

بررسی اثرات میکروپلاستیک‌ها بر فعالیت‌های تنظیم بیان ژن‌ها در آبزیان

عسل بهزادی پور^۱، زهرا خوشنود^{۲*}

۱، ۲. گروه زیست‌شناسی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

* مسئول مکاتبات: Zkhoshnood@gmail.com

چکیده

با توجه به روند رو به افزایش استفاده از میکروپلاستیک‌ها، نگرانی‌هایی در خصوص اثرات سمی این مواد در محیط زیست ایجاد شده است. بدین منظور در پژوهش حاضر، به بررسی اثرات میکروپلاستیک‌ها بر فعالیت‌های تنظیم بیان ژن‌ها پرداخته شده است. میکروپلاستیک‌ها ذرات کوچکتر از ۵ میلی‌متر از جنس پلاستیک هستند، این ذرات می‌توانند به عنوان بستری برای تجمع آلاینده‌ها عمل کنند که حضور این مواد در محیط‌های آبی به علت مصرف رو به رشد پلاستیک‌ها تبدیل به نگرانی جدی پژوهشگران شده است. نتایج نشان داد که پارامترهای بیوشیمیایی مرتبط با قابلیت آنتی اکسیدانی و آسیب‌های کبدی می‌تواند شاخص مناسبی برای بررسی تاثیر میکروپلاستیک پلی استایرن در سطوح تحت کشنده در ماهیان باشد.

واژگان کلیدی: میکروپلاستیک، آبزیان، تنظیم بیان ژن‌ها، فعالیت‌ها.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، میکروپلاستیک‌ها به عنوان آلاینده‌ی نوظهور شناخته شده‌اند و نگرانی‌های گسترده‌ای در مورد اثرات سمی بالقوه آن‌ها وجود دارد. این مواد به دلیل اندازه کوچک و تجزیه زیستی پایین، توسط موجودات زنده مصرف می‌شوند و برای مدت طولانی در بدن تجمع و از طریق زنجیره غذایی انتقال یافته و سلامت محیط زیست را تهدید می‌کنند. تولید پلاستیک‌ها در سطح دنیا رو به رشد بوده به نحوی که در سال ۲۰۱۷ به ۳۵۰ میلیون تن رسید. استفاده از پلاستیک‌ها تقریباً تمام بخش‌های زندگی امروزی، از جمله بسته‌بندی، ساخت و ساز، خودروسازی، لوازم الکترونیکی، صنعت کشاورزی و سایر موارد را در برمی‌گیرد. پلاستیک‌ها باعث آلودگی هوا (در اثر سوزاندن)، آلودگی سیستم‌های آب شیرین، اکوسیستم دریایی و زیستگاه‌های زمینی می‌شوند. افزایش جمعیت، گسترش صنعت ماهیگیری، گسترش فعالیت‌های تفریحی مرتبط با دریاها، فعالیت‌های صنعتی، کشتی‌های تجاری و افزایش مهاجرت به نواحی ساحلی، اثر قابل توجهی در ورود پسماندهای پلاستیکی به دریاها و اقیانوس‌ها داشته است. پلاستیک‌ها بر اثر عوامل مختلف تخریب شده و به تکه‌هایی به نام میکروپلاستیک و مزوپلاستیک تبدیل می‌شوند (لیاقی، ۱۴۰۰). با توجه به این موارد و لزوم توجه به میکروپلاستیک‌ها به عنوان یک مبحث جدی در حفاظت محیط زیست و بهداشت عمومی، هدف اصلی این مطالعه بررسی اثرات میکروپلاستیک‌ها بر فعالیت‌های تنظیم بیان ژن‌ها در آبزیان می‌باشد. انسان‌ها اولین بار از پلیمر در حدود ۱۶۰۰ سال پیش از میلاد مسیح وقتی که مردم آمریکایی مرکزی از لاستیک طبیعی در توپ‌ها و بندها استفاده کردند، بهره بردند. در همین سال‌ها نیاز انسان به پلاستیک و لاستیک طبیعی افزایش یافت. در قرن نوزدهم پیشرفت ترموپلاستیک‌های مدرن آغاز شد در سال ۱۸۳۹ ادوارد سایمون پلی استایرن PS را کشف کرد پیشرفت انسان در قرن نوزدهم در سنتز و کشف پلیمرهای طبیعی به کشف پلی وینیل کلرید یا PVC که بسیار کاربردی بوده و به عنوان مثال در صنعت لباس مورد استفاده قرار گرفت. در پنجاه سال اول قرن بیستم سنتز حداقل ۱۵ دسته از پلیمرها آغاز شد که از ترموپلاستیک‌ها امروزه به پلاستیک‌های تجزیه پذیر رسیده است (زیوری، ۱۳۹۹). کلمه پلاستیک اولین بار در دهه‌ی ۱۶۳۰ میلادی برای توصیف ماده‌ای که توانایی شکل‌گیری داشت، مورد استفاده قرار گرفت. این عبارت از کلمه‌ای در یونان قدیم (plastikos) که به موادی که برای مدل‌گیری مناسب هستند و کلمه لاتین (plasticus) که برای شکل‌گیری و مدل‌گیری مناسب هستند شکل گرفته است که به معنای مدرن امروزی اولین بار توسط لئو هدریک بکلند در سال ۱۹۰۹ استفاده شد. تمامی پلاستیک‌ها از لوله‌های پلاستیکی تا کیسه‌های پلاستیکی از زنجیره‌های مولکولی عظیم به نام ماکرومولکول‌ها شکل گرفتند. که ماکرومولکول‌ها از اتصال تعدادی ملکول یا مونومر که واحدهای سازنده مونومرها هستند تشکیل شده‌اند.



این پلیمرها طی واکنش‌های پلیمریزاسیون به یکدیگر متصل شده‌اند که با توجه به نوع پلاستیک می‌توانند باعث ایجاد ساختاری سخت تا انعطاف‌پذیر شوند. به صورت معمول پلاستیک‌ها از پلیمرهایی که دارای زنجیره‌های 10000 تا 100 میلیون مونومر هستند بسته به نوع پلاستیک تشکیل شده‌اند (زیوری، 1399).

میکروپلاستیک‌ها (MPs)

میکروپلاستیک‌ها به قطعات پلاستیکی کوچک در شکل و اندازه‌های متنوع و قطر کمتر از 5 میلی‌متر اطلاق می‌شود (Arthur et al., 2009) که به دو طریق وارد محیط دریایی می‌شوند (میکروپلاستیک‌های اولیه و ثانویه).

1. میکروپلاستیک‌های اولیه

میکروپلاستیک‌های اولیه به طور معمول میکروبیدهای کروی کوچک هستند که عمداً توسط صنایع پلاستیک جهت استفاده در مواد آرایشی، محصولات مراقبت شخصی لایه بردارهای پوستی، مواد تمیز کننده و شستشوی با فشار توسط ماسه (sandblasting)، مواد اولیه تولیدی صنعتی ساخته می‌شوند (Krantzberg, 2019).

2. میکروپلاستیک‌های ثانویه

میکروپلاستیک‌های ثانویه قطعات نامنظم پلاستیکی هستند که ناخواسته در نتیجه تخریب قطعات بزرگتر پلاستیک مانند: کیسه‌های پلاستیکی، جعبه‌های پلاستیکی، بطری‌ها و بخصوص طناب‌ها، توری‌ها تولید، فرش‌های دور ریخته شده و تور شکاری می‌شوند (Lambert and Wagner, 2016).

میکروپلاستیک‌ها به دو طریق به اندازه‌های میکروسکوپی تبدیل می‌شوند، 1- در اثر هوازگی 2- میکروبیدهای موجود در لوازم آرایشی و بهداشتی که به این مواد میکروپلاستیک‌های اولیه اطلاق می‌شود میکروپلاستیک‌های ثانویه به میکروپلاستیک‌هایی گفته می‌شود که در اثر تخریب و تجزیه بقایای پلاستیک بزرگتر تولید می‌شوند (Fendall and Sewell, 2009).

میکروپلاستیک‌ها می‌توانند مستقیماً از طریق رواناب‌ها یا به طور غیر مستقیم در نتیجه فعالیت‌هایی مانند ماهیگیری و حمل و نقل به محیط دریایی وارد شوند، تخریب پلاستیک‌ها به عنوان یک تغییر شیمیایی تعریف می‌شود که به طور قابل توجهی از وزن مولکولی پلیمر می‌کاهد و مواد به اندازه‌ای شکننده و متلاشی می‌شوند که منجر به تجزیه نهایی پلاستیک می‌شوند. محدوده اندازه ذرات پلاستیکی مشخص شده است (Andrady, 2011). امروزه آلودگی پلاستیکی یکی از خطرناک‌ترین آلودگی‌های زیست محیطی در دنیا محسوب می‌شود. گزارش شده است که 10 درصد از ضایعات پلاستیکی جهان سرانجام وارد محیط‌های آبی مانند اقیانوس‌ها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها می‌باشند و تا 90 درصد از ضایعات وارد شده به اقیانوس‌ها ذرات بسیار کوچک هستند (Eriksen et al., 2014).

3. اثرات میکروپلاستیک‌ها

پیش‌بینی می‌گردد ورود پلاستیک به اکوسیستم دریایی تا چند دهه‌ای آینده افزایش چشمگیری یابد. برطبق گزارشات اخیر، میزان میکروپلاستیک‌ها در سیستم‌های آب شیرین از 0.00012 تا 2867 ذره در لیتر آب متغیر است (Schmieg et al., 2020). با توجه به انواع مختلف پلیمرهای میکروپلاستیکی موجود در محیط زیست، همراه با اندازه‌ها و شکل‌های مختلف شناسایی میزان خطر میکروپلاستیک‌ها بر موجودات آبرزی در حالت کلی پیچیده است. خطر جدی زیست محیطی مرتبط با میکروپلاستیک‌ها دسترسی زیستی بالای آنها برای موجودات آبرزی از جمله ماهیان است (Romano et al., 2019). میکروپلاستیک‌ها و مزوپلاستیک‌ها نهایتاً وارد زنجیره غذایی جانوران دریایی شده و سالانه موجب آسیب و مرگ هزاران گونه از جانداران مثل پرندگان دریایی، پستانداران، ماهی‌ها و خزندگان می‌شوند، زیرا این جانداران در اثر قورت دادن پلاستیک‌ها خفه شده و دچار مرگ می‌شوند پلاستیک‌های بلعیده شده حتی بعد از مرگ جانداران و تجزیه آنها نیز سالم باقی می‌مانند و دوباره در محیط پراکنده می‌شوند و باعث از بین بردن دیگر جانداران می‌گردند (Castañeda et al., 2014).



منشا ریز پلاستیک نتایج بدست آمده از مطالعات گوناگونی که محققین مختلف در بخش های مختلف دنیا انجام داده اند، نشان داده که وارد شدن پلاستیک ها به اکوسیستم آبی و آلودگی ناشی از ورود آنها موجب از بین رفتن زیستگاه ها، مهاجرت برخی گونه ها به سایر مناطق، از دست رفتن بعضی گونه های آبزیان، بروز برخی مشکل ها در بخش جابه جایی های آبی، کاهش جاذبه های گردشگری و زیبایی بخش های ساحلی و در نتیجه آسیب به صنعت گردشگری، صید و صیادی و صنایع غذایی دریایی می گردد (Simon and Schulte, 2017). همچنین آلاینده های آلی با پایداری بالا که در اکوسیستم های آبی سراسر جهان با میزان بسیار اندک وجود دارند، ممکن است از طریق مزوپلاستیک ها و یا میکروپلاستیک ها حمل شوند آبریز بودن POPs ها باعث می شود تا غلظت این گروه از مواد در مزو یا میکروپلاستیک ها چند برابر غلظت آنها براساس مطالعات صورت گرفته، که میکروپلاستیک ها باعث ایجاد آسیب های جدی به روده شامل ترک خوردن پرزهای روده و شکسته شدن سلول های انتروسیست در ماهیان و سایر آسیب های بافت شناسی، تغییر پروفایل متابولیسمی در کبد ماهیان، تغییر فعالیت آنزیم های گوارشی، تاثیر بر سیستم غدد درون ریز ماهیان، در آب های دریایی شود (Simon and Schulte, 2017).

انواع پلیمرهای پر کاربرد در صنعت پلاستیک ها

1. پلی استایرن

پلی استایرن از مونومر استایرن ($C_6H_5CH=CH_2$) (فنیل بنزن) ایجاد می شود. پلی استایرن، آمورف و ترموپلاستیک ناهمسان می باشد. حلقه آروماتیک به سختی پلاستیک می افزاید و از جابه جا شدن زنجیری که پلاستیک را ترد و شکننده می نماید، پیشگیری می کند. از این نوع پلاستیک، در بسته بندی مواد غذایی مانند ظروف ماست و گوشت، ماهی و همبرگر و بسته بندی مقاوم تجهیزات الکترونیکی و عروسک ها استفاده می گردد. پلی استایرن یکی از پنج نوع اصلی ذرات میکروپلاستیکی یافت شده در محیط زیست آبی است (Rochman et al., 2014). در مطالعات انجام شده بر رسوبات و آبزیان خلیج گرگان، نتایج میکروپلاستیک پلی استایرن را به عنوان یک میکروپلاستیک شایع محیطی تایید کرد (Bagheri et al., 2020). پلی استایرن یکی از خاص ترین زنجیره های شیمیایی در صنعت پتروشیمی است این زنجیره یکی از طولانی ترین صف های کربنی در مواد شیمیایی است و در دسته فنیل ها قرار می گیرد. پلی استایرن حاوی اکثر کربن ها و هیدروژن های عناصر شیمیایی است و با فرمول $(C_8H_8)_n$ شناخته می شود. مهم ترین ویژگی پلی استایرن تلفیق پیوند واندروالسی در کوتاه ترین مدت زمان ممکن در زنجیره های پلیمرهاست. هر چقدر که این زنجیره های کربنی طولانی تر شوند نیرو کششی آنها هم بیشتر می شود. پلی استایرن ترکیبی پلیمری یا همان مواد اولیه پلاستیک بسیار سخت است. پلی استایرن از مونومرهای استایرن ساخته می شود، هر واحد استایرن هم دهنده و هم گیرنده الکترون فعال است، از همین رو مهمترین خاصیت پلی استایرن، توزیع وزن مولکولی تحت شرایط پلیمرزاسیون است این موضوع به زبان ساده و غیر علمی به مقاومت بالای این پلاستیک در مقابل آب و یا سایر حلال ها اشاره دارد (لیاقی، 1400).

2. پلی پروپیلن (PP)

پلی پروپیلن با فرمول شیمیایی $(C_3H_6)_n$ به عنوان یکی از سبک ترین و همه کاره ترین پلیمرها در نظر گرفته می شود. مونومرهای این ماده پروپیلن (Propylene) می باشد و جزو دسته بندی ترموپلاستیک ها هستند. از ویژگی های عمومی این ماده می توان به مقاومت در برابر بسیاری از اسیدها، قلیاها و حلال ها و چگالی کم، سختی زیاد، تعادل خوب، مقاومت در برابر حرارت و شفافیت را نام برد. این پلیمر قادر به انجام طیف گسترده ای از فرآیندهای تولیدی است. پلی پروپیلن تجاری به طور معمول ترکیبی از 75 درصد ایزوتاکتیک و 25 درصد اکتاتیک است. تقاضا برای پلی پروپیلن به سرعت در حال افزایش است و در نتیجه، یکی از متداول ترین انواع میکروپلاستیک موجود در محیط های دریایی است (زیوری، 1399).

3. پلی اتیلن (PE)

پلی اتیلن با فرمول شیمیایی $(C_2H_4)_n$ با مونومرهای اتیلن (Ethylene) است، که جزء دسته ترموپلاستیک می باشد. طبیعتاً به علت اینکه این نوع پلیمر بیشترین آمار مصرفی در جهان را دارد، میزان این پلاستیک در محیط آبی نیز نسبت به سایر پلیمرها بیشتر است. با داشتن



چگالی معمولاً پایین‌تر از آب و همچنین ویژگی‌های خوب دفع آب، پلی‌اتیلن به طور معمول در آب‌های سطحی شناور یافت می‌شود. درجه نمایش مواد کششی و استحکام ضربه و همچنین سفتی آن با درجه تبلور ماتریس پلیمر تعیین می‌شود. بسته به میزان تبلور به دو دسته کم تراکم و پر تراکم تقسیم می‌شود، PE می‌تواند انعطاف پذیر (با چگالی کم) تا سفت (چگالی بالا) باشد. هنگامی که تثبیت شود، PE مقاومت به هوای خوب و مقاومت شیمیایی خوبی دارد و دافع آب می‌باشد (زیوری، ۱۳۹۹).

۴. پلی وینیل کلرید (PVC)

پلی وینیل کلرید با فرمول شیمیایی $(C_2H_3Cl)_n$ جزو دسته ترموپلاستیک است که مونومرهای سازنده آن وینیل کلرید (Vinyl Chloride) می‌باشد. به علت وجود کلر خاصیت مقاوت در برابر آتش و محافظت در برابر اکسیداسیون فراهم شده و دمای احتراق را به ۴۵۵ درجه سانتیگراد رسانده است. مقاومت در برابر اسیدها، قلیاها و بیشتر مواد شیمیایی معدنی و تطبیق پذیری و دامنه قابل توجهی برای تنظیم خاصیت مواد با استفاده از مواد افزودنی برای اصلاح انعطاف‌پذیری و مقاومت در برابر ضربه از دیگر ویژگی‌ها است (زیوری، ۱۳۹۹).

۵. پلی اورتان (PU/PUR)

پلی اورتان را می‌توان به روش‌های مختلف بدست آورد، آنها با پلیمریزاسیون رشد مرحله‌ای بدست می‌آیند. در این حالت از ترکیبات دی یا تری هیدروکسی استفاده می‌شود و کوپلیمرهای متناوب دی یا تری ایزوسیانات ایجاد می‌شوند. از پلی اورتان‌ها در طیف گسترده‌ای از کارتهای خرید و چرخ‌های اسکیت تا شلنگ‌ها، فرش و روکش آن استفاده می‌شود (لیاقتی، ۱۴۰۰).

۶. پلی اتیلن ترفتالات (PET)

پلی اتیلن ترفتالات با ترکیب شیمیایی $(C_{10}H_8O_4)_n$ یک پلی استر شیمیایی پایدار است که جزو دسته ترموپلاستیک می‌باشد. مونومرهای سازنده این ماده اسید ترفتالیک و اتیلن گلیکول می‌باشد که استفاده از آن طی چند دهه اخیر با کاربردهایی از جمله ظروف غذا و نوشیدنی گرفته تا ساخت قطعات الکترونیکی و همچنین به عنوان الیاف در لباس افزایش یافته است. از خصوصیات عمومی این پلاستیک می‌توان از شفافیت در نور مرئی و میکروویو، مقاومت بسیار خوب در برابر سایش و گرما، سبکی، مقاومت در برابر ضربه و شکست نام برد. همچنین از این ماده می‌توان به عنوان مانع مناسب در برابر گاز و رطوبت بهره برد. یکی از رایج‌ترین کاربردهای PET در ساخت بطری‌های آب آشامیدنی است و این بطری‌ها به میزان بسیار بالا در محیط زندگی آبریان یافت می‌شوند (لیاقتی، ۱۴۰۰).

شاخص‌های فیزیولوژیک و مولکولی

تغییر در سطح بیان ژن در مورد آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز و Hsp70 می‌تواند به عنوان شاخص موثری در بررسی اثر میکروپلاستیک‌ها بر روی آنها باشد. آنزیم‌ها را می‌توان به عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های سلولی در نظر گرفت که واکنش‌های سلولی را با کارایی قابل توجهی کاتالیز می‌کند، این آنزیم از ریبوزوم‌های آزاد داخل سیتوزول سلول سنتز می‌شود کاتالاز تجزیه آب اکسیژنه به اکسیژن و آب را کاتالیز می‌کند، همچنین کاتالاز به عنوان یکی از با اهمیت‌ترین آنزیم‌ها در حفاظت از سلول در برابر آلودگی‌های اکسیدی ناشی از آب اکسیژنه نقش دارد علاوه بر این کاتالاز از قدرت تجزیه‌ای بالایی برخوردار بوده، به نحوی که یک کاتالاز می‌تواند طی مدت یک دقیقه، باعث شکست ۶ میلیون مولکول آب اکسیژنه به آب (H_2O) و اکسیژن شود آب اکسیژنه (H_2O_2) ماده‌ای سمی می‌باشد که باید سریع تجزیه گردد، این ماده از پراکسی زوم سلول‌های کبد ناشی از متابولیسم سلول به شکل یک محصولات جانبی ایجاد می‌گردد (Paulino et al., 2020).

سوپراکسید دیسموتاز نیز آنزیمی است که واکنش تجزیه‌ای رادیکال سوپراکسید (CO^-) به اکسیژن (CO) یا هیدروژن پراکسید (H_2O_2) را تحت تاثیر قرار می‌دهد. سوپراکسید محصولی جانبی از متابولیسم اکسیژن بوده و چنانچه میزان آن بالا رود باعث ایجاد انواع گوناگونی از آسیب‌های سلولی می‌شود، این آنزیم یکی از آنزیم‌های مهم سیستم دفاعی آنتی اکسیدان بوده و تقریباً در همه سلول‌های در معرض اکسیژن وجود دارد. پروتئین‌های گرماشوگ ۷۰ کیلو دالتونی Hsp70 نامیده می‌شوند. این پروتئین‌ها در تمامی موجودات و با ساختاری کمابیش مشابه



یافت می‌شود و بخش بسیار مهمی از ابزارهای سلولی جهت تا شدگی صحیح پروتئین است و سلول را در برابر استرس و فشار وارده محافظت می‌کند، بیان اعضای خانواده Hsp70 در اثر استرس گرمایی و برخی مواد شیمیایی سمی بویژه فلزات سوزگویی نظیر آرسنیک، کادمیم، مس، جیوه و غیره به شدت افزایش می‌یابد. مشاهده شده است که میکروپلاستیک‌ها به راحتی می‌توانند وارد شبکه غذایی شوند و اثرات منفی بر موجودات دریایی داشته باشند، این میکروپلاستیک‌ها توسط ماهیان بلعیده شده و وارد دستگاه گوارش آنها می‌شود براساس مطالعات صورت گرفته، که میکروپلاستیک‌ها باعث ایجاد آسیب‌های جدی به روده شامل ترک خوردن پرزهای روده و شکسته شدن سلولهای انتروسیست در ماهیان و سایر آسیب‌های بافت شناسی، تغییر پروفایل متابولیسمی در کبد ماهیان، تغییر فعالیت آنزیم‌های گوارشی، تاثیر بر سیستم غدد درون ریز ماهیان، کاهش مصرف غذا، کاهش رشد، و ایجاد استرس‌های اکسیداتیو و در نهایت کاهش درصد بقا در ماهیان شوند (Xia et al., 2020).

اهمیت مطالعات ژنتیکی

1. ژن vtg

ژن VTG از طریق خون به غده‌ها منتقل می‌شود، جایی که به لیپوپروتئین و فسفوپروتئین، منابع مغذی جنین در حال رشد پردازش می‌شود. نام کامل این ژن vitellogenin است که یک ژن رمز گذار پروتئین می‌باشد (Wang et al., 2011).

2. ژن cyp1a

این ژن مربوط به خانواده ژنی سیتوکروم P450 خانواده 1 و زیر خانواده A می‌باشد که بر روی کروموزوم 18 و آگزون شماره 7 این کروموزوم قرار داشته که از دسته ژن‌های رمز گذار پروتئین می‌باشد (Wilson et al., 2010).

3. ژن B-actin

ژن‌های خانه نگهدار یا Housekeeping (HK) آنهایی هستند که محصولات بیان این ژن‌ها در عملکردهای بیولوژیک نگهداری سلول نقش دارند. برخی ژن‌ها میزان متغیر بیان را نسبت به سن، بافت، شرایط طبیعی یا پاتولوژیک نشان می‌دهند، اما به نظر می‌رسد برخی دیگر با میزان نسبتاً پایدار در بسیاری از انواع و شرایط مختلف سلول رونویسی می‌شوند. در سال‌های اخیر، گنجاندن ژن‌های HK در یک گروه بیولوژیکی همگن بیشتر با تجزیه و تحلیل ژنوم در مقیاس بزرگ توجیه شده است که یک ساختار پروموتور خاص را برای این مکان‌ها نشان داده است. عدم وجود یک جعبه TATA معمولی، غنی بودن در دی نوکلئوتیدهای CpG و گرایش برای خوشه‌بندی در حوزه‌های مشخص کروموزومی (Casadei et al., 2011) می‌باشد.

Bagheri و همکاران (2020) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات موفی میکروپلاستیک پلی اتیلن بر پارامترهای بیوشیمیایی خون لاک‌پشت برکه‌ای (*Emys orbicularis*) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که قرار گرفتن در معرض 500 و 1000 میلی‌گرم در کیلوگرم میکروپلاستیک پلی اتیلن، باعث افزایش قابل توجهی در فعالیت‌های آلانین و آسپارات آمیوترانسفراز و سطح کلسترول، گلوکز، کراتینین، اوره و کلسیم در مقایسه با گروه شاهد می‌شود در مقابل، فعالیت گاما-گلوتامیل ترانسفراز و سطح پروتئین کل، آلبومین، ایمونوگلوبولین کل و فسفر در لاک‌پشت‌هایی که در معرض 500 و 1000 میلی‌گرم در کیلوگرم ذرات میکروپلی اتیلن در جیره غذایی بودند به طور قابل توجهی در مقایسه با گروه شاهد یافت.

در مطالعه‌ای دیگر، Romano و همکاران (2019) در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر میکروپلاستیک (PVC) بر ماهی کاراس طلایی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که غلظت‌های سازگار با محیط‌زیست این ذرات می‌تواند باعث استرس اکسیداتیو در مغز و کبد و تغییر در بیان ژن‌های ماهی کاراس طلایی شود. همچنین، Moore (2008) در مطالعه‌ای به بررسی عبور میکروپلاستیک پلی استیرن از اپیتلیوم روده و پاسخ استرس اکسیداتیو در مواجهه با میکروپلاستیک پرداختند. و به این نتیجه رسیدند که هیچ‌گونه تغییر بافت‌شناسی و حتی پاسخ التهابی را نشان نداد. در بخش برون تنی نیز استفاده از سلول‌های مونسیت انسانی، جذب ناچیز این ذرات را نشان داد. در مجموع این مطالعه بیان کننده عدم احتمال خطر حاد برای سلامت انسان در شرایط بررسی شده بود. در مطالعه‌ی دیگری نیز، Xia و همکاران (2020) در مطالعه‌ای به بررسی



آلودگی میکروپلاستیک را در ماهیان تجاری اقتصادی جنوب دریای خزر پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر معنی دار میکروپلاستیک در همه‌ی گونه‌ها قابل بررسی است. همچنین Bagheri و همکاران (2020) در مطالعه‌ای به بررسی آلودگی میکروپلاستیک را در ماهی کلمه جنوب دریای خزر پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اغلب نمونه‌های صید شده دارای مقادیر معنی دار میکروپلاستیک است. محققین دیگری نیز مانند Jin و همکاران (2019) در مطالعه‌ای به بررسی آلودگی میکروپلاستیک را در آب‌های سطحی و رسوبات جنوب دریای خزر پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر میکروپلاستیک در قسمت‌های شرقی و غربی خزر جنوبی دارای تفاوت است. همچنین، Krantzberg (2019) در مطالعه‌ای به بررسی صرفاً آلودگی میکروپلاستیک را در رسوبات تمامی قسمت‌های جنوب دریای خزر پرداختند و بیان نمودند که مقادیر معنی دار میکروپلاستیک در همه قسمت‌های خزر جنوبی قابل مشاهده است.

بحث و نتیجه‌گیری

Li و همکاران (2018) بیان کردند که پلی استایرن بلعیده شده توسط ماهی گورخری با تغییر سطح آنزیم‌های SOD و CAT در آبشش و کبد این ماهی باعث ایجاد استرس اکسیداتیو می‌شود. تغییر در فعالیت و بیان ژن آنزیم‌های SOD و CAT ممکن است بواسطه استرس اکسیداتیو توسط پلی استایرن باشد. به نظر می‌رسد پلی استایرن در غلظت پایین نمی‌تواند بیان ژن SOD و CAT را تحریک کند، اما غلظت بالای آن می‌تواند باعث کاهش بیان ژن‌ها گردد در مطالعه حاضر، بیان ژن SOD در بافت روده تمامی ماهیان تحت مواجهه با اندازه کوچکتر (S) و بزرگتر (T) میکروپلاستیک پلی استایرن نسبت به ماهیان گروه کنترل افزایش یافت تغییرات بیان ژن SOD بیشتر تحت تاثیر میکروپلاستیک‌ها با اندازه کوچکتر قرار گرفت.

در مطالعه‌ای فعالیت CAT در پاسخ به میکروپلاستیک پلی استایرن کاهش یافت که به دلیل عدم تعادل اعمال شده توسط آن بر روی دفاع آنتی اکسیدانی می‌باشد. کاهش در آنزیم‌های آنتی اکسیدانی CAT در این تحقیق، توسط انرژی مصرف شده ناشی از استرس اکسیداتیو در پاسخ به قرار گرفتن در معرض میکروپلاستیک می‌باشد در بررسی آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در کفشک ماهی زیتونی (Paralichthys olivaceus) طی مواجهه با غلظت‌های مختلف دی اتیل فتالات (DEP) آنزیم CAT در بافت کبد در غلظت‌های پایین و متوسط تفاوت چندانی را با گروه کنترل نشان نداد در حالیکه سطح این آنزیم با افزایش غلظت DEP به طور معنی داری کاهش یافت در بافت کلیه، هیچ تفاوتی در فعالیت آنزیم CAT بین تیمارهای مختلف ماهیان تحت مواجهه با DEP و گروه کنترل مشاهده نشد. با توجه به اینکه سطح آنزیم CAT در بافت کبد طی مواجهه با DEP کاهش یافت اما در بافت کلیه تغییر مشاهده نشد، می‌توان گفت آنزیم‌های جبران کننده استرس اکسیداتیو، با وجود تغییر در بافت، کبد، در بافت کلیه تحت تاثیر قرار نگرفتند.

در مطالعه Karbalaee و همکاران (2018) بیان ژن Hsp70 در ماهیان تحت مواجهه با اندازه‌ها و غلظت‌های مختلف میکروپلاستیک نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری افزایش یافت که این موضوع استرس سلولی ایجاد شده توسط پلی استایرن را تایید می‌کند در سنجش بیان ژن Hsp70 در بافت روده ماهیان در مواجهه با دو اندازه مختلف میکروپلاستیک پلی استایرن، تنها ماهیان تیمارهای T1 و S3 نسبت به گروه کنترل افزایش نشان دادند در مطالعه مشابه در بافت کبد، در تیمار ماهیان تحت اندازه کوچکتر میکروپلاستیک میزان بیان ژن Hsp70 بیشتری در مقایسه با گروه کنترل و دیگر ماهیان مشاهده شد و بالاترین سطح بیان ژن در نیز در تیمار S3 (کمترین غلظت میکروپلاستیک مورد استفاده) ثبت گردید. بیان ژن در تمام غلظت‌های تیمار ماهیان گروه T نسبت به گروه کنترل افزایش یافت و بیشترین میزان بیان ژن Hsp70 در تیمار T3 مشاهده شد اندازه میکروپلاستیک بر میزان بیان این ژن نیز تاثیر داشت، به طوری که بیان این ژن در تیمارهای S1 و S3 بیشتر از تیمارهای T1 و T3 اندازه‌گیری شد.



منابع

- زیوری، س.، 1399. بررسی اثر میکروپلاستیک پلی اتیلن ترفتالات و آفت کش آبامکتین بر آسیب اکسیداتیو و بیان ژن های vtg و cyp1a ماهی زبرا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه الزهراء(س)، دانشکده علوم زیستی.
- لیاقتی، ع.، 1400. بررسی تغییرات برخی فراسنجه های بیوشیمیایی و بیان برخی از ژن های مرتبط با ایمنی و آنتی اکسیدانی در ماهی کاراس طلایی (*Carassius auratus*) در رویارویی با میکروپلاستیک پلی استایرن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده شیلات و محیط زیست.
- Arthur, C., Baker, J. and Bamford, H., 2009. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. s.l., NOAA Technical, Memorandum NOS-OR&R30.
- Andrady, A., 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62:1596–1605.
- Bagheri, T., Gholizadeh, M., Abarghouei, S., Zakeri, M., Hedayati, A., Rabaniha, M. and Hafezieh, M., 2020. Microplastics distribution, abundance and composition in sediment, fishes and benthic organisms of the Gorgan Bay, Caspian sea. *Chemosphere*, 127201.
- Castañeda, R. A., Avlijas, S., Simard, M. A. and Ricciardi, A., 2014. Microplastic pollution in St. Lawrence river sediments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(12): 1767-1771.
- Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C. and Reisser, J., 2014. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS one*, 9(12): e111913.
- Fendall, L. and Sewell, M., 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1225–1228.
- Li, H.X., Ma, L.S., Lin, L., Ni, Z.X., Xu, X.R., Shi, H.H., Yan, Y., Zheng, G.M. and Rittschof, D., 2018. Microplastics in oysters *Saccostrea cucullata* along the Pearl River Estuary, China. *Environmental Pollution*, 236: 619-625.
- Lambert, S. and Wagner, M., 2016. Characterisation of nanoplastics during the degradation of polystyrene. *Chemosphere*, 145:265-268. doi:10.1016/j.chemosphere.2015.11.078.
- Krantzberg, G., 2019. Plastic Pollution in the Great Lakes and Marine Waters: Sources, Effects and Policy Responses. *Journal of Waste Resources and Recycling*, 1(1):1-7.
- Karbalaei, S., Hanachi, P., Walker, T.R. and Cole, M., 2018. Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(36):36046-36063. doi:10.1007/s11356-018-3508-7.
- Jin, Y., Lu, L., Tu, W., Luo, T. and Fu, Z., 2019. Impacts of polystyrene microplastic on the gut barrier, microbiota and metabolism of mice. *Science of the Total Environment*, 649: 308-317.
- Moore, C. J., 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108(2): 131-139.
- Schmieg, V., Böhmert, L., Lisicki, E., Block, R., Cara-Carmona, J., Pack, L. K. and Henderson, C. J., 2020. Uptake and effects of orally ingested polystyrene microplastic particles in vitro and in vivo. *Archives of toxicology*, pp.1-17.
- Simon, N. and Schulte, M. L., 2017. Stopping global plastic pollution: The case for an international convention. *Ecology Publication Series*, 43.



Paulino, M. G., Souza, N. E. S. and Fernandes, M. N., 2012. Subchronic exposure to atrazine induces biochemical and histopathological changes in the gills of a Neotropical freshwater fish, *Prochilodus lineatus*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 80: 6-13.

Casadei, R., Pelleri, M.C. and Vitale, L., 2011. Gene Expression Patterns Identification of housekeeping genes suitable for gene expression analysis in the zebrafish. *Gene Express Patterns*, 11(3-4): 271-276. doi:10.1016/j.gep.2011.01.003.

Wang, J., Shi, X., Du, Y. and Zhou, B., 2011. Effects of xenoestrogens on the expression of vitellogenin (vtg) and cytochrome P450 aromatase (cyp19a and b) genes in zebrafish (*Danio rerio*) larvae. *Journal of Environmental Science Health*, 46(9):960-967. doi:10.1080/10934529.2011.586253.

Wilson, J.Y., Scornaienchi, M.L., Thornton, C. and Willett, K.L., 2010. Functional differences in the cytochrome P450 1 family enzymes from Zebrafish (*Danio rerio*) using heterologously expressed proteins. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 502(1):17-22. doi:10.1016/j.abb.2010.06.018.

Romano, S., Almeida, C. M R., Silva, D., Cunha, J., Antunes, C., Freitas, V. and Ramos, S. J. S. O. T. T. E., 2019. Microplastic contamination in an urban estuary: Abundance and distribution of microplastics and fish larvae in the Douro estuary. 659: 1071-1081.

Rochman, C. M., Kurobe, T., Flores, I. and Teh, S. J., 2014. Early warning signs of endocrine disruption in adult fish from the ingestion of polyethylene with and without sorbed chemical pollutants from the marine environment. *Science of the total environment*, 493: 656-661..

Xia, Y., Wang, M., Gao, F., Lu, M. and Chen, G., 2020. Effects of dietary probiotic supplementation on the growth, gut health and disease resistance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Nutrition*, 6(1): 69-79.

Study of the Effects of Microplastics on Gene Expression in Aquatic Organisms

Asal Behzadipour¹, Zahra Khsoshnood^{2*}

1,2. Department of Biology, Islamic Azad University, Dezful, Iran

*Corresponding Author: Zkhoshnood@gmail.com

Abstract

Due to the increasing use of microplastics, concerns have been raised about the toxic effects of these materials in the environment. For this purpose, the present study investigated the effects of microplastics on gene expression regulation activities. Microplastics are plastic particles smaller than 5 mm in size. These particles can act as a substrate for the accumulation of pollutants, and the presence of these materials in aquatic environments has become a serious concern for researchers due to the growing consumption of plastics. The results showed that biochemical parameters related to antioxidant capacity and liver damage can be a suitable indicator for investigating the effect of polystyrene microplastics at sublethal levels in fish.

Keywords: Microplastics, Aquatic Organisms, Gene Expression Regulation.