۷-۶۵

Kyriakopoulos, G. L., Zamparas, M. G., & Kapsalis, V. C. (۲۰۲۲). Investigating the human impacts and the environmental consequences of microplastics disposal into water resources. *Sustainability*, ۱۴(۲), ۸۲۸

Lei, M., Zhang, L., Lei, J., Zong, L., Li, J., Wu, Z., & Wang, Z. (۲۰۱۵). Overview of emerging contaminants and associated human health effects. *BioMed research international*, ۲۰۱۵

Mahmood, T., Momin, S., Ali, R., Naeem, A., & Khan, A. (۲۰۲۲). Technologies for removal of emerging contaminants from wastewater. *Wastewater Treatment*

Naidu, R., Espana, V. A. A., Liu, Y., & Jit, J. (۲۰۱۶). Emerging contaminants in the environment: Risk-based analysis for better management. *Chemosphere*, ۱۵۴, ۳۵۰-۳۵۷

Patel, N., Khan, M. D., Shahane, S., Rai, D., Chauhan, D., Kant, C., & Chaudhary, V. K. (۲۰۲۰). Emerging pollutants in aquatic environment: source, effect, and challenges in biomonitoring and bioremediation

Ramírez-Malule, H., Quinones-Murillo, D. H., & Manotas-Duque, D. (۲۰۲۰). Emerging contaminants as global environmental hazards. A bibliometric analysis. *Emerging contaminants*, ۶, ۱۷۹-۱۹۳

Ricciardi, M., Pironti, C., Motta, O., Miele, Y., Proto, A., & Montano, L. (۲۰۲۱). Microplastics in the aquatic environment: occurrence, persistence, analysis, and human exposure. *Water*, ۱۳(۷), ۹۷۳

Sanganyado, E. and Kajau, T.A., ۲۰۲۲. The fate of emerging pollutants in aquatic