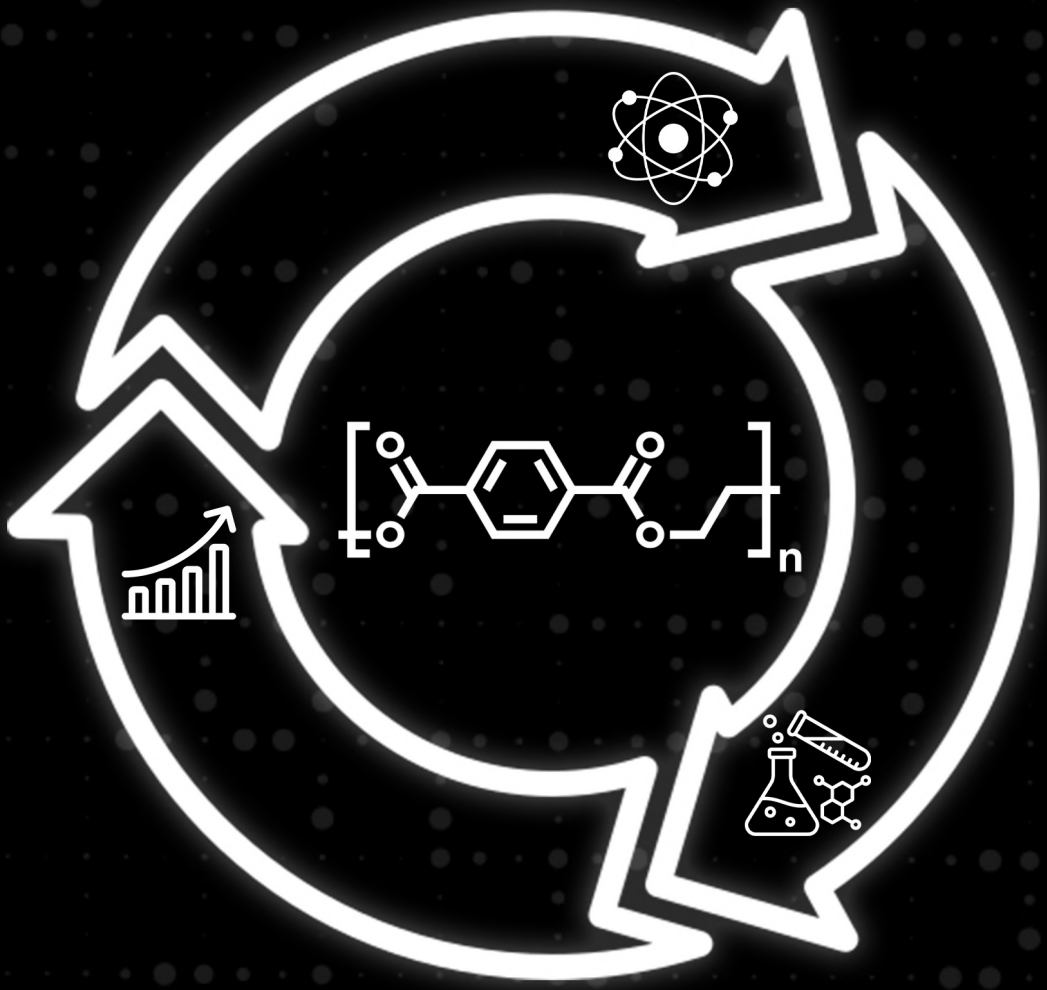
شماره نهم ، بهار ۱۴۰۵

نشریه علمی - دانشجویی

تکنوزیسم

با محوریت

اقتصاد و پایداری در صنعت پلیمر



شناسه اعضا

دکتر امید توکلی

مدیر مسئول
عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

شاهین نیکی اسکوئی

سردبیر
ورودی ۱۴۰۰ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

امیرحسین وحیدی

مسئول تولید محتوای صفحات مجازی
ورودی ۱۴۰۱ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

علی طاهری استاد

عضو هیئت تحریریه
دبیر بخش مقالات
ورودی ۱۴۰۳ کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

زهرا نصرتی

عضو هیئت تحریریه
دبیر مصاحبه
ورودی ۱۴۰۲ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

سارا الفتی

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۰ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

سیده حنانه سنائی

صاحب امتیاز
ورودی ۱۴۰۳ کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی
دانشگاه تهران

امیرحسین ماجدی

مسئول سایت و صفحات مجازی
ورودی ۱۳۹۹ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

پرنیان پناهی

طراح گرافیک

علی چراغ نیا

عضو هیئت تحریریه
دبیر بخش اخبار
ورودی ۱۴۰۱ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

یگانه صادقپور

عضو هیئت تحریریه
دبیر ویراستاری
ورودی ۱۴۰۱ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

محمدعلی میرغیاثی

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۰ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

امیرپارسا قاسمیان

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۰ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

سوفیا قاسم پور

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۱ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

نگار محمدی

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۱ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

مهتا زارعی

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۲ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

آنوشا هرندی

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۲ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

محمد امینی پور

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۱ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

حسان سبزچی اصل

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۱ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

حسین احمدی

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۱ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

سهند غیور وحدت

عضو هیئت تحریریه
تولید محتوای مجازی
ورودی ۱۴۰۱ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

پارمیدا صدری

عضو هیئت تحریریه
تولید محتوای مجازی
ورودی ۱۴۰۲ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

سارا صدر

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۲ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

مهشید مرادی

عضو هیئت تحریریه
ورودی ۱۴۰۲ کارشناسی مهندسی شیمی
دانشگاه تهران

به نام خداوند ایران زمین

پس از پشت سر گذاشتن این سال جانکاه و فایق آمدن بر مشکلاتی که مانع از وصال دیدگان شما با دسترنج یاران فروغ دیده تکنوزیسم گشته، باری دیگر نشریه ما ، با رعایت استاندارد کیفیت همیشگی و چه بسا ممتاز تر از هر زمان، تقدیم نگاه زیبا و اشکبار ایران می گردد و افتخار این را داریم که شماره نهم را پیشکش عاشقان ایران و از دست رفتگانمان نماییم

سردبیر
شاهین نیکی اسکوئی

به یاد از دست رفتگانمان
به احترام مادران و پدرانشان
به افتخار ایران و ایرانی
و به امیدآبادی

فهرست مطالب

فناوری‌های نوین برای پایداری پلیمر ۷

پلیمرهای منحصر به فرد باساختار پیشرفته ۹

کامپوزیت‌های پلیمری ، رشد بازار و چالش‌ها ۱۱

سرمایه‌گذاری در توسعه پلیمرهای پایدار ۱۲

پایش محیط‌زیست با فناوری‌های نوری ۱۳

مصاحبه با دکتر هایده شیرزادی ۱۷

پلیمرهای زیستی و اقتصاد چرخشی ۱۹

چالش‌های جهانی آلودگی پلاستیک ۲۶

پیشرفت درپلیمرهای رسانای نوین ۲۷

چاپ سه بعدی الهام گرفته از طبیعت ۲۸

تبدیل پلاستیک ارزان به مواد ارزشمند ۲۹

بحران پلی‌استر و مسیرهای بازیافت ۳۱

هوش مصنوعی در پلیمرهای الکترونیکی ۳۶

راهکاری پایدار برای کاهش زباله‌های پزشکی ۳۸

تحول پایدار در صنعت پلیمر ۴۰

روندهای نوظهور و فرصت‌های بازار پلیمر ۴۲

رکورد جدید استحکام در چسب‌های زیستی ۴۹

بازیافت کامل پلاستیک با فعال‌سازی نوری ۵۱

چشم‌انداز جهانی درباره پلیمرهای زیست‌پایه ۵۲

همکاری Reju و Cibutex در بازیافت نساجی ۵۵

نوآوری Samsara eco در بازیافت نایلون ۶ ۵۶

نقش فناوری در تولید پلاستیک‌های پایدار ۵۷

مهندسی ریزساختار برای چسبندگی بالاتر ۶۴

کشف تصادفی در تجزیه پلیمرهای تجاری ۶۶

مصاحبه با دکتر یزدانبخش ۶۸

منابع ۷۲

فناوری جدید پلیمر راه را برای مسیرهای بهبود پایداری باز می‌کند

گرداورنده : امیرپارسا قاسمیان

مطالعه‌ای به سرپرستی مشترک پژوهشگران دانشگاه ایالتی آریزونا (ASU) بینش‌هایی در مورد افزایش عمر پلاستیک‌ها و کاهش ضایعات ارائه می‌دهد. ما هر روز در رسانه‌ها با تصاویری از توده‌های زباله پلاستیکی که در اقیانوس‌ها شناورند یا در سواحل به گل نشسته‌اند، به یاد می‌آوریم که چه میزان زباله غیرضروری تولید می‌شود. اما پایداری یک مسئله پیچیده است که عوامل و تأثیرات متعددی از جمله سیاست، جامعه و فناوری در آن نقش دارند دانشمندان مدرسه علوم مولکولی دانشگاه ایالتی آریزونا (ASU) و مرکز مواد ماکرومولکولی پایدار و تولید (SM۳) در مؤسسه بیودیزاین این دانشگاه، رویکردی چندجانبه را برای حرکت به سوی اقتصادی چرخه‌ای‌تر دنبال می‌کنند. پروژه‌های آن‌ها بر حوزه‌هایی مانند تأمین منابع زیستی، بازیافت، تصفیه آب و جذب کربن متمرکز است. یکی از راهکارهای آشکار برای محدود کردن حجم عظیم مواد هدررفته، کاهش نیاز به تولید پلاستیک در سراسر جهان است. دکتر یوان سیمون دانشیار مدرسه علوم مولکولی ASU و SM۳ می‌گوید[۱]: «این کار آسان‌تر از آن چیزی است که به نظر می‌رسد، با این حال، راه‌حل می‌تواند به سادگی افزایش عمر قطعات باشد.»

از بندهای کوله‌پشتی گرفته تا درب‌های ظروف، ما در محاصره قطعاتی هستیم که باید هزاران چرخه باز و بسته شدن را تحمل کنند. به همین ترتیب، کلاه‌های دوچرخه‌سواری و فوتبال باید بتوانند ضربات مکرر را جذب کرده و سطح معینی از حفاظت را بدون شکست حفظ کنند همان‌طور که گفته می‌شود: «اگر خراب نیست، تعمیرش نکن! اما دقیقاً چگونه خراب می‌شود؟» دکتر یوان سیمون می‌پرسد: «چه اتفاقی می‌افتد وقتی یک پرتابه را به ماده‌ای که باید به‌طور مکرر ضربات را جذب کند، برخورد دهیم؟» یک تیم پژوهشی مشترک به رهبری گروه تحقیقاتی سیمون در دانشگاه ایالتی آریزونا (ASU) و با همکاری مؤسسه ملی استاندارد و فناوری (NIST)، دانشگاه می‌سی‌سی‌پی جنوبی، مؤسسه پلی‌تکنیک رنسلیر و ارتش ایالات متحده، ماده جدیدی توسعه داده است که اطلاعات تازه‌ای درباره نحوه واکنش مواد به ضربات پرسرعت ارائه می‌دهد. مطالعه آن‌ها که به‌تازگی در Nature Communications منتشر شده است، نشان می‌دهد که چگونه یک پلیمر حاوی مکانوفورها[۲]، مولکول‌هایی که تحت نیروی مکانیکی زیاد نور ساطع می‌کنند، می‌تواند واکنش ماده را به

[۱] Associate Professor Yoan Simon of ASU's School of Molecular Sciences and SM۳

[۲] mechanophores

برخورد پرتابه‌های پرسرعت به‌صورت بصری ثبت کند. نکته قابل‌توجه این است که مکانوفورها توانستند تغییر شکل‌های زیرسطحی ماده را ثبت کنند؛ اطلاعاتی که پیش‌تر دسترسی به آن‌ها امکان‌پذیر نبود. با ترکیب برهم‌کنش‌های در مقیاس مولکولی با تکنیک‌های تصویربرداری پیشرفته، دانشمندان اکنون می‌توانند شکل‌گیری مخروط‌های ماخ[۳]، امواج صوتی که سریع‌تر از سرعت صوت در ماده حرکت می‌کنند، را به‌صورت بصری مشاهده کنند. به‌بیان ساده، پژوهشگران گزارشگرهای مولکولی را معرفی کرده‌اند که مانند درخت کریسمس (یا در این مورد، یک مخروط ماخ) روشن می‌شوند. زمانی که سرعت پرتابه از سرعت صوت در ماده فراتر رود، مشابه صدای انفجاری است که هنگام ورود یک جت جنگنده به سرعت مافوق صوت رخ می‌دهد دکتر یوان سیمون که گروه تحقیقاتی‌اش دهه‌ها در زمینه معرفی کاوشگرهای درخشان یا تغییر رنگ‌دهنده در مواد برای درک واکنش آن‌ها به رویدادهای مکانیکی فعالیت داشته، نسبت به این همکاری علمی بسیار خوش‌بین است. او توضیح می‌دهد:« سال‌ها بسیاری از گروه‌ها فعال‌سازی را در موادی نشان داده‌اند که تغییر شکل آن‌ها با چشم غیرمسلح قابل مشاهده بود، که این امر کاربرد این کاوشگرهای مولکولی را محدود می‌کرد. آنچه در این مطالعه واقعاً نوآورانه است، این است که ابزار منحصربه‌فردی برای مشاهده آنچه در اعماق ماده رخ می‌دهد، در اختیار ما قرار می‌دهد. اکنون می‌توانیم ببینیم که امواج چگونه پس از برخورد در ماده منتشر می‌شوند.»

این پژوهش ترکیبی از شبیه‌سازی‌های پیشرفته و روش‌های تحلیلی پیچیده است که در مؤسسه ملی استاندارد و فناوری (NIST) توسعه یافته‌اند تا تأثیرات پس از برخورد را ارزیابی کنند. سیمون توضیح می‌دهد:« به‌طور ساده، ما از یک تفنگ میکروسکوپی برای شلیک ریزپرتابه‌ها به سمت مواد استفاده کردیم و با کمک دوربین‌های فوق‌سریع و میکروسکوپ‌های پیشرفته، اطلاعات مهمی در مورد میزان انرژی جذب‌شده و نحوه انتقال آن در ماده به‌دست آوردیم.»

فراتر از این تحقیق، این کاوشگرها می‌توانند درک عمیق‌تری از رویدادهای ضربه‌ای مختلف، از جمله آسیب‌های خفیف مغزی ناشی از ضربه، تولید افزودنی اسپری سرد و برخوردهای پرسرعت در فضا ارائه دهند سیمون در پایان می‌گوید:«ادوین چان و تیم او نقش کلیدی در اجرای این پروژه داشتند. من و او سال‌ها پیش در دانشگاه ماساچوست امهرست[۴] هم‌کلاسی بودیم و همین دوستی قدیمی باعث شد این پروژه به ثمر برسد.»

برای دسترسی به منابع ، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید

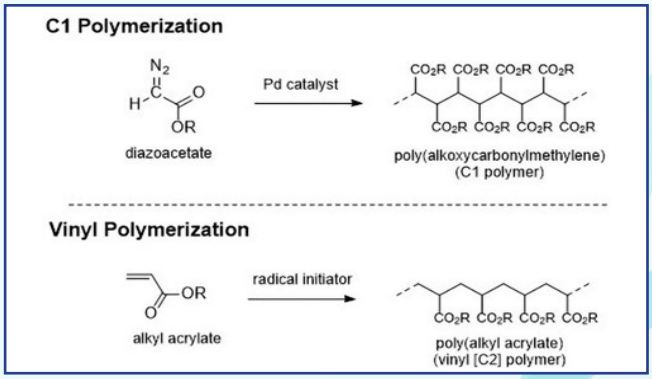
[۳] Mach cones
[۴] University of Massachusetts Amherst

شیمی‌دانان ژاپنی پلیمرهای منحصربه‌فردی با ساختاری بی‌سابقه سنتز کرده‌اند

گرداورنده : امیرپارسا قاسمیان

تصویر ۱: این تصویر فرآیند تشکیل پلیمر C۱ را نشان می‌دهد، جایی که کاتالیزور پالادیوم (کره قرمز) تعدادی از مونومرهای دیازواستات (کره شفاف) را به‌صورت خطی ترکیب می‌کند تا زنجیره اصلی پلیمر را تشکیل دهد. اعتبار عکس: Springer Nature

برای بیش از ۲۰ سال، گروه تحقیقاتی ایهارا در دانشگاه اهیمه در توسعه روش‌های نوآورانه سنتز پلیمر با استفاده از ترکیبات دیازوکربونیل به‌عنوان مونومر تخصص داشته است. آن‌ها کشف کردند که دیازواستات را می‌توان با استفاده از یک آغازگر مبتنی بر پالادیوم (Pd) پلیمریزه کرد تا پلیمرهایی با زنجیره اصلی کربن-کربن (C–C) تولید شود، به‌طوری که هر اتم کربن در ستون فقرات پلیمر به یک گروه آلکوکسی‌کربونیل (استر) متصل باشد. برخلاف پلیمریزاسیون وینیلی سنتی، که در آن زنجیره‌ی اصلی پلیمر از واحدهای دوکربنه مونومرهای وینیلی مانند اتیلن و استایرن ساخته می‌شود، در پلیمریزاسیون دیازواستات، زنجیره‌ی C–C از واحدهای تک کربنی تشکیل می‌شود. این فرآیند منحصربه‌فرد که پلیمریزاسیون C۱ نام دارد، ویژگی‌ای متمایز و مهم در این روش سنتز به شمار می‌رود



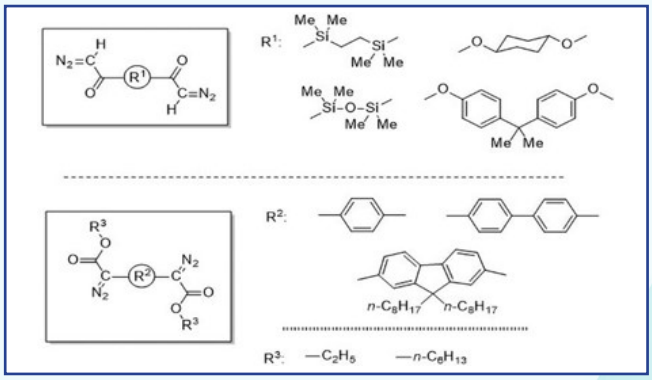
تصویر۲

در حالی که محصول پلیمریزاسیون وینیلی آلکیل آکریلات دارای جانشین روی هر اتم کربن دیگر در زنجیره اصلی است، محصول پلیمریزاسیون C۱ همان جانشین را روی هر اتم کربن زنجیره اصلی دارد. انتظار می‌رود این تفاوت ساختاری، خواص فیزیکی و عملکردهای منحصربه‌فردی را برای محصولات حاصل از پلیمریزاسیون C۱ به همراه داشته باشد. اعتبار: ایجی ایهارا

انتظار می‌رود که محصولات پلیمریزاسیون C۱ دارای خواص فیزیکی و عملکردهای بهبودیافته باشند. پس از اولین انتشار در مورد این پروژه پلیمریزاسیون C۱ (E. Ihara, et al., Macromolecules, ۳۶, ۳۶ (۲۰۰۳)، گروه‌های تحقیقاتی بسیاری در سراسر جهان تلاش‌های گسترده‌ای را به این حوزه اختصاص داده‌اند

خواص بهبودیافته پلیمرهای C۱

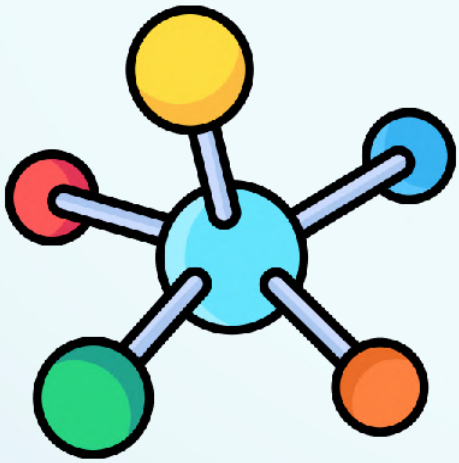
یک ساختار جدید برای آغازگرهای مبتنی بر پالادیوم (Pd) طراحی شد که منجر به افزایش کارایی آن‌ها در پلیمریزاسیون C۱ گردید. به‌عنوان مثال، اکنون امکان تولید پلیمرهای با وزن مولکولی بالا (بیش از ۵۰،۰۰۰)، کنترل ساختار فضایی (تاکتیسیته) زنجیره اصلی C–C و درج کمّی یک گروه عاملی در انتهای زنجیره پلیمر فراهم شده است علاوه بر این، با استفاده از ساختارهای منحصربه‌فرد پلیمرهای C۱، محققان موفق به تولید پلیمرهایی با خاصیت اسیدی بیشتر و نقطه ذوب بسیار بالاتر (تا ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد) در مقایسه با پلیمرهای وینیلی با همان جانشین‌ها شدند. همچنین، مشخص شد که پلیمرهای C۱ در شرایط قلیایی ملایم به‌طور مؤثر به ترکیبات با وزن مولکولی کم تجزیه می‌شوند که از نظر دوستدار محیط‌زیست بودن این مواد پلیمری، بسیار حائز اهمیت است



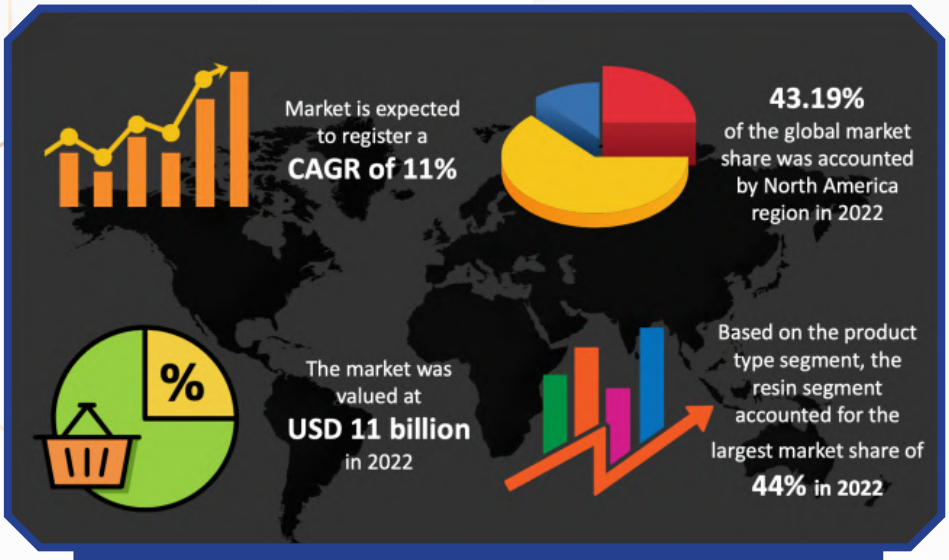
تصویر ۳: نمونه‌هایی از گروه‌های بیس‌دیازوکربونیل به‌کاررفته در این ترکیب. با بهره‌گیری از واکنش‌پذیری منحصربه‌فرد گروه‌های دیازوکربونیل در این ترکیبات، طیف وسیعی از پلیمرهای جدید با ساختار شیمیایی بی‌سابقه سنتز شده است.
اعتبار: ایجی ایهارا

پلی‌تراکم ترکیبات بیس‌دیازوکربونیل

همچنین نشان داده شد که ترکیبات بیس‌دیازوکربونیل که دارای دو گروه دیازوکربونیل در یک مولکول هستند، می‌توانند به‌عنوان مونومر برای پلی تراکم مورد استفاده قرار گیرند و طیف گسترده‌ای از پلیمرهای جدید با ساختار شیمیایی بی‌سابقه را تولید کنند. در این فرآیند پلی‌تراکمی، از واکنش‌پذیری منحصربه‌فرد گروه‌های دیازوکربونیل مانند درج در پیوندهای O–H و N–H و تشکیل پیوند C=C استفاده شد. بر پایه این روش جدید پلی‌تراکم، پلیمرهایی با قابلیت تجزیه‌پذیری آسان در شرایط اسیدی ملایم و ویژگی‌های الکتروکرومیک (تغییر رنگ برگشت‌پذیر در اثر اعمال ولتاژ در حالت فیلم نازک) سنتز شدند. این یافته‌ها، پس از اولین انتشار مقاله در مورد این پروژه پلی‌تراکم (E. Ihara, et al., Macromolecules, ۴۳, ۴۵۸۹ (۲۰۱۰) ، تحقیقات متعددی را در سراسر جهان در زمینه‌ای مشابه برانگیخته است



برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.



افزایش تقاضا برای کامپوزیت‌های پلیمری پیشرفته: رشد بازار و چالش‌های پیش‌رو

گرداورنده : امیرحسین وحیدی

بازار کامپوزیت‌های پلیمری پیشرفته شاهد رشد چشمگیری است که ناشی از افزایش تقاضا در صنایعی مانند هوافضا، خودروسازی و انرژی‌های تجدیدپذیر است. طبق گزارش Allied Market Research، ارزش بازار این مواد در سال ۲۰۲۴ حدود ۱۱/۷ میلیارد دلار تخمین زده شده و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۳ به ۲۴/۲ میلیارد دلار برسد که نشان‌دهنده نرخ رشد سالانه مرکب ۷/۶٪ (CAGR) است. این افزایش به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد کامپوزیت‌های پلیمری پیشرفته، از جمله مقاومت بالا، وزن سبک و پایداری شیمیایی بوده است. رشد صنعت خودروسازی به ویژه در بخش وسایل نقلیه الکتریکی، یکی از محرک‌های اصلی این بازار است؛ زیرا تولیدکنندگان به دنبال کاهش وزن خودروها برای افزایش بهره‌وری سوخت و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. علاوه بر این، صنعت هوافضا از این مواد برای ساخت قطعات مستحکم و در عین حال سبک استفاده می‌کند که منجر به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های سوخت می‌شود. با این حال چالش‌هایی همچون هزینه بالای تولید و فرایندهای پیچیده ساخت این مواد، می‌توانند مانع رشد بازار شوند. در همین راستا، تلاش‌هایی برای توسعه روش‌های تولید مقرون‌به‌صرفه‌تر و بهبود قابلیت بازیافت این مواد در حال انجام است. سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و همکاری میان شرکت‌های پیشرو می‌تواند به گسترش این بازار و افزایش مزایای اقتصادی آن منجر شود.

برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

سرمایه‌گذاری ۱۵ میلیون دلاری برای توسعه پلیمرهای پایدار: تحولی در صنعت مواد زیست سازگار

گرداورنده : امیرحسین وحیدی

در ژوئیه ۲۰۲۴، اتاق بازرگانی Greater Akron اعلام کرد که یک سرمایه‌گذاری ۵۱ میلیون دلاری برای ایجاد یک مرکز تحقیقاتی جدید در حوزه پلیمرهای پایدار دریافت کرده است. این مرکز که در ایالت اوهایو واقع شده، با هدف توسعه و تجاری‌سازی فناوری‌های مرتبط با پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر و بازیافت مواد پلیمری تأسیس شده است. این پروژه از سوی دولت فدرال آمریکا و شرکای صنعتی مورد حمایت قرار گرفته و انتظار می‌رود که تأثیرات اقتصادی و زیست‌محیطی قابل‌توجهی داشته باشد یکی از اهداف کلیدی این مرکز، کاهش وابستگی صنایع مختلف به پلاستیک‌های غیرقابل بازیافت است که اثرات مخربی بر محیط‌زیست دارند. پژوهشگران این مرکز بر توسعه بیوپلیمرهایی تمرکز دارند که می‌توانند بدون اینکه عملکرد یا دوام محصولات را کاهش دهند، جایگزین پلاستیک‌های متداول شوند. علاوه بر این نوآوری در روش‌های بازیافت پلاستیک مانند فرایندهای شیمیایی جدید برای تجزیه پلیمرها به اجزای اولیه، می‌تواند به افزایش بهره‌وری در استفاده مجدد از مواد پلیمری کمک کند از نظر اقتصادی، این پروژه می‌تواند به ایجاد فرصت‌های شغلی جدید در حوزه فناوری‌های سبز منجر شود. همچنین شرکت‌های صنعتی که به دنبال استفاده از مواد پایدار هستند، می‌توانند از تحقیقات و نوآوری‌های این مرکز بهره ببرند. پیش‌بینی می‌شود که این ابتکار نه‌تنها به کاهش آلودگی‌های پلاستیکی کمک کند، بلکه اقتصاد منطقه را نیز تقویت کند و سرمایه‌گذاری‌های بیشتری را به سوی این صنعت جذب نماید.

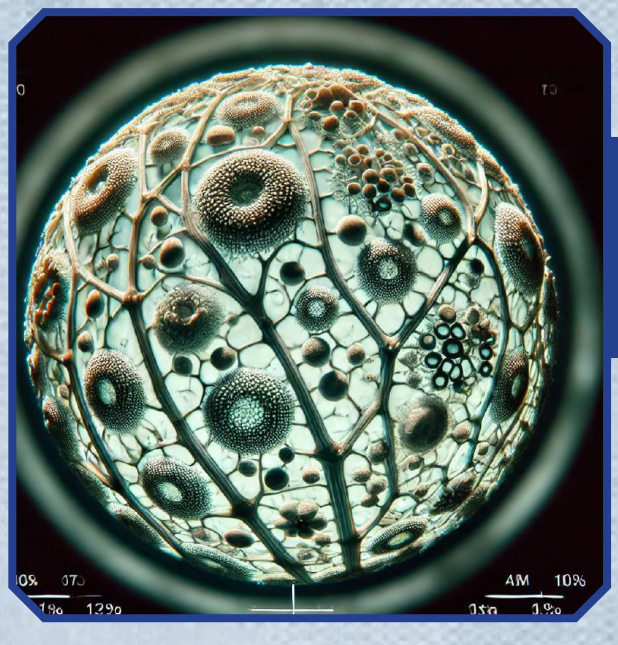
برای دسترسی به منابع ، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

انقلابی در پایش محیط زیست: تشخیص میکروپلاستیک و استرس گیاهی با نور نامرئی

گرداورنده : پارمیدا صدری

تشخیص میکروپلاستیک‌ها و شناسایی استرس گیاهی در مراحل اولیه و بسیاری از موارد دیگر اکنون با استفاده از یک روش جدید مبتنی بر اندازه‌گیری نور مادون قرمز نزدیک، امکان‌پذیر شده است. این روش کم‌هزینه می باشد و در زمان واقعی عمل می‌کند. محققان از بوخوم، دویسبورگ، کارلسروهه و مونستر روشی جدید برای پایش محیطزیست توسعه داده‌اند. این روش مبتنی بر نور مادون قرمز نزدیک (NIR) است و به کاربران این امکان را می‌دهد که اطلاعات طیفی دقیقی از مواد مختلف و نمونه‌های بیولوژیکی به دست آورند. تیم تحقیقاتی به سرپرستی جان استگمن[1] و پروفسور سباستین کروس[2] از مؤسسه مدارها و سیستم‌های میکروالکترونیک فرانهوفر[3] و دانشگاه روهر بوخوم آلمان، نشان دادند که فناوری HyperNIR می‌تواند برای شناسایی غیرتماسی انواع مختلف پلاستیک استفاده شود که در فرایندهای بازیافت و تشخیص میکروپلاستیک‌ها مفید است. محققان مقاله‌ای درباره این فناوری در مجله Advanced Science در ۴ مارس ۲۰۲۵ منتشر کرده‌اند

شکل۲: نور مادون قرمز نزدیک



شکل۱: نمای میکروسکوپی از استرس گیاهی

نور مادون قرمز نزدیک، که برای انسان نامرئی است، حاوی اطلاعات ارزشمندی درباره ترکیب شیمیایی نمونه‌ها است. روش‌های قبلی این اطلاعات را یا به صورت تصاویر سیاه و سفید یا به شکل طیف (یعنی توزیع شدت نور برای طول موج‌های مختلف) نمایش می‌دادند. اما روش جدید مبتنی بر تصویربرداری فراطیفی است، یعنی دارای ترکیب اطلاعات طیفی و فضایی می باشد. با استفاده از قطعات کم‌هزینه و تجاری موجود، محققان می توانند هر دوربین استانداردی را به یک دوربین HyperNIR تبدیل کنند تا اطلاعات طیفی را به تصاویر تبدیل کند. برای این منظور از اپتیک پلاریزاسیون کنترل‌شده (اپتیک قطبش قابل کنترل)، استفاده می کنند. همچنین نشانگرهای خارجی مانند رنگ‌ها نیز قابل شناسایی هستند، اما الزامی نیستند

فرایند در زمان واقعی انجام می‌شود

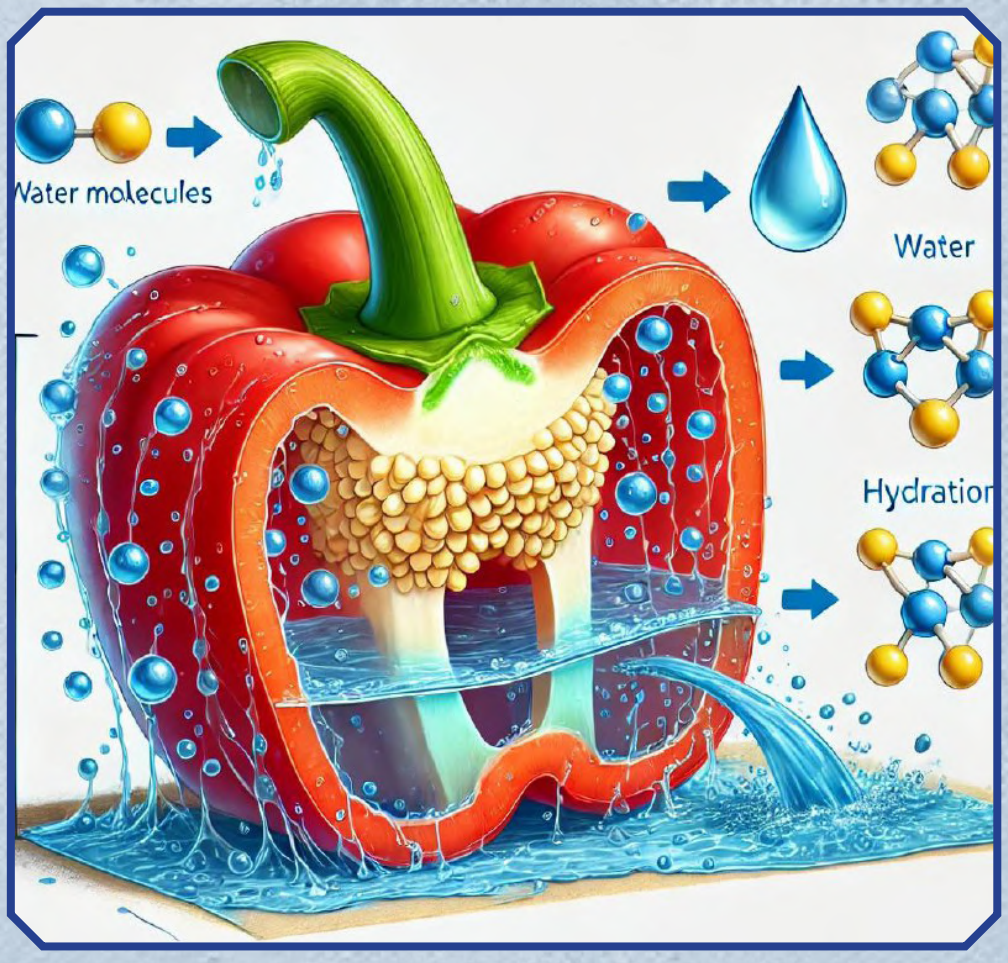
این سیستم از هر نمونه سه تصویر می‌گیرد که اطلاعات طیفی دقیقی ارائه می‌دهند. در حالی که روش‌های متداول نیازمند اسکن زمان‌بر نمونه هستند، دوربین HyperNIR به طور قابل توجهی سریعتر است. سباستین کروس پیش‌بینی می‌کند:« توانایی تحلیل مواد مختلف و ویژگی‌های آنها در زمان واقعی می‌تواند به‌طور چشمگیری کارایی فرایندهای پایش محیطزیست را افزایش دهد.»

[1] Jan Stegemann
[2] Sebastian Kruss
[3] Fraunhofer

کاربردهای احتمالی در زیست‌پزشکی

به عنوان مثال، محققان نشان دادند که فناوری HyperNIR به آن‌ها امکان می‌دهد نحوهٔ جذب آب توسط یک گیاه فلفل دلمه‌ای را بدون تماس و بدون استفاده از رنگ‌ها در زمان واقعی ردیابی کنند. جان استگمن می‌گوید:« چنین تصویربرداری فراطیفی را می‌توان به مولکول‌های دیگر نیز تعمیم داد. این روش می‌تواند برای پایش محتوای مواد مغذی در گیاهان یا تشخیص آفات و استرس گیاهی در مراحل اولیه استفاده شود.»

روش HyperNIR همچنین می‌تواند با میکروسکوپ فلورسانس ترکیب شود تا بین مولکول‌های فلورسنت مختلف که به عنوان نشانگر استفاده می‌شوند، تمایز قائل شود. این بدان معنی است که این سیستم می‌تواند برای تحقیقات زیست‌پزشکی نیز مورد توجه قرار بگیرد. تیم تحقیقاتی به سرپرستی جان استگمن و سباستین کروس امیدوارند در آینده این حوزه کاربردی را با جزئیات بیشتری بررسی کنند سباستین کروس در مورد مرحله بعدی توسعه این فناوری می‌گوید:« ادغام این فرایند در پهپادها می‌تواند به حل مسائل فوری محیط‌زیستی در حوزه کشاورزی کمک کند و بُعد جدیدی در جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها ایجاد نماید.»

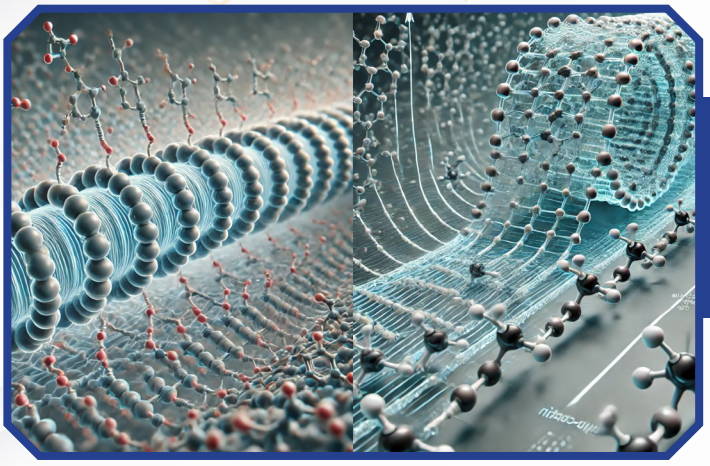


شکل۳: نحوه جذب آب توسط یک فلفل دلمه‌ای را نشان می‌دهد. فرایند انتقال آب از پوست به ساختار داخلی

برای دسترسی به منابع ، QR
را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

انقلابی در پایش محیط زیست: تشخیص میکروپلاستیک و استرس گیاهی با نور نامرئی

گرداورنده : پارمیدا صدری



تصویر ۱: «یک ساختار مولکولی پلی‌پسودوروتاکسان را نشان می‌دهد که شامل یک زنجیره پلی اتیلن گلایکول (PEG) با حلقه‌های آلفا-سیکلودکسترین (α-CD) است که در امتداد آن حرکت می‌کنند.»

پلیسودوروتاکسان‌ها[۱]، که در آن‌ها حلقه‌های α-سیکلودکسترین (α-CD)[۲] در امتداد یک زنجیره پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG) حرکت می‌کنند، از جمله گزینه‌های امیدوارکننده ای برای ماشین‌های مولکولی هستند. با این حال، دینامیک مولکولی آن‌ها تاکنون نامشخص باقی مانده است. اکنون محققان از میکروسکوپ نیروی اتمی با اسکن سریع (FS-AFM)[۳] برای مشاهده حرکت حلقه‌های α-CD در امتداد یک زنجیره PEG استفاده می‌کنند. این پیشرفت، FS-AFM را به عنوان ابزاری قدرتمند برای تجزیه و تحلیل پلیمرهای فراملکولی تثبیت می‌کند و راه را برای طراحی موتورهای مولکولی کارآمد هموار می‌سازد. یک لوکوموتیو میکروسکوپی بدون هیچ نیروی خارجی را تصور کنید که در طول یک مسیر به جلو و عقب حرکت می‌کند. در سطح مولکولی، این مفهوم پایه و اساس موتورهای مولکولی را تشکیل می‌دهد. سیستم‌های پیچیده‌ای که می‌توانند به توسعه مواد پیشرفته، رسانش هدفمند داروها و ساخت ربات‌ها در مقیاس نانو منجر شوند با الهام از ماشین‌های مولکولی طبیعت، دانشمندان از زمان ساخت اولین ماشین مولکولی مصنوعی در سال ۱۹۹۴، به توسعه نمونه‌های مصنوعی پرداخته‌اند. این تحقیقات به سرعت پیشرفت کرد و در نهایت منجر به اعطای جایزه نوبل شیمی در سال ۲۰۱۶ برای پیشرفت در طراحی ماشین مولکولی منجر شد. یکی از گزینه‌های امیدوارکننده، پلی‌سودوروتاکسان است؛ ساختاری که در آن یک زنجیره پلیمری پلی اتیلن گلیکول)PEG) از میان چندین حلقه α-سیکلودکسترین (α-CD) عبور می‌کند. در محلول‌های آبی، این حلقه‌ها به صورت خود را روی زنجیره PEG جمع می‌کنند و در امتداد آن حرکت می‌کنند. با این حال، تغییرات ساختاری خاص پشت این حرکت تاکنون ناشناخته مانده است.

اخیراً دانشمندان موسسه پیشرفته علوم و فناوری ژاپن (JAIST) موفق شده‌اند حرکت دینامیکی حلقه‌های α-سیکلودکسترین را در امتداد زنجیره PEG به صورت زنده مشاهده کنند و تغییرات ساختاری موضعی را که پیش از این نامشخص بودند، آشکار سازند. تیم تحقیقاتی به سرپرستی دانشیار کن‌ایچی شینوهارا، با استفاده از یک میکروسکوپ تخصصی به نام میکروسکوپ نیروی اتمی با اسکن سریع (FS-AFM)، تصاویر لحظه‌ای از حرکت حلقه‌های α-CD در امتداد زنجیره PEG ثبت کردند. این مطالعه که در تاریخ ۴ مارس ۲۰۲۵ در مجله Macromolecules منتشر شد، روش جدیدی برای تحلیل ساختار پلیمرهای فراملکولی معرفی می‌کند؛ رویکردی که پیش از این غیرممکن بوده و می‌تواند مسیر را برای طراحی ماشین‌های مولکولی پیشرفته‌تر هموار کند دکتر شینوهارا توضیح می‌دهد:« اگرچه پلی‌سودوروتاکسان PEG-α-CD به طور گسترده استفاده می‌شود، اما تغییرات ساختاری که هنگام حرکت حلقه‌های α-CD در طول زنجیره پلیمری رخ می‌دهد، هنوز به‌درستی درک نشده است. با آشکارسازی ساختار آن در فصل مشترک جامد-مایع، مطالعه ما به توسعه موتورهای پلیمری مصنوعی که توسط نوسانات حرارتی هدایت می‌شوند، کمک خواهد کرد.» برای تهیه پلی‌سودوروتاکسان، محققان PEG۱۰۰k را با α-CD در یک محلول آبی مخلوط کردند و به نمونه اجازه دادند بیش از شش ساعت استراحت کند.

[۱] Polypseudorotaxanes
[۲] α-cyclodextrin (α-CD)
[۳] fast-scanning atomic force microscopy

این فرایند منجر به تشکیل یک جامد سفیدرنگ شد که سپس با استفاده از FS-AFM در یک محلول آبی پتاسیم کلرید ۱۵ میلی‌مولار آن را تجزیه و تحلیل کردند. برخلاف میکروسکوپ‌های نوری معمولی، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) از یک نوک فوق‌العاده تیز روی یک اهرم کوچک برای اسکن سطوح استفاده می‌کند و ویژگی‌های نانومقیاس را ثبت کرده و تصاویری با وضوح بالا تولید می‌کند تصویربرداری از زنجیره PEG۱۰۰k به تنهایی ساختاری بسیار انعطاف‌پذیر و دمبلی شکل با گلبول‌هایی در دو انتها را نشان می‌دهد. این انعطاف‌پذیری باعث ایجاد خاصیت فنری در آن شده و اجازه می‌دهد آزادانه منبسط و منقبض شود. به همین دلیل در حالت آزاد، زنجیره بسیار کوتاه‌تر (به طور متوسط ۴۸/۱ نانومتر) از طول کشیده واقعی ۷۹۰ نانومتر آن به نظر می‌رسید. با افزودن حلقه‌های α-CD، انعطاف‌پذیری زنجیره کاهش یافت. تصویربرداری از پلی‌سودوروتاکسان PEG۱۰۰k@α-CD نشان داد که ساختار آن به طور قابل‌توجهی طولانی‌تر (به طور متوسط ۴۹۹/۶ نانومتر) و سخت‌تر شده است؛ درحالی‌که تشکیل کلاهک‌های انتهایی مانع از لغزش حلقه‌های α-CD از زنجیره شد. جالب اینجاست که با وجود کاهش انعطاف‌پذیری، زنجیره همچنان حرکات فنری از خود نشان داد؛ زیرا حلقه‌های α-CD همچنان در طول آن حرکت می‌کردند. دکتر شینوهارا می‌گوید:« ما مشاهده کردیم که پلی‌سودوروتاکسان حرکات انقباضی و انبساطی از خود نشان می‌دهد که ناشی از جابه‌جایی حلقه‌های α-CD در امتداد زنجیره پلیمری است. این حرکات عمدتاً در بخش‌های در معرض PEG که خودبه‌خود منقبض می‌شوند رخ می‌دهد؛ جایی که انبساط و انقباض مکرر با حرکت حلقه‌های α-CD مشاهده شد.» شبیه‌سازی‌های دینامیک مولکولی نیز این یافته‌ها را تأیید کردند و حرکات انقباضی و انبساطی مشاهده‌شده در آزمایش‌های FS-AFM را بازتولید کردند اگرچه دستیابی به ماشین‌های مولکولی کاملاً کاربردی هنوز یک هدف بلندمدت است، این مطالعه پایه‌ای برای درک حرکت مولکولی در سیستم‌های فرامولکولی فراهم می‌کند.

دکتر شینوهارا خاطرنشان می‌کند:« FS-AFM یک تکنیک امیدوارکننده برای تحلیل مواد فرامولکولی است، به‌ویژه زمانی که روش‌های طیف‌سنجی متعارف برای تحلیل ساختاری مناسب نباشند.» این یافته‌ها می‌توانند به توسعه موتورهای مولکولی با بهره‌وری انرژی بالا منجر شوند که با استفاده از انرژی حرارتی در دمای محیط، حرکت کنترل‌شده‌ای را امکان‌پذیر می‌سازند.

برای دسترسی به منابع ، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

مصاحبه با دکتر هایده شیرزادی

گرداورنده: زهرا نصرتی(دبیر)،زهرا نصرتی،نگار محمدی ، مهشید مرادی

۱. لطفا خود را معرفی کرده و موضوعی که دارید روی آن کار می‌کنید را شرح دهید.

با سلام؛ بنده شیرزادی مدیرعامل شرکت بازیافت مواد کودالیت در کرمانشاه هستم و درواقع بنیان‌گذار این شرکت هستم که ۲۷ سال پیش با مشارکت شهرداری با هدف برنامه‌ریزی برای مدیریت پسماند در شهر کرمانشاه این شرکت را ثبت کرده‌ایم. بنده دانش‌آموخته رشته اکولوژیست در آلمان هستم و به عنوان یک اکولوژیست در این موضوع کار می‌کنم. ما در کرمانشاه یک مجموعه درست کرده‌ایم و کار ما به این صورت است که کل پسماندهای این شهر (میانگین ۷۰۰ تن در روز) را تحویل می‌گیریم و آنها را پردازش می‌کنیم؛ این پردازش‌ها نشان می‌دهند که حدود ۷۰ درصد این پسماندها مربوط به غذا می‌باشد که توسط یک فرایند بیولوژیکی به کمپوست تبدیل می‌شوند. این اقتصادی‌ترین روش تبدیل زباله‌های غذایی است. بخش دیگر پسماندهای ارزشمند است که ما با تکنولوژی سیستم‌هایی که داریم و هم به‌صورت دستی آنها را جدا می‌کنیم؛ زیرا ما هنوز یک سیستم درست تفکیک در مبدأ و زیرساخت‌های کافی را نداریم. ۲۰ درصد پسماندها نیز کیسه‌های پلاستیکی، بهداشتی و ... هستند که به آن‌ها پسماندهای ارزش حرارتی می‌گویند. می‌توان گفت ۳۵ سال پیش این ارزش حرارتی در اروپا شروع شد و دیده شد که این مواد می‌توانند جایگزین ذغال سنگ و مازوت در کارخانه‌ها شوند و بعد از آن، از ۱۸ سال پیش تکنولوژی این کار فراهم شده است. این روش در زمان بحران گاز بسیار مورد توجه قرار گرفته است. ما می‌توانیم با این کار در مصرف ۲۰ میلیون متر مکعب گاز در کرمانشاه صرفه جویی کنیم و در کارهای دیگر نیز استفاده کنیم. این مقدار گاز ارزش اقتصادی بالایی دارد و این صرفه جویی بسیار سودمند است؛ به طوری‌که اگر این گازی که در کارخانه‌ی سیمان سوزانده می‌شود را در صنعت پتروشیمی استفاده کنند ارزش بسیار بیشتری دارد.

حال سوال این است که چرا در ایران بحران زباله وجود دارد؟ زیرا پسماند هزینه دارد. در کشورهای توسعه یافته هزینه پسماند را از مردم می‌گیرند ولی در ایران چنین چیزی وجود ندارد. راهکاری که در این صورت توسط بنده داده شده است این است که من از سال ۹۴ پیشنهاد داده‌ام که می‌توانیم هرمقدار گازی را که صرفه‌جویی می‌کنیم را به شهرداری‌ها بدهیم تا این هزینه را صرف کل پسماندها بکنند. در نتیجه این پیشنهاد، قرار است تا ۲ ۳ ماه آینده دیگر دفن زباله نداشته باشیم و ۷۰ درصد آن تبدیل به کمپوست می‌شود و ۱۰ درصد چیزهای ارزشمند هم جدا شود و زیر ۵ درصد هم حالت خاک‌طور دارد که دیگر آلودگی ندارد و مشکلی ندارد. برای سلامتی محیط‌زیست ایران، ما ابتدا باید دفع زباله را قطع کنیم و مانند سایر کشورها با کمک تمام جامعه زیرساخت‌هایی برای کاهش پسماند تهیه کنیم؛ برای مثال منع استفاده از کیسه پلاستیکی و ایجاد عادت‌های جدید مانند استفاده از کیف‌های دستی به جای کیسه پلاستیکی به هنگام خرید و ... . این اهداف یک برنامه میان مدت و بلند مدت نیاز دارند که ما هم در کاهش پسماند و هم تفکیک آن کمک کنیم تا کیفیت بهتری به عنوان مواد اولیه مصرف کنیم. برای تحقق این اهداف باید هم از مردم و هم از مسئولین مطالبه‌گری کنیم تا بتوانیم زیرساخت‌ها را فراهم کنیم. هر نفر به طور میانگین در سال ۳۰۰ کیلوگرم زباله تولید می‌کند و هزینه استفاده از روش جمع‌آوری این زباله هـ

برای هر خانواده سالانه ۵ دلار است که یعنی هزینه بسیار کمی دارد؛ بنابراین مردم باید در هزینه‌هایش همراهی کنند. تا زمانی‌که مردم مشارکت کنند و این موضوع حل شود زمان می‌برد اما انجام‌شدنی است. هزینه سختی نیز ندارد و از هزینه خرید میوه کمتر است. ما باید دست به دست و با کمک یکدیگر مشکل زباله را حل کنیم. همچنین می‌توانیم انگیزه اقتصادی ایجاد کنیم؛ برای مثال اگر شخصی در ابتدا زباله‌هایش را جمع‌آوری کرد هزینه کمتری نسبت به دیگران در طرح روش جمع‌آوری بپردازد.

۲. آغاز این مسیر و چالش‌هایش:

در آلمان به این موضوع و محیط‌زیست علاقه‌مند شدم و رشته اکولوژیست را مطالعه کردم. برای آشنایی با رشته اکولوژیست می‌توان گفت که ما سه حیطه در محیط‌زیست داریم. یکی از آنها محیط‌زیست طبیعی است و یکی دیگر محیط‌زیست مصنوعی مثل ساختمان‌ها و جاده‌ها و ... که از محیط‌زیست طبیعی برداشت شده‌اند. نکته‌ای در مورد این برداشت‌ها این است که به دلیل تجدیدناپذیر بودن این انرژی‌ها در آینده به مشکل برمی‌خوریم و گازهای گلخانه‌ای و ... در این راستا افزایش می‌یابند. محیط‌زیست دیگری که در اواخر دهه‌ی ۶۰ میلادی تأسیس شد، محیط‌زیست اجتماعی نام گرفت که شامل اکولوژی نیز می‌شود. این محیط‌زیست همان توازن میان دولت‌ها و جامعه است که بیان می‌کند دولت‌ها باید برای حفظ محیط‌زیست قوانینی وضع کنند و همچنین مصرف کننده‌ها نیز باید ملزم بشوند در برابر هر مصرفی که دارند مسئولیت اجتماعی داشته باشند. رابطه میان ۳ محیط‌زیست طبیعی و مصنوعی و اجتماعی را اکوسیستم می گویند و علم میان این ۳ را اکولوژی نامیده‌اند. این علم بسیار فراخ است و دید وسیعی در همه موارد به ما می‌دهد. تمرکز بنده روی یک مشکل در این میان است. من تصمیم گرفته‌ام یک راهکار به عنوان الگو برای ایران بدهم تا سایر شهرها نیز علاوه بر کرمانشاه از این الگو استفاده کنند.

۳. چون مخاطب این نشریه دانشجویانی هستند که می‌خواهند وارد عرصه محیط‌زیست بشوند چه توصیه‌ای برایشان دارید؟

از آنجایی که من هم همین مسیر را داشته‌ام، پیشنهاد من این است که ما همواره باید برای خود چالش ایجاد کنیم و سوال مطرح کنیم و بخواهیم و بدانیم که باید سهمی در این چالش داشته باشیم؛ باید اطلاعات بسیار خوب و علمی کسب کنیم تا بعداً بتوانیم به عنوان کارآفرین در جایی که دانش خود را قوی کرده‌ایم شروع کنیم. هرکس مسیر خود را دارد اما می‌توان از انسان‌های موفق در این زمینه‌ها الگو گرفت تا شرایط بهتری برای خود بسازیم. همگی مطلع هستیم که در آینده شرایط محیط‌زیستی بسیار بدتر خواهد شد؛ بنابراین باید بدانیم هرچیزی یک زباله است؛ حتی مردن. ما باید با این دیدگاه که ایران و محیط‌زیست آن ارثی است که از پدربزرگ‌هایمان برجای مانده است، در حفظ و نگهداری آن کوشا باشیم. شعار بنده و منشور زندگی من این است که هرچیزی که کم داشته باشیم را می توانیم وارد کنیم ولی محیط‌زیست را نمی توانیم جایگزین کنیم، بنابراین تمام جامعه باید در حفظ و نگهداری آن برای خود و آیندگان تلاش کنند.

پلیمرهای زیستی، محرکی برای تحقق اقتصاد چرخشی در صنعت پلیمر

شکل ۱: پلیمرهای زیستی، پلیمرهایی که تمام یا بخشی از آن‌ها از منابع تجدیدپذیر زیستی مانند نشاسته، سلولز یا زیست‌توده گیاهی تولید می‌شوند.

در سال‌های اخیر، بحران‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی و انباشت پلاستیک‌های غیرقابل‌تجزیه در طبیعت، توجه جامعه علمی و صنعتی را به‌سوی مفاهیم نوین توسعه پایدار جلب کرده است. یکی از این مفاهیم، اقتصاد چرخشی بوده که با هدف حذف ضایعات و حفظ ارزش مواد در چرخه تولید، به‌عنوان جایگزینی هوشمندانه برای اقتصاد خطی مطرح شده است. در این میان، پلیمرهای زیستی به‌عنوان یکی از بازیگران کلیدی در مسیر گذار به صنعتی پایدارتر، نقش پررنگی ایفا می‌کنند شکل ۱ نشان می‌دهد که پلیمرهای زیستی، برخلاف پلاستیک‌های سنتی که بر پایه‌ی منابع فسیلی تولید می‌شوند، از منابع تجدیدپذیر زیستی، مانند نشاسته، سلولز و سایر زیست‌توده‌ها به دست می‌آیند. این پلیمرها، نه‌تنها ظرفیت کاهش وابستگی به منابع تجدیدناپذیر را داشته، بلکه با امکان‌پذیر شدن مسیرهای بازیافت موثر و طراحی مناسب محصولات، می‌توانند به شکلی واقعی در یک اقتصاد چرخشی جای بگیرند باوجود این پتانسیل بالا، چالش‌هایی مانند نبود زیرساخت‌های بازیافت تخصصی، طراحی نامناسب محصولات و عدم آگاهی کافی نسبت به عملکرد زیست‌محیطی این پلیمرها، باعث شده که نقش آن‌ها در صنعت هنوز به نقطه‌ی عطف خود نرسد. این در حالی است که مطالعات اخیر و رشد سریع بازار پلیمرهای زیستی[1] نشان داده که آن‌ها نه‌تنها یک گزینه‌ی جایگزین، بلکه یک نیروی محرک در توسعه صنعتی آینده محسوب می‌شوند

این مقاله با تمرکز بر بررسی علمی مسیرهای بازیافت پلیمرهای زیستی، تلاش کرده تا نقش واقعی آن‌ها را در اقتصاد چرخشی، فراتر از شعارهای زیست‌محیطی و در بستر طراحی محصول، بازیافت صنعتی و تأثیرات اقتصادی به تصویر بکشد.

جایگاه پلیمرهای زیستی در پایداری و اقتصاد چرخشی

استفاده از منابع تجدیدپذیر و نقش آن در کاهش انتشار کربن فسیلی

پلیمرهای زیستی از بسپارهایی تشکیل شده‌اند که دست‌کم بخشی از آن‌ها از منابع زیستی نظیر زیست‌توده تولید شده‌اند. این ویژگی منحصربه‌فرد، امکان جای‌گیری آن‌ها در چرخه‌ی تولید مبتنی بر منابع تجدیدپذیر را فراهم می‌کند. برخلاف پلیمرهای پتروشیمیایی که منشأ آن‌ها سوخت‌های فسیلی و تجزیه‌ناپذیر بوده، پلیمرهای زیستی قابلیت آن را دارند که پس از پایان عمر مفید خود، از طریق مسیرهایی همچون احتراق کنترل‌شده یا تجزیه زیستی، به مولکول‌های ساده مانند دی‌اکسیدکربن و آب که خود از ابتدا پایه‌ی زیستی این پلیمرها را تشکیل داده بوده اند، بازگردند. بنابراین، بازگشت این مواد به چرخه‌ی طبیعی نه‌تنها منجر به تولید دی‌اکسیدکربن فسیلی نشده بلکه می‌تواند به‌عنوان یک‌چرخه‌ی زیستی بسته و پایدار در نظر گرفته شود. این ویژگی به‌ویژه در چارچوب اقتصاد چرخشی، عاملی کلیدی در جهت‌گیری به‌سوی صنعتی با آلایندگی کمتر و کارایی بیشتر محسوب می‌شود.

[1] Bio-based Polymers

مقایسه میان پلیمرهای زیستی و فسیلی در مسیرهای بازیافت مانند احتراق و تجزیه زیستی

یکی از تفاوت‌های اساسی میان پلیمرهای زیستی و فسیلی، قابلیت آن‌ها برای حضور در چرخه‌ی زیستی اقتصاد چرخشی است. درحالی‌که پلیمرهای فسیلی تنها در چرخه‌ی فنی قرار گرفته و بازیافت آن‌ها غالبا با انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه است، پلیمرهای زیستی در مسیرهایی همچون احتراق یا تجزیه هوازی، بدون افزودن کربن جدید به اتمسفر، به مولکول‌های اولیه‌ی خود بازمی‌گردند. به‌عنوان‌مثال، در فرایند احتراق، کربنی که از ابتدا توسط گیاهان از جو جذب و به پلیمر تبدیل شده، مجدداً به جو بازمی‌گردد که در نتیجه، این فرایند از منظر تراز کربنی خنثی تلقی می‌شود. در مسیر تجزیه هوازی که معمولاً در تأسیسات کمپوست[۲] صنعتی انجام می‌گیرد، پلیمرها به دی‌اکسیدکربن و آب تجزیه می‌شوند.

اگر این پلیمرها زیستی باشند، محصولات تجزیه مستقیم وارد چرخه‌ی طبیعی می‌شوند و دوباره توسط گیاهان جذب خواهند شد. با این حال، در شرایط بی‌هوازی و به‌ویژه در محیط‌های طبیعی مانند ته سطل‌های زباله یا خاک بدون تهویه، فرایند تجزیه ممکن است منجر به تولید گاز متان شده که قدرت گلخانه‌ای بسیار بیشتر از CO_2 داشته که در صورت نشت به جو، اثرات منفی شدیدی دارد. در نتیجه، تجزیه بی‌هوازی در محیط طبیعی نه‌تنها غیرمؤثر بوده بلکه در تناقض با اهداف پایداری قرار دارد. همچنین، هنوز شواهد کافی برای اثبات تجزیه کامل پلیمرهای زیستی در طبیعت بدون تولید متان وجود نداشته و نیاز به تحقیقات گسترده‌تری در شرایط محیطی واقعی احساس می‌شود.

مفهوم چرخه زیستی و چرخه فنی و جایگاه پلیمرهای زیستی در آن‌ها

اقتصاد چرخشی به طور کلاسیک به دو چرخه‌ی اصلی تقسیم می‌شود: چرخه‌ی زیستی[۳] و چرخه‌ی فنی[۴]، چرخه‌ی زیستی مربوط به موادی است که قابلیت بازگشت به طبیعت و تجزیه در سامانه‌های زیستی را داشته درحالی‌که چرخه‌ی فنی به موادی مربوط می‌شود که از طریق فناوری‌های صنعتی بازیافت یا بازسازی می‌شوند. پلیمرهای پتروشیمیایی صرفا در چرخه‌ی فنی قابل پردازش بوده و بازیافت آن‌ها معمولا با هزینه‌های زیست‌محیطی بالا همراه است. در مقابل، پلیمرهای زیستی این مزیت را داشته که علاوه بر حضور در چرخه‌ی فنی، در بسیاری از موارد می‌توانند در چرخه‌ی زیستی نیز قرار گیرند پلیمرهای زیستی از مولکول‌های پایه‌ای مانند دی‌اکسیدکربن و آب که توسط گیاهان جذب شده، شروع می‌شوند. این مولکول‌ها در گیاهان به زیست‌توده تبدیل شده، سپس به مونومر، پلیمر و نهایتاً محصول نهایی تبدیل می‌شوند. در پایان عمر، مسیرهایی مانند تجزیه هوازی یا احتراق، این مواد را مجدد به مولکول‌های ساده تبدیل می‌کند که قابلیت جذب دوباره توسط گیاهان را دارند و بنابراین یک چرخه بسته‌ی کامل ایجاد می‌شود. از سوی دیگر، مسیرهایی همچون بازیافت مکانیکی، حل‌سازی، حل‌پذیری شیمیایی یا بازیافت گرما-شیمیایی[۵]، مواد را به چرخه‌ی فنی بازمی‌گردانند و اگرچه موثر بوده، اما اتصال مستقیمی با چرخه‌ی زیستی ندارند. تنها درصورتی‌که متان حاصل از تجزیه بی‌هوازی در محیط صنعتی جمع‌آوری و به‌عنوان منبع انرژی یا پیش‌ماده استفاده شود، می‌توان آن را بخشی از چرخه‌ی زیستی- فنی مشترک در نظر گرفت. در غیر این صورت، نشت متان از چرخه جلوگیری کرده و پایداری آن را زیر سؤال می‌برد.

[۲] Industrial composting facilities
[۳] Biocycle
[۴] Technocycle
[۵] Thermochemical Recycling

کاربردهای صنعتی پلیمرهای زیستی

کاربردهای صنعتی پلیمرهای زیستی در محصولاتی با احتمال حضور در طبیعت

پلیمرهای زیستی در گذار به سمت پایداری و اقتصاد چرخشی، به‌ویژه در کاربردهایی که بازیافت در سامانه‌های سنتی دشوار بوده، نقش قابل‌توجهی ایفا می‌کنند. برخی محصولات مصرفی، به طور اجتناب‌ناپذیری در طبیعت رها می‌شوند. این موضوع یا به‌دلیل فرسایش در طول استفاده است یا ذات کاربرد آن‌ها ایجاب می‌کند که در محیط زیست رها شوند. مواردی چون کفی کفش‌ها، تایر خودروها را می‌توان به‌عنوان محصولاتی می‌توان نام برد که احتمال حضور آن‌ها در محیط طبیعی، در پایان عمر کاربردیشان بسیار زیاد است. برای چنین محصولاتی، گزینه‌ای که به‌عنوان یک مسیر بالقوه برای بازیابی در نظر گرفته شده، تجزیه زیستی در طبیعت است. این گزینه نه با هدف بازیافت ماده یا انرژی، بلکه به‌عنوان راهی برای پیشگیری از آلودگی و زباله‌ی پلاستیکی در محیط تعریف می‌شود. برخلاف پلیمرهای پتروشیمیایی که در مسیرهایی همچون احتراق منجر به انتشار کربن فسیلی می‌شوند، پلیمرهای زیستی به دلیل منشأ گیاهی خود، حاوی کربنی بوده که پیش‌تر از جو جذب شده و بنابراین در صورت تجزیه، کربن فسیلی جدیدی به چرخه‌ی جوی وارد نمی‌کنند. از این رو، فرایندهایی مانند احتراق کنترل‌شده یا هضم هوازی برای پلیمرهای زیستی می‌توانند از منظر انتشار گازهای گلخانه‌ای، خنثی از نظر کربنی باشند و در قالب یک حلقه‌ی چرخشی زیستی تعریف شوند. با این حال، تکیه بر تجزیه زیستی در محیط طبیعی با چالش‌ها و محدودیت‌های قابل‌توجهی همراه است. هرچند هضم هوازی در طبیعت می‌تواند پلیمر را به دی‌اکسیدکربن و آب بازگرداند، اما این فرایند به معنای از بین رفتن کامل ارزش عملکردی ماده است و این مواد نیز جرم یا ارزش غذایی خاصی به کمپوست اضافه نمی‌کنند.

علاوه بر این، هنوز شواهد علمی کافی در اختیار نیست که نشان دهد پلیمرهای زیستی تجزیه‌پذیر، در شرایط واقعی محیطی، به طور کامل به CO_2 و H_2O تبدیل می‌شوند بدون آنکه در مسیر، گاز متان تولید شود. از طرفی، اگر تجزیه بی‌هوازی[۶] در محیط‌های کنترل‌نشده مانند خاک یا کمپوست‌های خانگی اتفاق بیفتد، احتمالا متان تولیدی به جو نشت کرده که از منظر پایداری، کاملا نامطلوب تلقی می‌شود. همچنین یکی دیگر از نگرانی‌ها، امکان تشکیل ریز پلاستیک‌ها یا نانو پلاستیک‌ها از تجزیه ناقص پلیمرها در طبیعت است؛ پدیده‌ای که آثار آن هنوز به‌خوبی شناخته نشده است این سناریوها نشان می‌دهد که تجزیه زیستی در طبیعت تنها زمانی می‌تواند به‌عنوان مسیر بازیابی قابل‌قبول در نظر گرفته شود که شواهد علمی کافی مبنی بر تجزیه کامل و بی‌خطر پلیمر در شرایط خاص محیطی مدنظر، وجود داشته باشد، در غیر این صورت، اتکا به این مسیر ممکن است نه‌تنها کمکی به پایداری نکرده، بلکه منجر به آلودگی‌های ثانویه شود.

[۶] Anaerobic Digestion

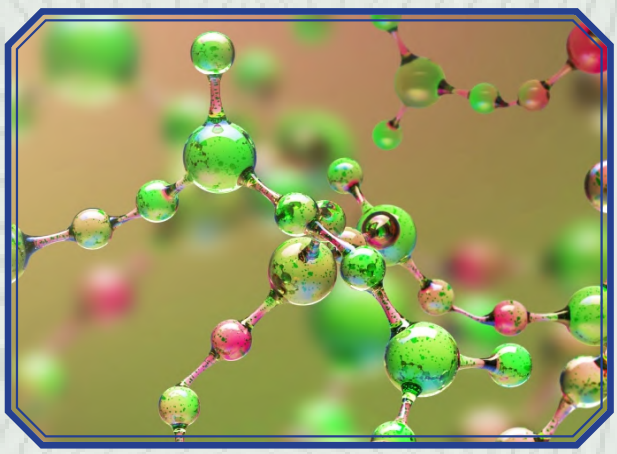
ملاحظات طراحی محصول برای کاربردهای زیست‌پذیر

کاربردهایی مانند فیلم‌های کشاورزی یا کفی کفش‌ها که با احتمال بالایی در محیط طبیعی رها می‌شوند، نیازمند طراحی هدفمند با محوریت تجزیه زیستی هستند. در چنین مواردی، طراحی باید به‌گونه‌ای باشد که تمام اجزای محصول از جمله پلیمر پایه و افزودنی‌ها، توانایی تجزیه کامل در شرایط محیطی مدنظر را داشته باشند. همچنین محصول نباید با مواد یا آلودگی‌های غیرقابل تجزیه همراه شود که ممکن است در فرایند تجزیه وارد طبیعت شده و زیان‌آور باشند نکته مهم دیگر آن است که تجزیه زیستی در سطح ماده اتفاق می‌افتد. بنابراین برای تسریع این فرایند، باید نسبت سطح به حجم[۷] بهینه شود. طراحی‌هایی با ضخامت کم، سطح تماس بیشتر و شکل‌های ساده، به افزایش نرخ تجزیه کمک خواهند کرد.. تصمیم‌گیری درباره مسیر بازیابی و قابلیت تجزیه زیستی محصولات زیستی باید در مراحل اولیه‌ی طراحی صورت گیرد زیرا در غیر این صورت، ممکن است محصولی تولید شود که با اهداف اقتصاد چرخشی ناسازگار باشد یا حتی اثرات زیست‌محیطی منفی به دنبال داشته باشد.

روندهای بازار و تأثیرات اقتصادی

روندهای بازار و تأثیرات اقتصادی پلیمرهای زیستی

بازار پلیمرهای زیستی در حال حاضر سهم نسبتاً کوچکی از صنعت جهانی پلاستیک را تشکیل می‌دهد، اما با سرعتی چشمگیر در حال رشد است. بر اساس داده‌های ارائه‌شده، پلاستیک‌های زیستی تنها حدود ۱ درصد از تولید سالانه‌ی جهانی پلاستیک‌ها را شامل می‌شوند. با این حال، نرخ رشد آن‌ها دو برابر سریع‌تر از پلاستیک‌های مبتنی بر منابع فسیلی است. این روند صعودی بیانگر آغاز یک تحول ساختاری در صنعت پلاستیک بوده و نشان می‌دهد که پلیمرهای زیستی در آینده، سهم بزرگ‌تری از جریان زباله‌های پلاستیکی را به خود اختصاص خواهند داد در درون بازار پلیمرهای زیستی، تمایز مهمی میان پلیمرهای اصطلاحا Drop-in[۸] و پلیمرهای اختصاصی[۹] قائل می‌شوند. پلیمرهای Drop-in از نظر شیمیایی با معادل‌های فسیلی خود مانند (Bio-PET) یکسان بوده درحالی‌که پلیمرهای اختصاصی ساختارهای منحصربه‌فردی دارند که در سیستم‌های پتروشیمیایی مشابهی برای آن‌ها وجود ندارد. در حال حاضر، پلیمرهای اختصاصی حدود ۶۰ درصد از بازار پلیمرهای زیستی را تشکیل داده و پیش‌بینی می‌شود که سهم آن‌ها همچنان افزایش یابد. با توجه به حجم کم فعلی این پلیمرها در جریان‌های زباله، سیستم‌های بازیافت سنتی آن‌ها را به عنوان آلاینده تلقی می‌کنند. اما با رشد بازار این پلیمرها، لزوم توسعه‌ی زیرساخت‌های بازیافت جدید و کارآمد احساس می‌شود.



۷ Surface area to volume ratio

۸ پلیمرهایی که ساختار شیمیایی مشابه پلاستیک‌های فسیلی داشته اما از منابع زیستی تولید شده‌اند.

۹ Dedicated

چالش‌های اقتصادی و زیرساختی بازیافت پیشرفته

توسعه و پیاده‌سازی تکنیک‌های بازیافت پیشرفته مانند حل‌سازی[10] و حل‌پذیری[11] شیمیایی برای پلیمرهای زیستی با چالش‌های جدی اقتصادی و زیرساختی همراه است. فرایند حل‌سازی نیازمند حجم بالایی از حلال‌ها و غیرحلال‌ها بوده که اغلب منشأ زیستی نداشته و علاوه بر آن، بازگشت کامل حلال‌ها به چرخه‌ی استفاده نیز هنوز ممکن نشده است. این فرایند همچنین انرژی‌بر است و در بسیاری موارد نیازمند دمای بالاتر از ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. در مورد حل‌پذیری شیمیایی نیز معمولاً به دماهای بالا و کاتالیزگرهای خاص نیاز است با وجود هزینه‌های بالا، این روش‌ها در مقایسه با بازیافت مکانیکی، مزایایی در زمینه‌ی خلوص ماده بازیافتی ارائه می‌دهند، چراکه قابلیت پردازش پلیمرهای آلوده به افزودنی‌ها یا پلیمرهای ترکیبی را دارند. با این حال، هزینه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی قابل‌توجهی را به همراه دارند و درک فعلی از کاربرد آن‌ها برای انواع مختلف پلیمرهای زیستی هنوز بسیار محدود است بر همین اساس، نه تنها خود مسیرهای بازیافت پیشرفته نیاز به توسعه‌ی بیشتر داشته، بلکه باید سامانه‌های جمع‌آوری، تفکیک و آماده‌سازی زباله‌های مربوطه نیز متحول شوند. بدون چنین تحولاتی، امکان استفاده‌ی گسترده از این مسیرهای نوین در مقیاس صنعتی وجود نخواهد داشت و گذار واقعی به اقتصاد چرخشی با تأخیر مواجه خواهد شد.

چالش‌های فنی و محدودیت‌ها

موانع بازیافت مکانیکی: آلودگی، افزودنی‌ها، طراحی محصول

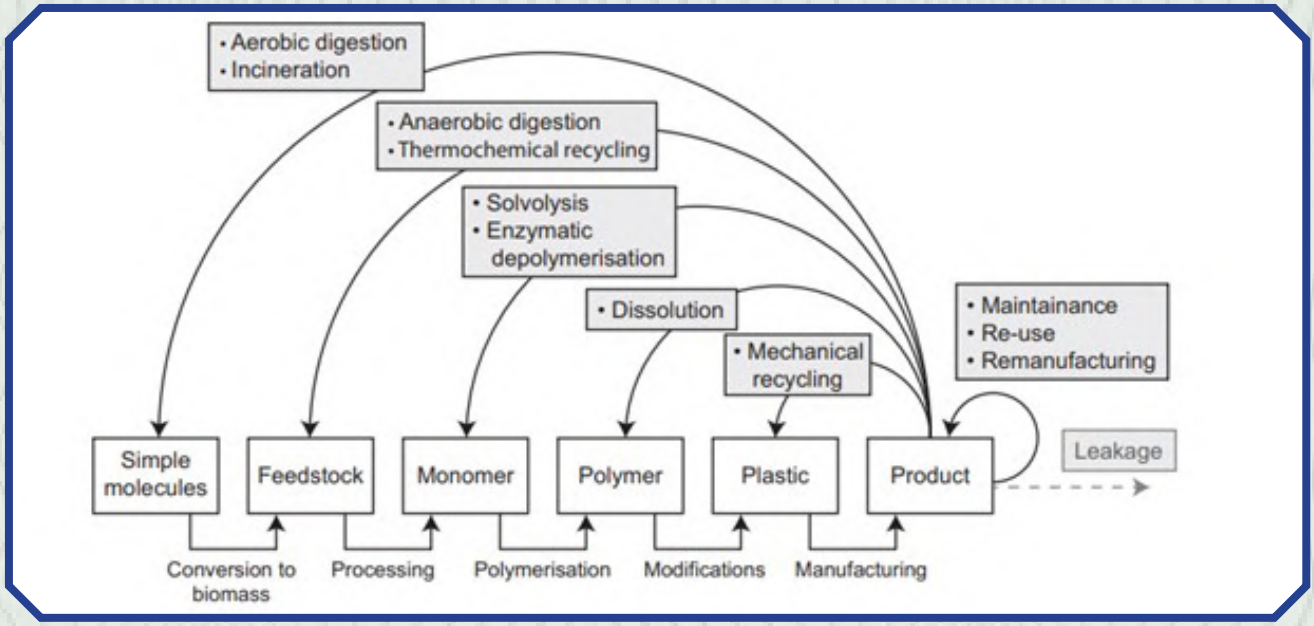
چالش‌های فنی و محدودیت‌ها در بازیافت پلاستیک‌های زیستی به چند عامل اصلی برمی‌گردد. ابتدا، اصطلاح پایه زیستی تنها به منبع پلیمر اشاره داشته و به معنای تجزیه‌پذیری

زیستی در طبیعت نیست. بنابراین پلاستیک‌های پایه زیستی ممکن است هنوز در محیط‌های طبیعی تجزیه نشده و به آلودگی پلاستیکی کمک کنند. از سوی دیگر، موانع بازیافت مکانیکی پلاستیک‌ها شامل آلودگی و ناخالصی‌ها بوده که در فرایند بازیافت باعث تخریب مواد می‌شوند. دقت در جداسازی مواد در این فرایند اهمیت زیادی داشته زیرا کیفیت پلاستیک‌های بازیافتی به آن بستگی دارد. علاوه بر این، افزودنی‌ها در پلاستیک‌ها معمولاً در طول بازیافت مکانیکی جدا نشده و می‌توانند ارزش پلاستیک‌های بازیافتی را کاهش دهند. محصولات باید طوری طراحی شده که قسمت‌های مختلف پلاستیکی آن‌ها به راحتی از هم جدا شده تا بازیافت مکانیکی به درستی انجام شود.

بررسی کوتاه هر مسیر بازیافت (مکانیکی، شیمیایی، زیستی، احتراقی)

مسیرهای مختلف بازیافت برای پلاستیک‌های پایه زیستی شامل چندین روش اصلی هستند. بازیافت مکانیکی به پردازش ضایعات پلاستیک بدون تغییرات عمده در ساختار شیمیایی یا ترکیب آن‌ها اشاره داشته و شامل مراحل جداسازی، خردکردن، شستشو، خشک‌کردن و بازپردازش با تکنیک‌های ذوب است. اما استرس‌های ترومکانیکی می‌توانند ساختار پلیمر را تخریب کرده و خواص آن را تغییر دهند.

[10] Dissolution
[11] Solvolysis



شکل ۲: چارچوب اقتصاد چرخشی پلاستیک‌های زیستی در محصولات. این چارچوب مسیر تبدیل زیست‌توده به پلیمر، تولید محصول و بازگشت آن به طبیعت از طریق بازیافت یا تجزیه زیستی را نشان می‌دهد؛ فرآیندی که منجر به شکل‌گیری یک چرخه‌ی زیستی بسته و کاهش وابستگی به منابع فسیلی می‌شود.

بازیافت شیمیایی شامل روش‌هایی مانند حل‌سازی بوده که در آن پلیمر با استفاده از حلال مناسب حل شده و سپس رسوب داده می‌شود. تجزیه شیمیایی با حلال که شکستن پلیمر با حلال و کاتالیزور است. همچنین، بازیافت ترموشیمیایی با استفاده از دماهای بالا (مانند پیرولیز[۱۲] و گازسازی[۱۳]) برای شکستن پلیمرها انجام می‌شود. بازیافت زیستی شامل هضم بی‌هوازی و هوازی بوده که در آن میکروارگانیسم‌ها ترکیبات آلی را تجزیه کرده و گازهای مختلفی تولید می‌شود. در نهایت، سوزاندن پلاستیک‌ها که به کربن دی‌اکسید، آب و خاکستر تبدیل می‌شوند خود می‌تواند برای پلاستیک‌های پایه زیستی به عنوان یک فرایند کربن‌خنثی در نظر گرفته شود، چرا که کربن موجود در این پلاستیک‌ها از CO_2 جوی جذب شده است.

اهمیت طراحی محصول برای بازیافت

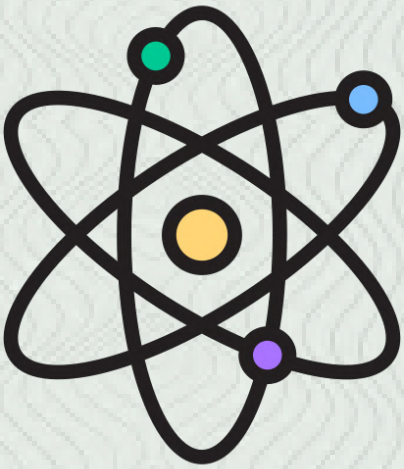
طراحی محصول نقش حیاتی در امکان‌پذیری یک اقتصاد چرخشی برای پلاستیک‌های پایه زیستی دارد. تصمیمات گرفته شده در فرآیند توسعه محصول به طور مستقیم بر کارآیی مسیرهای بازیابی در پایان عمر تأثیر می‌گذارد. طراحی محصول باید شامل ساختار، افزودنی‌ها و هر گونه ترکیب مواد باشد. شکل ۲ نشان می‌دهد که مسیرهای بازیابی چگونه مواد را به مولکول‌های ساده بازگردانده یا دوباره به مواد اولیه و تولید پلیمر باز می‌گردد. در این زمینه، مهم‌ترین نکات طراحی شامل انتخاب مواد و ترکیب آن‌ها، ساختار محصول، و شکل و فرم محصول است. به عنوان مثال، محصولات باید طوری طراحی شده که قسمت‌های مختلف پلاستیک به‌راحتی از هم جدا شده تا بازیافت مکانیکی انجام شود.

نتیجه‌گیری و مسیر پیش رو

در چشم‌انداز آینده‌ی صنعت پلیمر، پلیمرهای زیستی تنها به‌عنوان یک جایگزین سازگار با محیط‌زیست مطرح نبوده، بلکه می‌توان آن‌ها را یک شتاب‌دهنده‌ی واقعی برای تحقق اقتصاد چرخشی در مقیاس صنعتی و جهانی دانست. برخلاف پلاستیک‌های سنتی که با منبع‌یابی فسیلی، تجزیه‌ناپذیری و تولید گازهای گلخانه‌ای شناخته می‌شوند، پلیمرهای زیستی این پتانسیل را دارند که از تولید تا بازیافت، در یک چرخه‌ی بسته، بدون افزودن کربن جدید به جو، ایفای نقش کنند.

[۱۲] Pyrolysis
[۱۳] Gasification

با این حال، برای آن‌که این پتانسیل به اثر واقعی تبدیل شود، مجموعه‌ای از پیش‌نیازهای فنی، ساختاری و سیاست‌گذاری باید به طور جدی مورد توجه قرار گیرد.. نخست آن‌که مسیرهای بازیافت این پلیمرها، به‌ویژه بازیافت‌های زیستی و شیمیایی، نیازمند توسعه‌ی زیرساختی و فناورانه‌اند. بازیافت‌های پیچیده‌ای چون حل‌سازی و حل‌پذیری شیمیایی اگرچه از لحاظ نظری نویدبخش هستند، اما در عمل نیازمند اصلاح فرآیندها و سرمایه‌گذاری جدی در زیرساخت‌ها می باشند. از سوی دیگر، طراحی محصول باید از ابتدا با در نظر گرفتن پایان عمر ماده انجام شود. تنها زمانی می‌توان ادعا کرد یک پلیمر در چرخه‌ی زیستی قرار گرفته که از طراحی تا تجزیه، تمامی اجزای آن برای شرایط محیطی مورد انتظار بهینه‌سازی شده باشند. طراحی‌های چندلایه، افزودنی‌های غیرقابل‌جداسازی و استفاده از پلیمرهای ترکیبی بدون زنجیره‌ی بازیافت مشخص، همگی مانعی برای تحقق اقتصاد چرخشی محسوب می‌شوند. در نهایت، سیاست‌گذاری حمایت‌گرانه و وضع استانداردهای بین‌المللی الزام‌آور برای طراحی، تولید و مدیریت پایان عمر این پلیمرها، نقش کلیدی در مقیاس‌پذیری و پذیرش صنعتی آن‌ها خواهد داشت. در مجموع، گذار به‌سوی صنعتی پایدارتر نه صرفاً با معرفی مواد جدید، بلکه با تغییر در نگرش طراحی، بازیافت و سیاست‌گذاری قابل تحقق خواهد بود و در این مسیر، پلیمرهای زیستی نقشی فراتر از یک «جایگزین سبز» ایفا می‌کنند.



برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

اختلافات عمیق در مذاکرات جهانی برای محدودیت آلودگی پلاستیکی

گرداورنده : محمدعلی میرغیاثی

تصویر ۱)
تظاهرات اعتراضی فعالان محیط زیست در بوسان
در آستانه اجلاس مهم INC-۵ برای مذاکرات معاهده پلاستیک
تاریخ تصویر: ۲۳ نوامبر ۲۰۲۴
عکاس: مینوو پارک (رویترز)

پنجمین دور مذاکرات معاهده جهانی مقابله با آلودگی پلاستیکی با حضور نمایندگان ۱۷۵ کشور در بوسان کره جنوبی آغاز شد، در حالی که اختلافات اساسی میان کشورها درباره محدودیت تولید پلاستیک، تردیدهایی را در مورد دستیابی به توافق نهایی ایجاد کرده است کره جنوبی میزبان جلسه کمیته مذاکرات بین‌الدولی سازمان ملل (INC-۵) است که به گفته ناظران احتمالاً آخرین دور مذاکرات پیش از تصویب نهایی خواهد بود. این در حالی است که دور قبلی مذاکرات در آوریل ۲۰۲۴ در اتاوا بدون نتیجه ملموس در مورد محدودیت تولید پلاستیک به پایان رسید

چالش‌های پیش‌روی مذاکرات

در این دور جدید، تمرکز اصلی مذاکرات به جای محدودیت مستقیم تولید، بر کنترل مواد شیمیایی خطرناک و راهکارهای مدیریت پسماند معطوف شده است. این تغییر جهت، پس از مخالفت شدید کشورهای تولیدکننده محصولات پتروشیمی مانند عربستان سعودی و چین با هرگونه محدودیت تولید صورت گرفته است لوئیس ویاس والدویسیو[۱]، رئیس کمیته مذاکرات، در افتتاحیه این اجلاس اعلام کرد:« پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد بدون اقدام فوری، میزان پلاستیک وارد شده به محیط زیست تا سال ۲۰۴۰ نسبت به ۲۰۲۲ دو برابر خواهد شد.» وی افزود:« این یک چالش وجودی برای بشریت است که باید با آن روبرو شویم.»

مواضع کشورهای مختلف

ایالات متحده که در اوت ۲۰۲۴ با حمایت از محدودیت تولید پلاستیک بسیاری را شگفت‌زده کرده بود، اکنون با ابهاماتی درباره تداوم این موضع روبرو است. انتخاب مجدد دونالد ترامپ به ریاست جمهوری این نگرانی را تشدید کرده است، چرا که در دوره قبلی ریاست او، آمریکا از هرگونه تعهد چندجانبه برای محدودیت تولید نفت و محصولات پتروشیمی اجتناب کرده بود در مقابل، کشورهای جزیره‌ای مانند فیجی که بیشترین آسیب را از آلودگی پلاستیکی می‌بینند، خواستار اقدامات فوری هستند. سیوندرا مایکل، وزیر محیط‌زیست فیجی، با اشاره به مطالعاتی که نشان می‌دهد بیشتر ماهی‌های مصرفی در این کشور به میکروپلاستیک آلوده هستند، هشدار داد:« این آلودگی مستقیم سلامت شهروندان ما را تهدید می‌کند.»

موضع صنعت و مسائل مالی

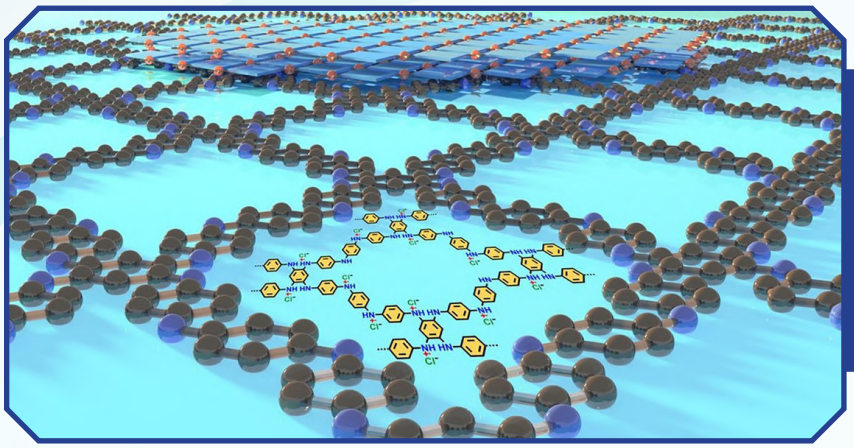
صنعت پتروشیمی اگرچه از ایده معاهده بین‌المللی حمایت می‌کند، اما به شدت با محدودیت‌های تولید مخالف است. مارتین یونگ از شرکت باسف اظهار داشت:« تمرکز معاهده باید صرفاً بر پایان دادن به آلودگی پلاستیکی باشد، نه محدود کردن تولید.» بحث تأمین مالی برای اجرای معاهده نیز از چالش‌های پیش‌روست. در اجلاس COP۲۹، پیشنهادهایی مانند اعمال مالیات ۶۰ تا ۷۰ دلاری بر هر تن تولید پلیمر اولیه مطرح شد که می‌توانست سالانه ۲۵ تا ۳۵ میلیارد دلار برای کمک به کشورهای در حال توسعه ایجاد کند. اما این پیشنهاد با مخالفت شدید صنایع روبرو شده است.

برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

[۱] Luis Vayas Valdivieso

پیشرفت انقلابی در پلیمرهای رسانا: کریستال پلیمری جدید با رسانایی فلزی

گرداورنده : محمدعلی میرغیاثی



شکل ۱: نمایش شماتیک فرآیند سنتز پلی‌آنیلین دوبعدی (۲DPANI) بر سطح آب

کشفی که می‌تواند صنعت الکترونیک را متحول کند

تیمی بین‌المللی از پژوهشگران به رهبری دانشگاه فناوری درسدن آلمان، موفق به توسعه نوعی پیشرفته از پلیمر رسانای دوبعدی شده‌اند. این ماده که از پلی‌آنیلین کریستالی (۲DPANI) تشکیل شده، از رسانایی الکتریکی استثنایی و رفتار انتقال بار فلزی برخوردار است. این دستاورد علمی که در مجله معتبر نیچر منتشر شده، می‌تواند تحولی اساسی در توسعه الکترونیک آلی ایجاد کند.

نگاهی به تاریخچه پلیمرهای رسانا

پلیمرهای رسانا مانند پلی‌آنیلین، پلی‌تیوفن و پلی‌پیرول به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود شناخته شده‌اند. این مواد به عنوان جایگزین‌های کم‌هزینه، سبک‌وزن و انعطاف‌پذیر برای نیمه‌هادی‌ها و فلزات سنتی مطرح هستند. اهمیت این مواد در سال ۲۰۰۰ با اعطای جایزه نوبل شیمی به هیگر[۱]، مکدیارمید[۲] و شیراکاوا[۳] به رسمیت شناخته شد. با این وجود، این مواد معمولاً تنها در امتداد زنجیره‌های پلیمری خود رسانایی خوبی دارند و رسانایی بین لایه‌های آنها به دلیل اتصالات ضعیف مولکولی، محدود باقی مانده است.

راهکار نوآورانه محققان

برای غلبه بر این چالش، تیمی از دانشگاه درسدن و مؤسسه ماکس پلانک[۴] با همکاری پژوهشگران بین‌المللی، موفق به سنتز پلی‌آنیلین دوبعدی کریستالی (۲DPANI) شده‌اند. پروفسور توماس هاینه، سرپرست این تحقیق توضیح می‌دهد:« این ماده نه تنها درون لایه‌ها، بلکه در جهت عمودی نیز رسانایی الکتریکی بالایی از خود نشان می‌دهد. ما این ویژگی را رسانایی سه‌بعدی می‌نامیم.»

یافته‌های کلیدی و کاربردهای آینده

مطالعات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که پلیمر جدید از رسانایی درون‌صفحه‌ای ۱۶ ثانیه بر سانتی‌متر و رسانایی عمود بر صفحه ۷ ثانیه بر سانتی‌متر برخوردار است. جالب‌تر اینکه این ماده رفتار فلزی از خود نشان می‌دهد، به طوری که رسانایی آن با کاهش دما افزایش می‌یابد و در برخی آزمایش‌ها به مقادیر قابل توجه ۲۰۰ ثانیه بر سانتی‌متر رسیده است. این ویژگی‌های منحصر به فرد، این پلیمر را به گزینه‌ای ایده‌آل برای توسعه دستگاه‌های الکترونیکی انعطاف‌پذیر، حسگرهای پیشرفته پزشکی، سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی کارآمد و قطعات الکترونیکی سبک‌وزن و مقرون‌به‌صرفه تبدیل کرده‌است.

برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

[۱] Alan J. Heeger
[۲] Alan G. MacDiarmid
[۳] Hideki Shirakawa
[۴] TU Dresden and the Max Planck Institute

روش چاپ سه‌بعدی الهام‌گرفته از طبیعت با سرعتی خیره‌کننده

گرداورنده : محمدعلی میرغیاثی

تصویر ۱: چاپ سه‌بعدی الهام‌گرفته از طبیعت

ابداع فناوری (چاپ رشد) برای تولید سریع و کم‌هزینه قطعات پلیمری

محققان مؤسسه علوم و فناوری پیشرفته بکمن به رهبری پروفسور سامح توفیق ، روش انقلابی (چاپ رشد) را توسعه داده‌اند که با الهام از رشد حلقه‌ای تنه درختان، تحولی در صنعت چاپ سه‌بعدی ایجاد می‌کند. این فناوری که نتایج آن در مجله معتبر Advanced Materials منتشر شده، امکان تولید قطعات پلیمری را با سرعتی ۱۰۰ برابر چاپگرهای سه‌بعدی رایج و بدون نیاز به قالب‌های پرهزینه فراهم می‌آورد.

مکانیسم عملکرد هوشمندانه

فرآیند چاپ رشد با استفاده از رزین مخصوص DCPD کار می‌کند. محققان با گرم کردن نقطه‌ای از این رزین تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد، واکنش پلیمریزاسیون را آغاز می‌کنند. جالب اینجاست که این واکنش با سرعت قابل توجه ۱ میلی‌متر بر ثانیه در تمام جهات گسترش می‌یابد، رقمی که آن را ۶۰ برابر سریع‌تر از رشد سریع‌ترین گونه‌های بامبو می‌کند. طی این فرآیند، محققان با تکنیک‌های کششی و چرخشی، امکان شکل‌دهی پویا به محصول نهایی را دارند.

مزایای بی‌نظیر فناوری جدید

چاپ رشد در مقایسه با روش‌های مرسوم تولید، برتری‌های چشمگیری دارد. این روش نه تنها سرعت تولید را به میزان قابل توجهی افزایش داده، بلکه با حذف نیاز به قالب‌های گران‌قیمت، هزینه‌ها را تا ۸۰ درصد کاهش می‌دهد. از دیگر مزایای این فناوری می‌توان به انعطاف‌پذیری بالا در تولید اشکال پیچیده اشاره کرد که آن را برای صنایع مختلف جذاب می‌سازد.

کاربردهای گسترده و محدودیت‌ها

این فناوری نوین کاربردهای وسیعی در صنایع مختلف دارد. از تولید پره‌های توربین بادی گرفته تا ساخت پروتزهای پزشکی و قطعات خودرو همگی می‌توانند از مزایای چاپ رشد بهره‌مند شوند. البته این روش مانند هر فناوری دیگری محدودیت‌هایی دارد که مهم‌ترین آن دشواری در تولید اشکال زاویه‌دار دقیق مانند مکعب‌های کامل است. همچنین مدلسازی ریاضی برخی اشکال پیچیده هنوز چالش‌برانگیز است.

چشم‌انداز روشن آینده

پروفسور توفیق درباره آینده این فناوری ابراز امیدواری کرده است:« چاپ رشد پتانسیل ایجاد تحول در صنایع بزرگ را دارد.» این پروژه که با حمایت مالی وزارت انرژی ایالات متحده به پیش می‌رود، نمونه‌ای موفق از همکاری‌های بین‌رشته‌ای در مؤسسه بکمن محسوب می‌شود. به گفته محققان، توسعه بیشتر این فناوری می‌تواند انقلابی در روش‌های تولید سنتی ایجاد کند.

برای دسترسی به منابعQR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه

[1] Sameh Tawfick

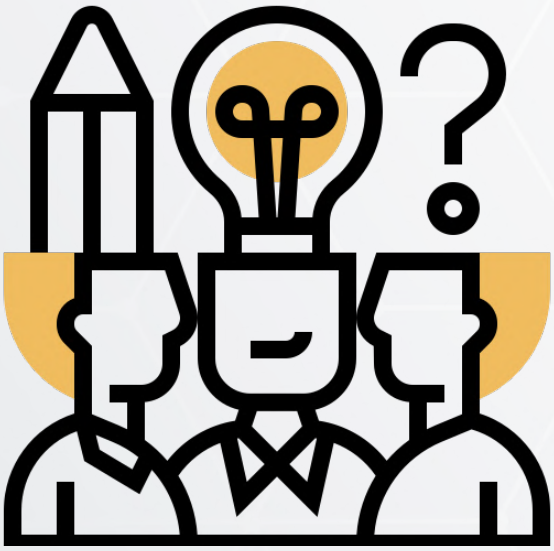
دانشمندان پلاستیک ارزان را با استفاده از هوا تجزیه می‌کنند و آن را به چیزی بسیار باارزش‌تر تبدیل می‌کنند

گرداورنده : سارا الفتی

دانشمندان روشی جدید برای تجزیه یکی از رایج‌ترین پلاستیک‌ها به یک محصول جانبی توسعه داده‌اند که می‌تواند به مواد باارزش‌تری بازیافت شود. دانشمندان روشی جدید برای تجزیه زباله‌های پلاستیکی با استفاده از رطوبت هوا توسعه داده‌اند. با قرار دادن یک نوع پلاستیک رایج در معرض یک کاتالیزور ارزان و نگه داشتن آن در معرض هوای محیط، پژوهشگران توانستند ۹۴٪ از ماده را تنها در مدت چهار ساعت تجزیه کنند این پلاستیک به اسید ترفتالیک (TPA) تبدیل شد که یک بلوک ساختمانی بسیار باارزش برای پلی‌استرها است. از آنجا که TPA می‌تواند به مواد باارزش‌تری بازیافت شود، این فرایند یک جایگزین ایمن‌تر و ارزان‌تر برای روش‌های کنونی بازیافت پلاستیک‌ها به حساب می‌آید. پژوهشگران یافته‌های خود را در ۳ فوریه در نشریه Green Chemistry منتشر کردند ایالات متحده آمریکا از نظر تولید آلودگی پلاستیکی به ازای هر نفر در رتبه اول قرار دارد و تنها ۵٪ از این پلاستیک‌ها بازیافت می‌شوند. یوسی کراتیش، نویسنده همکار و دستیار استاد شیمی در دانشگاه نورث‌وسترن، در بیانیه‌ای گفت:« چیزی که به‌ویژه در تحقیقات ما هیجان‌انگیز است این است که ما از رطوبت هوا برای تجزیه پلاستیک‌ها استفاده کردیم و فرایندی بسیار تمیز و انتخابی به دست آوردیم. با بازیابی مونومرها، که بلوک‌های ساختمانی اصلی PET (پلی‌اتیلن ترفتالات) هستند، می‌توانیم آنها را بازیافت یا حتی به مواد باارزش‌تری تبدیل کنیم.»

زباله‌های پلاستیکی یک مشکل فزاینده و مهم هستند. طبق گزارش آژانس محیط‌زیست اروپا، بیش از نیمی از پلاستیک‌های تولیدشده تاکنون از سال ۲۰۰۰ به بعد ساخته شده‌اند و پیش‌بینی می‌شود که تولید سالانه پلاستیک تا سال ۲۰۵۰ دو برابر شود تاکنون، تنها ۹٪ از پلاستیک‌های تولیدشده بازیافت شده‌اند. بقیه که عمر آنها اغلب نسل‌ها طول می‌کشد، می‌توانند تأثیرات جدی بر محیط‌زیست و سلامت داشته باشند. به‌عنوان مثال این پلاستیک‌ها به دریا می‌روند و توده‌های شناور زباله را تشکیل می‌دهند، به حیات‌وحش آسیب می‌زنند و به میکروپلاستیک‌ها تجزیه می‌شوند که می‌توانند وارد مغز انسان و سایر قسمت‌های بدن شوند برای یافتن یک روش جدید برای تجزیه بخشی از این زباله‌ها، پژوهشگران از یک کاتالیزور مولیبدن (یک فلز نقره‌ای و قابل انعطاف) و کربن فعال برای تجزیه PET، رایج‌ترین نوع پلاستیک پلی‌استر، استفاده کردند. سپس مخلوط را گرم کردند. پس از مدت کوتاهی، این فرایند پیوندهای شیمیایی پلی‌اتیلن را شکست. سپس، هنگامی که تیم مواد را در معرض هوا قرار داد، مخلوط به TPA، پیش‌ماده‌ای ارزشمند برای پلی‌استر و استالدهید، یک ماده شیمیایی صنعتی که باارزش است و به راحتی از مخلوط جدا می‌شود، تبدیل شد هنگامی که پژوهشگران این روش را بر روی پلاستیک‌های مخلوط آزمایش کردند، متوجه شدند که تنها بر روی مواد پلی‌استری اثر دارد. این بدان معنا بود که نیازی به پیش‌تفکیک پلاستیک‌ها نبود

این روش بر روی بطری‌های پلاستیکی، تی‌شرت‌ها و پلاستیک‌های رنگی کار کرد و آنها را به TPA خالص و بی‌رنگ تجزیه کرد یوسی کراتیش گفت:« این روش به طور کامل عمل کرد. وقتی آب اضافی اضافه کردیم، دیگر کار نمی‌کرد چون آب بیش از حد بود. این یک تعادل ظریف است. اما معلوم شد که مقدار آب موجود در هوا دقیقا به میزان مناسب بوده است.» گام‌های بعدی تیم، تطبیق این فرایند با کاربردهای صنعتی در مقیاس بزرگ خواهد بود نویسنده اصلی مطالعه، ناوین مالک، که در آن زمان پژوهشگر دانشگاه نورث‌وسترن بود، در بیانیه‌ای گفت:« فناوری ما پتانسیل کاهش قابل توجه آلودگی پلاستیکی، کاهش ردپای زیست‌محیطی پلاستیک‌ها و کمک به یک اقتصاد دایره‌ای را دارد که در آن مواد بازیافت و مجدداً استفاده می‌شوند، به جای اینکه دور ریخته شوند. این یک قدم ملموس به سوی آینده‌ای پاک‌تر و سبزتر است و نشان می‌دهد که چگونه شیمی نوآورانه می‌تواند به چالش‌های جهانی پاسخ دهد به طوری که با طبیعت هم‌راستا باشد.»



برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

جهان در بحران پلی‌استر قرار دارد؛ یک شرکت در تلاش است تا از طریق بازیافت راهی بیابد

گرداورنده : سارا الفتی

شرکت اروپایی Reju ممکن است فناوری بازیافت پلی‌استری را که صنعت نساجی به آن نیاز دارد، توسعه داده باشد. اما سؤال اینجاست که آیا جهان برای آن آماده است؟ آلدن ویکر ، یک روزنامه‌نگار برنده جوایز و متخصص در زمینه مد پایدار، روایت می‌کند « من در یک پرواز شبانه از نیویورک به فرانکفورت آلمان هستم و لوازم ارائه شده به من در کلاس تجاری دارای ظاهری پایدار هستند. هم پتو پلی‌استر و هم کیت پرواز پلی‌استر، با افتخار اعلام می‌کنند که از پارچه‌ای ساخته شده‌اند که از بطری‌های پلاستیکی بازیافتی تهیه شده است. اما آیا خطوط هوایی یونایتد نمی‌دانند که بطری‌های بازیافتی دیگر مواد سبز دوران گذشته هستند؟ خیر، فناوری جدید و داغ بازیافت پلی‌استر به پلی‌استر است. من در مسیر مشاهده نوآوری با سرمایه‌گذاری بالا در این حوزه پرچالش هستم؛ یک فرایند بازیافت شیمیایی توسط یک استارتاپ جدید به نام Reju، که فقط نیم ساعت از مرکز شهر فرانکفورت در یک پارک صنعتی بی‌روح فاصله دارد دفتر موقت ما در سه ساختمان نیمه‌ساخته قرار دارد که به عنوان عملیات صنعتی شرکت در نظر گرفته شده‌اند. در وسط، تحقیق و توسعه و آموزش، در سمت راست کارخانه تبدیل مواد به حافظه و در سمت چپ کارخانه بازسازی پلیمرها قرار دارد. پلاستیک‌ها از جمله پلی‌استر با استفاده از مواد شیمیایی منفرد به نام مونومرها تشکیل می‌شوند که این مونومرها به زنجیره‌هایی تبدیل می‌شوند تا پلیمرها ایجاد کنند. به طور اساسی، فرایند Reju پلی‌استر را به مواد شیمیایی تشکیل‌دهنده‌اش تجزیه کرده و سپس با استفاده از فرایند دی‌پلیمریزاسیون، آن را به زنجیره‌ای دوباره می‌سازد؛ این فرایند بازسازی پلیمرها است من در حالی که کلاه ایمنی، جلیقه، عینک ایمنی و کفش‌های ورزشی به همراه شش خبرنگار دیگر پوشیده بودم، وارد کارخانه دی‌پلیمریزاسیون شدم تا جایی که جادوی فرایند اتفاق می‌افتد را ببینم.

مارژو من را در این سفر همراهی کرده و هزینه‌های سفرم را پوشش داده است. لوله‌های نقره‌ای در همه جا به سمت سیلوهای کوچک می‌پیچند. از منظر ما در طبقه همکف، می‌توانیم از طریق مشبک‌های فلزی و از داخل پنل‌ها و لوله‌ها به بالای ساختمان چهار طبقه نگاه کنیم. مردانی با شلوار جین و جلیقه‌های با دید بالا در کارخانه به طور غیررسمی مشغول تنظیم دستگاه‌های مختلف هستند و به زبان آلمانی با یکدیگر صحبت می‌کنند. همانطور که قبلاً گزارش کرده‌ام، صنعت مد از وضعیت فعلی بازیافت پلی‌استر ناراضی است.

تنها ۰/۳ درصد از مواد مورد استفاده در صنعت مد از منابع بازیافتی است و از این مقدار، تقریباً همه آن‌ها بطری‌های آب هستند. می‌بینید که پلی‌استر دقیقاً مشابه پلاستیک PET است که در بطری‌های آب استفاده می‌شود، فقط شکل آن متفاوت است (نخ به جای بطری). بازیافت مکانیکی PET، ذوب کردن آن و دوباره شکل دادن به آن ایده‌آل نیست، زیرا فرایند موجب کاهش کیفیت پلاستیک می‌شود و آن را کمتر انعطاف‌پذیر می‌کند.

همچنین این فرایند نیاز به PET خالص و بدون رنگ دارد، در حالی که بطری‌های پلاستیکی معمولاً از پلی‌استر خالص ساخته نشده‌اند متداول‌ترین ترکیب مواد موجود در لباس‌های قدیمی ۷۰ درصد پلی‌استر و ۳۰ درصد پنبه است، اما وقتی به جزئیات نگاه می‌کنید، در واقع ۶۰ درصد آن PET، ۵ درصد رنگ‌ها، ۲ درصد الاستین و شاید کمی نایلون باشد. آنتونیو ماراتا، مدیر ارشد فناوری در Reju می‌گوید:« شاید کمی نایلون هم باشد.» گزارش‌های قبلی من نشان داده است که پلی‌استر ممکن است شامل مواد پلاستیک‌ساز مانند BPA، فلزات مانند آنتیموان، مواد سمی مانند PFAS و سایر آلودگی‌های ناخوشایند باشد که ممکن است در طول حرکت وارد آن شوند به همین دلیل است که ما میلیون‌ها بطری آب پلاستیکی شفاف خوراکی را وارد کارخانه‌های بازیافت می‌کنیم و در عین حال لباس‌های قدیمی پلی‌استر را به محل‌های دفن زباله می‌فرستیم. بنابراین، جستجو برای فناوری‌ای که بتواند پارچه‌های پلی‌استر آلوده را به پارچه‌های پلی‌استر تمیز تبدیل کند، آغاز شده است و اینجاست که بازیافت شیمیایی وارد می‌شود. این یک کارخانه شیمیایی است، سپس ماراتا ادامه می‌دهد:« هیچ ارتباطی با هیچ کارخانه بازیافت مکانیکی که ممکن است دیده باشید ندارد. فرایند بازیافت شیمیایی Reju آلودگی‌ها را از بین می‌برد و یک مونومر خالص تولید می‌کند. آنچه که به دست می‌آید بهتر از آن چیزی است که قبلاً داشتید، این همان معنای بازیافت بهبود یافته است.» ماراتا می‌گوید که پلی‌استر قدیمی به شکل الیاف رشته‌شده رنگارنگ به Reju وارد می‌شود. این الیاف از طریق یک فرایند بلورینه‌سازی تصفیه می‌شوند که پنبه و سایر آلودگی‌ها را از بین می‌برد. پس از مرحله تصفیه، پلی‌استر به تکه‌های کوچکی شبیه پاپ‌کورن سفید تبدیل می‌شود. این‌ها از بالای ساختمان به یک اکسترودر ریخته می‌شوند که همه آن‌ها را ذوب می‌کند. این ماده مانند عسل به یک واکنشگر طراحی شده توسط Reju در یک سری جعبه‌های فلزی ریخته می‌شود، جایی که با اتیلن گلیکول ترکیب می‌شود تا پیوندهای شیمیایی با کمک یک کاتالیزور شکسته شوند.

نتیجه آن به شکل پودر سفید مونومر PET است که سپس به ساختمان دیگر ارسال می‌شود تا دوباره پلیمر شود و حال، شما پرل‌های پلی‌استر بازیافتی خالص دارید که می‌توانند برای ساخت نخ‌های پلی‌استر، ذوب و اکسترود شوند. کاتالیزور، راز این فرایند است. بیشتر فرایندهای بازیافت شیمیایی به دمای بسیار بالا و انرژی زیادی نیاز دارند که می‌تواند منافع زیست‌محیطی بازیافت پلی‌استر را بی‌اثر کند، اما این کاتالیزور دارای نقطه جوش حداقل ۵۰ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر از نقطه جوش اتیلن گلیکول است. دماهای پایین‌تر به معنی نیاز کمتر به انرژی هستند. اتیلن گلیکول مصرف می‌شود در حالی که کاتالیزور می‌تواند بارها و بارها از طریق واکنشگر بازگردانده شود و یک فرایند چرخه بسته ایجاد کند. سیستم بازیافت Reju بدون زباله نیست؛ مقداری انرژی و منابع استفاده می‌شود، اما شرکت ادعا می‌کند که فرایند تولید پلی‌استر بازیافتی‌اش نصف گازهای گلخانه‌ای تولید شده در فرایند تولید پلی‌استر بکر را منتشر می‌کند. همچنین هیچ محصول جانبی زباله‌ای تولید نمی‌کند، به جز رنگ‌ها و پوشش‌هایی که همراه با پلی‌استر استفاده‌شده آمده است. Reju امیدوار است شرکتی پیدا کند که بتواند از این محصولات زاید چیزی باارزش بسازد، در غیر این صورت باید خود با همه آن زباله‌های آلوده شامل PFAS یا پلاستیک‌سازها کنار بیاید. به گفته پاتریک فریسک، مدیر عامل Reju، این فرایند به دلیل سرعت بالا، کمترین میزان مصرف انرژی و بالاترین بازدهی، قابل صنعتی شدن است. کاتالیزور اختصاصی است اما پتنت آن توسط IBM که این فرایند را کشف کرده و به Reju مجوز استفاده داده است، نشان می‌دهد که این ماده تری‌اتیل‌آمین است؛ یک ماده شیمیایی قابل اشتعال که معمولاً به عنوان کاتالیزور در تولیدات صنعتی استفاده می‌شود. در حالی که این ماده باید در کارخانه با احتیاط برخورد شود، سریع تجزیه می‌شود و بنابراین تهدیدی برای آلودگی بلندمدت یا آسیب به انسان‌ها یا محیط‌زیست ندارد. یکی دیگر از مزایای این فرایند نسبت به بازیافت مکانیکی که به بطری‌های پلاستیکی وابسته است و در هر دور باعث کاهش کیفیت PET می‌شود این

است که این فرایند می‌تواند به طور نامحدود بدون کاهش کیفیت پلی‌استر حاصل تکرار شود. به نظر می‌رسد کاملاً بی‌عیب است، پس مشکل کجا است؟ پروژه PET ، ساختمان چهارطبقه‌ای که ما در حال بازدید از آن هستیم، فقط یک کارخانه نمایشی است؛ یک اثبات اینکه این فناوری کار می‌کند و جایی برای تصفیه آن قبل از مقیاس‌سازی است. کارخانه صنعتی نهایی که Reju قصد دارد تا سال ۲۰۲۷ بسازد، ۵۰ برابر اندازه این ساختمان خواهد بود. این به نظر شگفت‌انگیز می‌آید وقتی با استارتاپ‌های معمولی در زمینه مواد پایدار مقایسه شود، اما این فقط یکی از پروژه‌ها در پورتفوی پروژه‌های شیمیایی پایدار شرکت مادر آن، Technic Energies است؛ یک شرکت فرانسوی با ۱۶,۰۰۰ نفر که در سال ۲۰۲۱ از یک شرکت مهندسی و ساخت و ساز سنتی فرانسوی به نام Technib FMG جدا شده است. Technic Energies بر روی پروژه‌هایی که آن‌ها را «پروژه‌های انتقال انرژی» می‌نامند متمرکز است، مانند پروژه‌ای در ساحل خلیج برای کاهش کربن تولید اتیلن که ۲۰۰ میلیون دلار بودجه از وزارت انرژی ایالات متحده در سال ۲۰۲۴ دریافت کرده است. همچنین یک پروژه ذخیره‌سازی کربن در بریتانیا با شل و یک سرمایه‌گذاری مشترک در باد دریایی با ESPN Offshore دارد. اما بیشتر درآمد Technic Energies از گاز طبیعی مایع (LNG)، اتیلن و هیدروژن است. این شرکت تخصص مهندسی و فناوری لازم برای ساخت زیرساخت‌های پتروشیمی مانند ذخیره‌سازی گاز طبیعی مایع (LNG) دریایی و کارخانه‌های کراکینگ را فراهم می‌کند که سوخت‌های فسیلی را به مواد اولیه برای تولید پلاستیک تبدیل می‌کنند. تیم زیمر، شرکتی مستقر در فرانکفورت که در سال ۱۹۵۶ تأسیس شد و Technic در سال ۲۰۱۵ آن را خریداری کرد، در صنعت مشابهی به ساخت کارخانه‌های پلی‌استر و نایلون مشغول است و فناوری آن در بیش از ۱,۰۰۰ کارخانه پلیمر در سراسر جهان وجود دارد که حدود ۳۰٪ از بازار را تشکیل می‌دهد. به گفته فریسک، این موضوع باعث می‌شود Reju با اعتماد به نفس وارد صنعت نوپای بازیافت پلی‌استر شود، مانند کودکی که وارد حیاط مدرسه می‌شود و برادر بزرگترش در کنار او و پدر بسیار مؤثری در پشت سرش است استارتاپ‌های بازیافت شیمیایی پلی‌استر مانند Cirque و Carbios باید منابع مالی را از هر طرف جمع‌آوری کنند تا یک فناوری امیدوارکننده را از آزمایشگاه به کارخانه‌های پایلوت و سپس به کارخانه‌های نمایشی منتقل کنند و این مسیر می‌تواند ۱۰ سال یا بیشتر طول بکشد؛ اگر اصلاً اتفاق بیفتد. Carbios در دسامبر اعلام کرد که ساخت کارخانه نمایشی‌اش را متوقف کرده است. Renewcell، یک فناوری امیدوارکننده بازیافت پنبه که از برند پوشاک H&M پشتیبانی می‌شد، تنها یک سال پس از افتتاح کارخانه تجاری خود در سوئد اعلام ورشکستگی کرد. برندهای پوشاک علاقه‌ای به خرید محصول گران‌تر آن حتی با وجود مزایای زیست‌محیطی آن نداشتند. اوایل این ماه،Unify اعلام کرد که کارخانه آمریکایی‌اش که محصول پلی‌استر بازیافتی Reprieve را تولید می‌کرد، تعطیل می‌شود، اگرچه همچنان در خارج از کشور این محصول را تولید خواهد کرد. در این میان،Reju که مهندسی پلی‌استر TN Zimmer و ارزش بازار ۴/۷ میلیارد دلاری Technic Energies را پشت سر دارد، ظرف کمتر از یک سال یک کارخانه نمایشی ۱۰۰۰ تنی ساخته است؛ موفقیتی که غیرقابل باور است. آنها در تلاشند تا پلی‌استر تصفیه‌شده خود را به برندها معرفی کنند تا برندها سپس دستور دهند که آسیاب‌های پلی‌استر مورد علاقه‌شان پرل‌های PET بازیافتی را خریداری کنند. Reju نمی‌گوید دقیقاً محصولش چقدر از پلی‌استر بکر یا پلی‌استر بازیافتی مکانیکی از بطری‌ها گران‌تر است، اما قطعاً گران‌تر است. پیشنهاد ارزش آن این است که با دسترسی به تیمی از حدود ۱۰۰ مهندس پلیمر برتر، بالاترین کیفیت و بهترین عملکرد پلی‌استر موجود در بازار را تولید خواهد کرد که در عین حال بازیافتی هم هست. فریسک می‌گوید:« ما واقعاً فرصتی برای برندها داریم تا محصول بهتری تولید کنند، که به نظرم چیزی است که مهم است. زیرا همه ما می‌دانیم که مصرف‌کنندگان واقعاً حاضر به پرداخت هزینه بیشتر برای محصول سبز نیستند، اما حاضرند برای یک محصول بهتر پول بدهند.»

نـوعی از پلی‌اسـتر کـه برندهـایی ماننـد نایـکی و پاتاگونیـا تهیـه می‌کننـد، تمـام برندینـگ جـذاب خـود را دارد و قیمـت آن بـه تناسـب همیـن اسـت؛ امـا صنعـت مـد به‌شـدت حسـاس بـه قیمـت اسـت و بسـیاری از پلی‌اسـترها، ماننـد آن‌هـایی کـه در تاپ‌هـای کـراپ شِیـن پیـدا می‌شـوند، ارزان‌تریـن پارچه‌هـای موجـود هسـتند. محصـول پایـدار و بـا تکنولـوژی بـالا از Reju قـرار نیسـت بـرای کسـانی کـه بـه دنبـال ارزان‌تریـن گزینـه در آمـازون هسـتند جـذاب باشـد. به‌طـور ظاهـری، این‌جاسـت کـه بحـران تولیـد بیـش از حـد مـا واقعـاً قـرار دارد: سـیل پلی‌اسـتر

یـک قطعـه بـزرگ از پـازل کـه در حـال حاضر خـارج از کنتـرل Reju اسـت، پیـدا کـردن خـوراک قابل‌دسـترس اسـت. شـما فکـر می‌کنیـد ایـن باید کاری آسـان باشـد. طبـق یـک مطالعـه در سـال ۲۰۲۴، ۲۸ از لباس‌هـای پـس از مصـرف در ایـالات متحـده عمدتـاً از پلی‌اسـتر سـاخته شـده‌اند و در حـال حاضـر ایـن لباس‌هـای اسـتفاده شـده پلی‌اسـتر دقیقـاً کالای محبـوبی نیسـتند. آن‌هـا یـا در محـل دفـن زبالـه انداختـه می‌شـوند، سـوزانده می‌شـوند، بـه چیزهـایی ماننـد پتوهـای جابه‌جـایی و عایق‌هـای خـودرو تبدیـل می‌شـوند، یـا تابسـتان‌ها فروختـه می‌شـوند امـا بیشـتر در محـل دفـن زبالـه، سـوزانده شـده یـا بـه آب‌هـای راه‌هـا و یـا بـه صحـرا ریختـه می‌شـوند. بـه نظـر می‌رسـد کـه خـوراک رایـگان اسـت، درسـت اسـت؟ خیـر. در حـال حاضـر لباس‌هـای اسـتفاده شـده به‌طـور دسـتی توسـط انسـان‌ها مرتب‌سـازی می‌شـوند، فراینـدی طاقت‌فرسـا و پرهزینـه کـه هزینـه لباس‌هـای اسـتفاده شـده را حـتی اگـر اهـدا شـوند، از هزینـه لباس‌هـای جدیـد و فوق‌العـاده سـریع مـد بالاتـر می‌بـرد. ایـن باعـث شـده کـه بحـران آرامی در بـازار لباس‌هـای دسـت‌دوم ایجـاد شـود. در اکتبـر گذشـته، گـروه Sox، بزرگ‌تریـن جمـع‌آور جهـانی لباس‌هـا و منسـوجات دسـت‌دوم، شـروع بـه انجـام رونـد ورشکسـتگی کـرد. بنابرایـن قبـل از اینکـه Reju بتوانـد توافق‌هـایی بـا برندهـا امضـا کنـد، بایـد مطمئـن شـود کـه زیرسـاخت‌ها بـرای تجمیـع و آماده‌سـازی پلی‌اسـتر ضایعـاتی به‌طـور ارزان و کارآمـد در جـای خـود قـرار دارنـد. بـا ایـن تکنولـوژی تنهـا، شـما هیچ‌جـا نمی‌رویـد. هیـچ شـرکتی نمی‌توانـد ایـن پیچیدگی‌هـا را مدیریـت کنـد. منظـور او از پیچیدگی‌هـا، لجسـتیک منابـع لباس‌هـای استفاده‌شـده پلی‌اسـتر اسـت، در حـالی کـه همزمـان آن‌هـا را بازیافـت می‌کنـد، بنابرایـن بایـد همـکاری کـرد. اروپـا در ایـن زمینـه کـمی جلوتـر اسـت. طبـق ایـن سـال، کشـورهای عضـو اتحادیـه اروپـا موظـف هسـتند کـه سـایت‌های جمـع‌آوری جداگانـه منسـوجات را بـرای جلوگیـری از ورود آن‌هـا بـه زباله‌هـای خانـگی، بـا هزینـه عمـومی ایجـاد کننـد. نگـرانی بسـیاری ایـن اسـت کـه تمـامی ایـن منسـوجات جمع‌آوری‌شـده یـا بـه سـوزانده شـوند یـا بـه کشـورهای در حـال توسـعه فرسـتاده شـوند کـه قبلاً بـا پسـماند لباس‌هـای قدیـمی درگیـر هسـتند. Reju خـود را در موقعیـت بهتـری می‌بینـد و همـکاری خـود را بـا Novelle Fibers Textiles، یـک شـرکت فرانسـوی کـه از فناوری‌هـای جدیـد بـرای مرتب‌سـازی خـودکار لباس‌هـا بـر اسـاس نـوع و رنـگ و حـذف قطعـات سـخت ماننـد زیـپ و دکمه‌هـا اسـتفاده می‌کنـد، آغـاز کـرده اسـت. بـه ایـن ترتیـب، دسـترسی بـه مقادیـر زیـادی از منسـوجات پلی‌اسـتر استفاده‌شـده نسـبتاً همگـن خواهـد داشـت. در ایـالات متحـده، Reju در اکتبـر اعلام کـرد کـه همـکاری بـا Goodwill و مدیریـت زباله‌هـا را آغـاز کـرده اسـت تـا اصـول سـاخت

یک زنجیره تأمین قابل‌اعتماد را بررسی کند. چگونه لباس‌های قدیمی جمع‌آوری خواهند شد؟ آیا از اهداها جدا خواهند شد یا همراه با سایر مواد قابل بازیافت در کنار خیابان جمع‌آوری خواهند شد؟ شاید هر دو. چگونه می‌توان پلی‌استر را سریعاً و به‌طور خودکار جدا کرده و از دکمه‌ها، زیپ‌ها و سایر اشیاء زینتی پاک کرد تا بتوان آن را خرد کرده و برای بازیافت شیمیایی آماده کرد؟ همه این‌ها هنوز باید کار شود. در مورد پول،Reju یک انحراف برای Technip است. معمولاً Technip فقط فناوری را از IBM مجوز می‌گیرد و آن را به مشتریان خود عرضه می‌کند. اما این بار تصمیم گرفته است یک شرکت جدید تأسیس کند که خود پلی‌استر بازیافتی تولید کند. سوالی که پیش می‌آید این است: چرا؟ چرا یک شرکت مهندسی وابسته به سوخت فسیلی تصمیم می‌گیرد وارد صنعت بازیافت شیمیایی شود؟ پاتریک فریسک، مدیرعامل Reju، که پیش از این مدیرعامل Under Armour و Aldo بود، به شما خواهد گفت که این کار برای مقابله با بحران پلی‌استر است. تولید جهانی پلی‌استر از ۶۳ میلیون تن متریک در سال ۲۰۲۲ به ۷۱ میلیون در سال ۲۰۲۳ افزایش یافته و هیچ‌کدام از آن‌ها بازیافت نمی‌شوند، پس باید راهی برای اصلاح آن پیدا کنیم یا حداقل مطمئن شویم که یک گزینه جایگزین وجود دارد. اینکه شما باور کنید یا نه، بستگی به میزان بدبینی شما دارد. شاید این فناوری بتواند موفق شود و شروع به جبران گناهان سوخت فسیلی گذشته Technip کند، یا مانند وعده‌هایی که از طرف برندهای مد و برندهای محصولات مصرفی گرفته شد و سپس به‌طور بی‌صدا کنار گذاشته شدند، ممکن است تنها یک حواس‌پرتی زیبا باشد از موج عظیم پلاستیک که در پیش است. بالاخره، تقاضای روزافزون پلاستیک، از جمله پلی‌استر، رونقی در ساخت کارخانه‌های کراکینگ ایجاد کرده است. بله، همان نوعی که Technip کمک می‌کند تا بسازد. در زمان سفر خود در نوامبر، مذاکرات مربوط به توافق‌نامه بین‌المللی پلاستیک هنوز چند هفته با بن‌بست فاصله داشت. کشورهای با هدف‌گذاری بالا مانند بریتانیا، کانادا و بسیاری از کشورهای آفریقایی، اروپایی، آمریکای لاتین و اقیانوسیه می‌خواهند پلاستیک‌ها را از منبع خودشان کاهش دهند، به‌طوری‌که تولید کلی پلاستیک کاهش یابد. کشورهای تولیدکننده نفت می‌خواهند این گسترش پلاستیک را به‌عنوان یک مشکل مدیریت پسماند طبقه‌بندی کنند و اجازه دهند رشد پلاستیک PET و سایر پلاستیک‌ها ادامه یابد، تا زمانی که علاقه‌ای به جمع‌آوری و بازیافت آن‌ها وجود داشته باشد. آیا این اتفاق خواهد افتاد؟ خوب، این یک داستان دیگر است. اگر بخواهم حدس بزنم، می‌گویم این فناوری بازیافت پلی‌استر زیر چتر مدیریت پسماند قرار می‌گیرد. بگذارید کارخانه‌های پلاستیک PET که شامل مشتریان تی و زیمر هستند کارشان را بکنند، سپس ببینیم که آیا می‌توانیم برخی از آن آلودگی‌ها را بعداً تمیز کنیم یا نه.

به‌عنوان یک روزنامه‌نگار پایدار، سبک زندگی نسبتاً ساده‌ای دارم. از اینکه به‌طور ناگهانی به مکزیک بروم احساس خوبی ندارم، مثل بسیاری از دوستانم و نمی‌توانم هزینه‌اش را بپردازم. احتمالاً بیش از حد برای خرید لباس‌های ساخته شده از الیاف طبیعی پول خرج می‌کنم. مدت‌ها به این فکر کردم که آیا برای ۲ روز به آلمان پرواز کنم یا نه. خب، کنجکاوی من برنده شد. اما در هفته‌ای که از کارخانه بازیافت شیمیایی Reju بازدید کردم، یک طعم کوچک از دنیای متفاوتی داشتم. وقتی مرا از فرودگاه به هتل لوکس منتقل کردند و دوباره با یک خودروی سدان بی‌ام‌و به‌برگشت و در صندلی وسیع کلاس تجاری‌ام نشستم، کاملاً آگاه بودم که تمام این رفاه از سوخت‌های فسیلی ناشی می‌شود. سوخت جت و بنزینی که سواری راحت من را تأمین می‌کند، همه از سوخت‌های فسیلی هستند. پروژه‌ها در رنگ‌های مختلفی وجود دارند، اما معمولاً راحت و آسان هستند، به راحتی خرید یک پتوی پلی‌استر ارزان و نرم با یک کلیک، حتی اگر بدانید که در نهایت به زباله تبدیل خواهد شد.»

برای دسترسی به منابع ، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

پلی بات[1]: انقلاب هوش مصنوعی در تولید پلیمرهای الکترونیکی رسانا

گرداورنده : سهند غیور وحدت

شاید تصور اینکه پلاستیک بتواند برق را هدایت کند دشوار باشد؛ اما دسته‌ای خاص از مواد به نام پلیمرهای الکترونیکی وجود دارند که انعطاف‌پذیری پلاستیک را با کارایی فلز ترکیب می‌کنند. این مواد مسیر را برای نوآوری در دستگاه‌های پوشیدنی، الکترونیک چاپی و سیستم‌های پیشرفته ذخیره‌سازی انرژی هموار می‌کنند با این حال، ساخت فیلم‌های نازک از پلیمرهای الکترونیکی همواره چالش‌برانگیز بوده است، زیرا برای دستیابی به تعادل مناسب بین ویژگی‌های فیزیکی و الکترونیکی، تنظیمات دقیقی لازم است. محققان آزمایشگاه ملی آرگون[2] (وابسته به وزارت انرژی ایالات متحده) با استفاده از هوش مصنوعی راه‌حلی نوآورانه برای این چالش ارائه داده‌اند. آن‌ها از یک آزمایشگاه خودکار مبتنی بر هوش مصنوعی به نام پلی‌بات برای بررسی روش‌های پردازش و تولید فیلم‌های باکیفیت استفاده کردند. این ابزار در مرکز مواد در مقیاس نانو، یکی از مراکز علمی وزارت انرژی در آرگون(اسم شهری در فرانسه)، قرار دارد پلی بات پیشرفته‌ترین روش در کشف خودکار مواد است، که ترکیبی از رباتیک و قدرت هوش مصنوعی را برای سرعت بخشیدن به اکتشافات و نوآوری‌ها به کار می‌گیرد.

ربات خودمختار برای تولید فیلم‌های پلیمری رسانا

جی شو[3] دانشمند آزمایشگاه آرگون در مصاحبه‌ای در مورد پلی بات می‌گوید:« پلی‌بات به‌طور خودکار عمل می‌کند و یک ربات آزمایش‌ها را بر اساس تصمیمات هوش مصنوعی اجرا می‌کند. ما روشی را توسعه داده‌ایم که نشان می‌دهد چگونه هوش مصنوعی و اتوماسیون می‌توانند مهندسی شیمی و علم مواد را متحول کنند .»

حل چالش‌های کلیدی در پردازش پلیمرهای الکترونیکی

محققان با کمک گرفتن از پلی‌بات بر یکی از چالش‌های اساسی در تولید پلیمرهای الکترونیکی غلبه کردند. خواص نهایی این مواد به تاریخچه پیچیده‌ای از فرآیندهای تولید بستگی دارد. تقریباً یک میلیون ترکیب ممکن در فرآیند ساخت این فیلم‌ها وجود دارد، که می‌توانند ویژگی‌های نهایی آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند و مشخصا بررسی تمامی این احتمالات فرای توانایی انسان‌ها است.

بهبود هدایت الکتریکی و کاهش نقص‌های پوششی

پلی‌بات دو ویژگی کلیدی، که رسانایی و کاهش نقص‌های پوششی هستند را به‌طور همزمان بهینه‌سازی می‌کند. افزایش هدایت الکتریکی و کاهش نقص‌ها باعث می‌شود دستگاه‌ها قابل اطمینان‌تر و از نظر کارکرد الکتریکی کارآمدتر باشند. این پلتفرم کاملاً خودکار مراحل فرمول‌بندی، پوشش‌دهی و پردازش نهایی را یکپارچه می‌کند و امکان آزمایش سریع و جمع‌آوری داده‌ها را فراهم می‌کند، در نتیجه محققان توانستند فیلم‌های نازکی با هدایت الکتریکی قابل مقایسه با بالاترین استانداردهای موجود تولید کنند. همچنین آن‌ها دستورالعمل‌هایی برای تولید انبوه این فیلم‌ها توسعه دادند.

[1] Polybot
[2] Argonne National Laboratory
[3] Jie Xu

تحلیل تصاویر با هوش مصنوعی

یکی از دستاوردهای کلیدی این پروژه، طبق گفته آیکاترینی وریزا[۴] (دانشمند پژوهشی در آرگون)، استفاده از برنامه‌های پیشرفته کامپیوتری برای پردازش و تحلیل تصاویر بوده است. او توضیح داد:« این برنامه‌ها نه تنها به ما کمک کردند که آزمایش‌ها را انجام دهیم و فیلم‌ها را تولید کنیم، بلکه تصاویر فیلم‌ها را ثبت کرده و کیفیت آن‌ها را ارزیابی کردیم. این اطلاعات برای تلاش‌های ما در تولید فیلم‌های باکیفیت و رسانای بالا بسیار ارزشمند بود.»

ایجاد پایگاه داده برای تحقیقات آینده

علاوه بر ساخت فیلم‌های نازک، محققان مجموعه‌ای از داده‌های ارزشمند را جمع‌آوری کردند که قصد دارند آن را با جامعه علمی به اشتراک بگذارند. این کار ارزش تحقیق آن‌ها را چندین برابر می‌کند وریزا می‌گوید:« داده‌ها مهم هستند. ما از تحقیقات (متن باز) حمایت می‌کنیم و با به اشتراک‌گذاری این داده‌ها، امیدواریم که جامعه علمی به بهبود روش‌های ما کمک کند.»

فراتر از آزمایشگاه: مسیر تولید صنعتی پلیمرهای الکترونیکی

این تحقیق تنها محدود به ساخت پلیمرهای الکترونیکی در آزمایشگاه نیست. بلکه اصول و دستورالعمل‌هایی را برای تولید در مقیاس صنعتی ارائه می‌دهد. دستورالعمل‌های این پروژه می‌توانند راهنمایی عملی برای دانشمندان و تولیدکنندگانی باشند که به دنبال استفاده از پلیمرهای الکترونیکی در کاربردهای مختلف هستند جی‌شو می‌گوید:« این پروژه آغاز راه است. ما نشان دادیم که روش ما کار می‌کند. گام بعدی استفاده عمیق‌تر از هوش مصنوعی و فرآیندهای خودکار برای حل چالش‌های واقعی و کشف مواد جدید است.»

برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

[۴] Aikaterini Vriza

یوپلاستیک‌ها: راهکاری پایدار برای کاهش زباله‌های پزشکی و حفظ محیط‌زیست

گرداورنده : سهند غیور وحدت

چالش زباله‌های پلاستیکی پزشکی

بیمارستان‌های سراسر جهان سالانه میلیون‌ها تن زباله پلاستیکی تولید می‌کنند. بخش زیادی از این زباله‌ها از تجهیزات یک‌بارمصرف مانند ماسک‌های صورت، دستکش‌های جراحی، سرنگ‌ها، لوله‌های IV و بسته‌بندی‌های استریل ناشی می‌شود. مشکل اصلی اینجاست که بسیاری از این پلاستیک‌های پزشکی قابل‌تجزیه نیستند و ممکن است قرن‌ها در محل‌های دفن زباله یا اقیانوس‌ها باقی بمانند. در نهایت این مواد به ذرات میکرو و نانویی تجزیه می‌شوند که می‌توانند برای محیط‌زیست و سلامت انسان خطرات جدی از جمله اختلالات هورمونی و آسیب‌های سلولی ایجاد کنند. سوزاندن این زباله‌ها نیز باعث انتشار مواد شیمیایی مضر در هوا می‌شود که می‌تواند کیفیت هوا را کاهش داده و حتی به تغییرات اقلیمی دامن بزند.

بیوپلاستیک‌ها: جایگزینی سازگار با محیط‌زیست

برای مقابله با این بحران، تلاش‌های گسترده‌ای برای یافتن جایگزین‌های سازگار با محیط‌زیست برای پلاستیک‌های پزشکی در حال انجام است. بیوپلاستیک‌ها مانند اسید پلی‌لاکتیک (PLA)[1] یکی از گزینه‌های امیدوارکننده است. بیوپلاستیک‌ها از گیاهان یا جلبک‌ها ساخته می‌شوند و در شرایط دمایی، pH و رطوبتی مناسب، قابل‌تجزیه بوده و هیچ‌گونه مواد سمی تولید نمی‌کنند. همچنین الیاف طبیعی مانند بامبو و کنف به‌عنوان جایگزین‌های مواد مصنوعی در حال بررسی هستند؛ زیرا هم استحکام بالایی دارند و هم زیست‌تخریب‌پذیر هستند. برخلاف پلاستیک‌های سنتی، بسیاری از جایگزین‌های تجزیه‌پذیر بدون انتشار مواد شیمیایی مضر تجزیه می‌شوند.

کاربرد بیوپلاستیک‌ها در پزشکی

بیوپلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر در حال حاضر در تجهیزات پزشکی از جمله در دریچه‌های قلب، پانسمان زخم و سیستم‌های انتقال دارو مورد استفاده قرار می‌گیرند. از آنجا که این مواد منشأ طبیعی دارند، یکی از مزایای مهم آن‌ها این است که در طول فرآیند بهبود دوباره جذب بدن می‌شوند. به‌عنوان مثال برای خارج کردن یک ایمپلنت نیازی به جراحی دوم نخواهد بود. همچنین بیوپلاستیک‌ها توانایی عبور از سد خونی-مغزی را دارند که آن‌ها را برای هدف‌گیری بافت‌های خاص ایده‌آل می‌کند.پیشرفت‌های جدید مانند چاپ سه‌بعدی با استفاده از پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، فرصت‌های جدیدی برای کاربردهای پزشکی پایدار ایجاد کرده است. بیوپلاستیک‌های چاپ سه‌بعدی در حال بررسی برای جایگزینی غضروف‌های تحمل‌کننده وزن، ترمیم حفره‌های قلبی، پیوند زخم و ساخت غشاهای مصنوعی برای کلیه‌ها هستند. سلولز یکی از بیوپلاستیک‌های کلیدی در پزشکی محسوب می‌شود؛ زیرا غیر سمّی است و هنگام استفاده در تجهیزات پزشکی، عوارض جانبی ایجاد نمی‌کند. این ماده از دو ویژگی مهم برای بسته‌بندی تجهیزات پزشکی که استحکام مکانیکی بالا و مقاومت در برابر آب می‌باشد، برخوردار است. در عین حال، به‌راحتی در خاک تجزیه می‌شود و آن را به گزینه‌ای ایده‌آل برای مصارف پزشکی تبدیل کرده است.

[1] Polylactic Acid)PLA(

بررسی‌های انجام‌شده، نشان داده است که پلیمرهای پلی‌کاپرولاکتون(PCL)[۲] و پلی‌لاکتیک-کو-گلیکولیک اسید (PLGA)[۳] گزینه‌های امیدوارکننده‌ای به دلیل ایمنی و سازگاری با کاربردهای پزشکی هستند. همچنین مشخص شده است که ایمپلنت‌های ساخته‌شده از پلی‌هیدروکسی‌آلکانوآت (PHA)[۴] به‌طور طبیعی در بدن تجزیه می‌شوند؛ که این امر نیاز به جراحی برای حذف آن‌ها را از بین می‌برد. حتی بخیه‌های جراحی ساخته‌شده از PLA با گذشت زمان حل شده و خطر عفونت را کاهش می‌دهند.

چالش‌های گسترش بیوپلاستیک‌ها در پزشکی

با وجود مزایای فراوان، جایگزینی پلاستیک‌های سنتی با بیوپلاستیک‌ها چالش‌هایی به همراه دارد. استریلیزاسیون، ایمنی و دریافت تأییدیه‌های نظارتی از موانع اصلی آن هستند. همچنین هزینه‌های بالا و کمبود مواد اولیه بیوپلاستیکی همچنان از نگرانی‌های مهم محسوب می‌شوند. بیوپلاستیک‌های پزشکی با وجود اینکه می‌توانند تأثیرات زیست‌محیطی بخش پزشکی را کاهش دهند، می‌توانند تا ۵۰٪ گران‌تر از پلاستیک‌های نفتی باشند علاوه بر این، ارزیابی چرخه عمر محصولات بیوپلاستیکی ضروری است. این ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی یک محصول را از استخراج مواد خام تا دفع نهایی آن بررسی می‌کند و به شناسایی روش‌های پایدارتر کمک می‌کند. افزایش انتشار نتایج این ارزیابی‌ها می‌تواند تصمیم‌گیرندگان را در پذیرش بیوپلاستیک‌ها یاری دهد.

آینده‌ای سبز برای صنعت پزشکی

با وجود چالش‌ها پتانسیل بیوپلاستیک‌ها بسیار زیاد است. کاهش وابستگی به پلاستیک‌های یکبارمصرف می‌تواند بار زباله‌های بیمارستانی را کاهش دهد و هم‌زمان از اکوسیستم‌ها و سلامت انسان در برابر آلودگی میکروپلاستیک‌ها محافظت کند. برخی از بیوپلاستیک‌ها حتی می‌توانند تا ۲۵٪ انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند. تغییرات بزرگ یک‌شبه اتفاق نمی‌افتند، اما با سرمایه‌گذاری در جایگزین‌های زیست‌تخریب‌پذیر، بخش سلامت می‌تواند گام‌های بزرگی در کاهش اثرات زیست‌محیطی خود بردارد.

برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

۲ polycaprolactone)PCL(
۳ polylactic-co-glycolic acid
۴ polyhydroxyalkanoate

تحولی در صنعت پلیمر: پلاستیک‌های خودترمیم‌شونده و بازیافت‌پذیر برای آینده‌ای پایدار

گرداورنده : سهند غیور وحدت

پلیمرهای هوشمند: گامی نوین در بازیافت و پایداری پلاستیک‌ها

پلاستیک‌ها، که مواد پلیمری متشکل از زنجیره‌های طولانی مولکول‌های کوچک به نام مونومرها هستند، به دلیل وزن سبک، استحکام مناسب و انعطاف‌پذیری بالا در زندگی روزمره و صنعت کاربرد گسترده‌ای دارند. اما با تولید سالانه حدود ۵۲ میلیون تن زباله پلاستیکی، آلودگی ناشی از پلاستیک به یکی از چالش‌های بزرگ زیست‌محیطی تبدیل شده است برای حل این مشکل، تحقیقات بسیاری در زمینه توسعه مواد پلیمری پایدار انجام شده است. با این حال بیشتر پلیمرهای توسعه‌یافته تاکنون به دلیل فرآیندهای پیچیده تولید یا مشکلات جداسازی از سایر پلاستیک‌ها در زمان بازیافت، با محدودیت‌هایی مواجه هستند. اما اگر بتوان مونومرهای بازیافتی را به گونه‌ای بازسازی کرد که خواص اولیه خود را حفظ کنند، می‌توان به یک راهکار نوآورانه برای افزایش پایداری و قابلیت بازیافت پلیمرها دست یافت.

ابداع پلیمر جدید با قابلیت خودترمیمی و بازیافت بالا

برای غلبه بر این چالش‌ها، تیمی از محققان به رهبری دکتر ته آن کیم از مؤسسه علوم و فناوری کره (KIST) ، یک ماده پلیمری جدید با قابلیت خودترمیمی و بازیافت‌پذیری بالا توسعه داده‌اند این تیم پژوهشی یک مولکول با ساختار حلقوی پنج‌ضلعی طراحی کرده است که نه‌تنها می‌تواند به‌راحتی بین حالت مونومری و پلیمری تغییر کند، بلکه قادر است در برابر گرما، نور و نیروهای مکانیکی واکنش نشان داده و به‌صورت پویا پیوندهای کووالانسی خود را تنظیم کند. این ویژگی امکان تولید پلیمرهایی با طیف وسیعی از خواص، از نرمی و انعطاف‌پذیری مانند کش لاستیکی گرفته تا سختی و استحکام مشابه بطری‌های شیشه‌ای را فراهم می‌کند.

قابلیت‌های منحصربه‌فرد پلیمر جدید

این پلیمر تازه توسعه‌یافته به راحتی قابل مدیریت است؛ زیرا در محل‌های آسیب‌دیده فلورسانس از خود نشان می‌دهد و امکان تشخیص آسیب در زمان واقعی را فراهم می‌کند و در معرض گرما و نور خود را ترمیم می‌کند. یکی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد این ماده این است که پس از دور انداخته‌شدن، می‌تواند به‌طور انتخابی به مونومرهای خود تجزیه شود، حتی در حالتی که با پلاستیک‌های معمولی ترکیب شده باشد. این پلیمر علاوه بر بازیافت‌پذیری، قادر است در واکنش به گرما، نور و نیروهای مکانیکی، خواص حرارتی، مکانیکی و نوری خود را تغییر دهد.

کاهش هزینه‌های اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی

با توجه به استحکام مکانیکی بالا، مقاومت در برابر آسیب، خودترمیمی، شناسایی آسیب و بازیافت انتخابی این پلیمر جدید می‌تواند هزینه‌های مربوط به تفکیک و پردازش زباله‌های پلاستیکی را کاهش دهد. جایگزین‌کردن پوشش‌های صنعتی با این پلیمر سازگار با محیط‌زیست، می‌تواند هزینه‌های تعمیر و نگهداری را به میزان قابل‌توجهی کاهش داده و آلودگی محیط‌زیست را کاهش دهد.

تحولی در طراحی مواد هوشمند

دکتر ته آن کیم، محقق ارشد این پروژه، بیان کرد:« این پژوهش رویکردی جدید را در طراحی مواد با قابلیت‌های خودکار، مانند شناسایی آسیب و خودترمیمی معرفی می‌کند. ما در تلاشیم تا محدودیت‌های حرارتی و مکانیکی پلاستیک‌های قابل‌بازیافت را پشت سر بگذاریم.» او همچنین تأکید کرد که این تحقیقات می‌تواند بازار جدیدی برای پوشش‌های صنعتی پایدار یعنی محصولاتی که به نگهداری کمتری نیاز دارند و هیچ‌گونه زباله‌ای تولید نمی‌کنند، ایجاد کند.

برای دسترسی به منابع ، QR
را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

چکیده

علم پلیمر با رشد سریع خود در دهه‌های اخیر به یکی از ارکان اصلی فناوری‌های نوین تبدیل شده است. ظهور پلیمرهای هوشمند، پلیمرهای زیستی و نانوکامپوزیت‌های پلیمری، نه تنها کاربردهای صنعتی جدیدی ایجاد کرده، بلکه زمینه‌ساز توسعه کارآفرینی فناورانه و تحقق اهداف توسعه پایدار شده است. این مقاله با بررسی پیشرفت‌های علمی و روندهای نوظهور در علم پلیمر، به تحلیل فرصت‌های بازار ناشی از این تحولات می‌پردازد. [۱,۲]

مقدمه

در عصر اقتصاد جهانی‌شده و فناوری‌محور، توانایی خلق و پیاده‌سازی نوآوری‌های فناورانه، مزیتی رقابتی محسوب می‌شود .[۱] پلیمرها به دلیل انعطاف‌پذیری در طراحی، خواص مکانیکی و شیمیایی متنوع و هزینه تولید مناسب نقش کلیدی در توسعه صنایع مختلف از پزشکی تا خودروسازی و الکترونیک ایفا می‌کنند . [۲] با توجه به چالش‌های زیست‌محیطی و نیاز روزافزون به مواد هوشمند و پایدار، تحقیق و توسعه در حوزه پلیمرهای جدید با شتاب بیشتری دنبال می‌شود. جدول ۱ نشان می دهد که پلیمرهای هوشمند، زیستی و نانوکامپوزیت‌ها در صدر این تحولات قرار دارند.

جدول ۱: طبقه بندی انواع پلیمرها بر اساس کاربردهای کلیدی، ویژگی های اصلی و فرصت های بازار [۲].

نوع پلیمر	کاربردهای کلیدی	ویژگی‌های اصلی	فرصت های بازار
پلیمر های هوشمند	پزشکی (ایمپلنت)، ساختمان (مصالح هوشمند)، نساجی (پارچه هوشمند)	واکنش به گرما، نور، pH، حافظه شکلی، خودترمیمی	افزایش تقاضا برای محصولات با فناوری بالا
پلیمر های زیستی	بسته‌بندی پایدار، پزشکی، خودرو	تجزیه‌پذیر، تولید از منابع تجدیدپذیر	رشد بازار محصولات سبز و پاسخ به مقررات زیست محیطی
نانوکامپوزیت های پلیمری	خودروسازی، الکترونیک، بسته‌بندی مواد غذایی	مقاومت مکانیکی بالا، بهبود رسانایی حرارتی و الکتریکی	توسعه سریع در فناوری های سبک و مقاوم
پلیمرهای ساختاری[۱]	هوافضا، پزشکی پیشرفته، صنعت انرژی	مقاومت حرارتی و شیمیایی بالا، دوام طولانی	نیاز به مواد با عملکرد بالا در صنایع تخصصی

[۱] High-performance

پلیمرهای هوشمند:
پلیمرهایی با پاسخ به محیط

۲.۱ تعریف و خواص

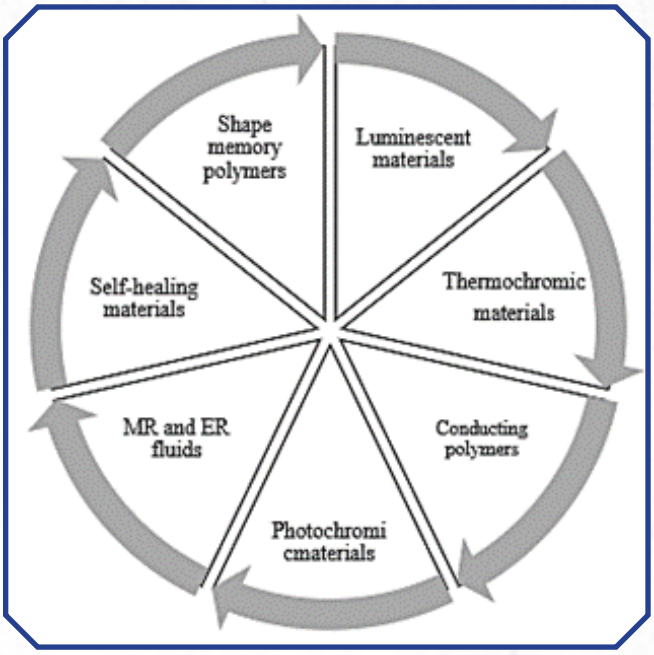
پلیمرهای هوشمند موادی هستند که می‌توانند به محرک‌های محیطی مانند دما، نور، میدان الکتریکی یا تغییرات pH واکنش نشان دهند. این واکنش می‌تواند شامل تغییر شکل، تغییر رنگ، ترمیم خودکار یا تغییر رسانایی الکتریکی باشد. شکل ۱ این پلیمرها، شامل نمونه های دارای حافظه شکلی، مواد شب‌تاب، مواد گرمانما، پلیمرهای رسانا، مواد فوتوکرومیک، سیالات الکترورئولوژیکی و پلیمرهای خودترمیم‌شونده را نشان می دهد. هر یک از این دسته‌ها قابلیت واکنش به تغییرات فیزیکی یا شیمیایی محیط را دارا بوده و کاربردهای متنوعی در صنایع مختلف دارند. [۳]

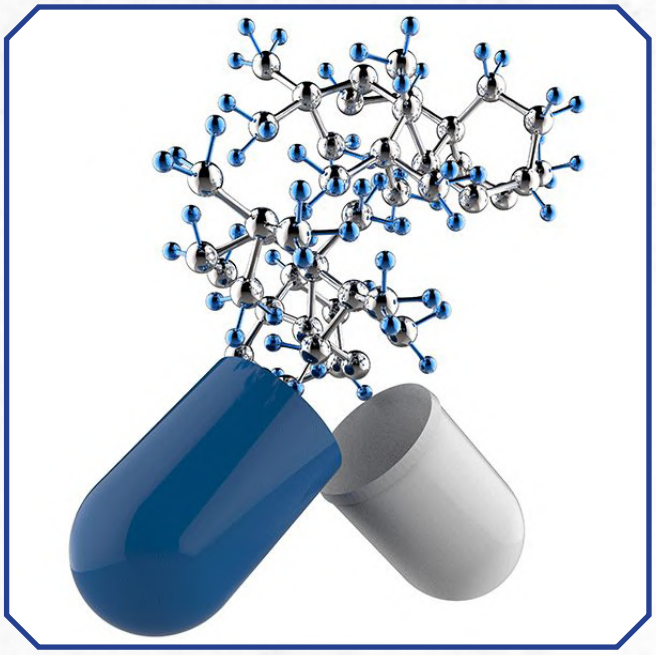
۲.۲ کاربردهای پزشکی صنعتی

پلیمرهای هوشمند به صورت بسیار گسترده‌ای در پزشکی برای ایمپلنت های سازگار با بدن که قابلیت آزادسازی دارو یا ترمیم بافت داشته به کار می روند. همچنین در ساختمان سازی به عنوان مصالح ساختمانی با خاصیت خودترمیم یا جذب انرژی حرارتی مورد استفاده قرار گرفته و در نساجی برای تولید پارچه های هوشمند با قابلیت تنظیم گرما یا تغییر رنگ کاربرد دارند [۱]

۲.۳ نقش در کارآفرینی فناورانه

تحقیقات نشان داده که توسعه پلیمرهای هوشمند در شرکت‌های فناوری خود موتور رشد کارآفرینی فناورانه بوده و سبب ایجاد کسب‌وکارهای نوظهور در حوزه فناوری‌های پیشرفته شده است .[۱]





شکل ۱: دسته‌بندی انواع پلیمرهای هوشمند بر اساس نوع واکنش به محرک‌های محیطی [۳].

پلیمرهای زیستی:
پلیمرهای سبز برای آینده‌ای پایدار

۳.۱ تعریف و اهمیت

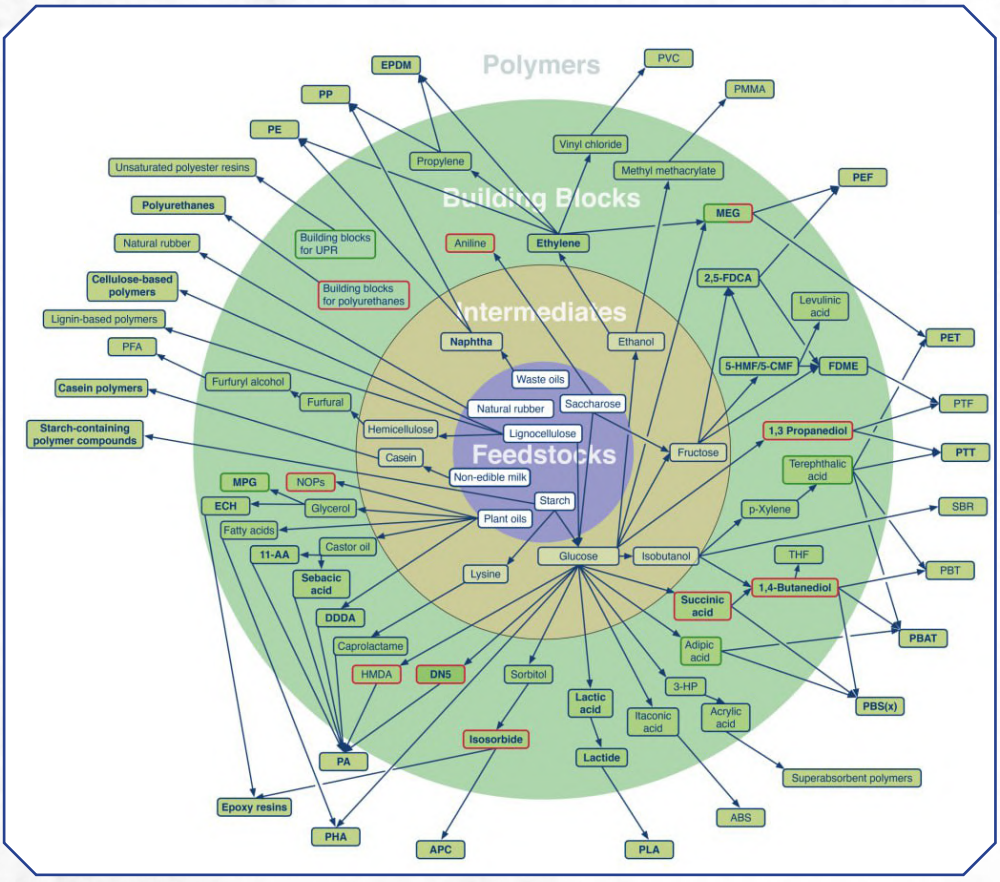
پلیمرهای زیستی از منابع تجدیدپذیر مانند نشاسته، سلولز یا اسیدلاکتیک تولید می‌شوند. این پلیمرها قابلیت تجزیه‌زیستی در طبیعت را داشته و آن‌ها را به گزینه‌ای ایده‌آل برای جایگزینی پلیمرهای نفتی تبدیل کرده است [۲]

۳.۲ انواع پلیمرهای زیستی

* پلی‌لاکتیک اسید: برای بسته‌بندی مواد غذایی، تجهیزات پزشکی و چاپ سه‌بعدی.
* پلی‌هیدروکسی‌آلکانوآت‌ها: زیست‌تجزیه‌پذیر کامل با کاربرد در پزشکی و کشاورزی.
* پلی‌بوتیلن سوکسینات: جایگزین کیسه‌های پلاستیکی.

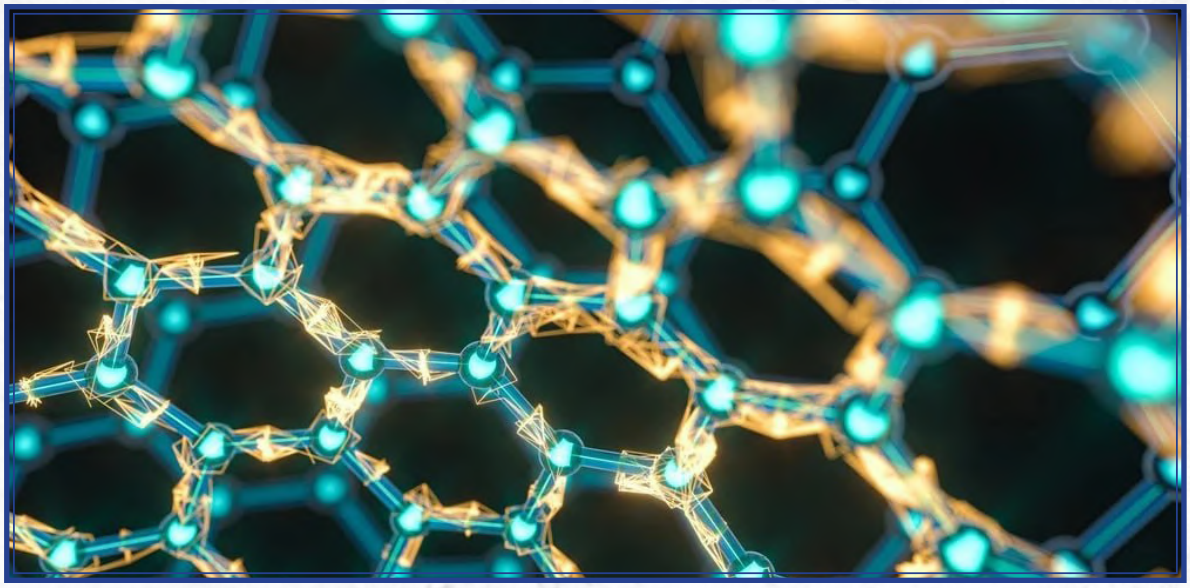
۳.۳ چالش‌ها و فرصت‌ها

با وجود هزینه‌های بالاتر پلیمرهای زیستی نسبت به پلیمرهای سنتی، انتظار می‌رود که با بهبود فناوری تولید و افزایش مقیاس، هزینه‌های پلیمرهای زیستی کاهش یافته و بازار آن‌ها توسعه یابد. همچنین سیاست‌های حمایتی مانند کاهش مالیات بر محصولات زیستی می‌تواند این رشد را تسریع کند [۲] .



تصویر۱)پلیمرهای حاصل از مواد اولیه تجدیدپذیر و واسطه‌های آن‌ها

نانوکامپوزیت‌های پلیمری: پلیمرهای نسل آینده



۴.۱ تعریف و ساختار

نانوکامپوزیت‌های پلیمری از ترکیب پلیمرها با نانوذرات (نظیر نانولوله‌های کربنی، نانورس یا گرافن) ساخته شده که خواص مکانیکی، حرارتی و الکتریکی آن‌ها را به طور چشمگیری ارتقا می‌دهد.

۴.۲ کاربردها

در الکترونیک پلیمرهای زیستی در تولیدات تجهیزات الکترونیکی منعطف و مقاوم کاربرد دارند. در خودروسازی برای ساخت قطعات سبک تر و مقاوم در برابر ضربه استفاده می شوند. همچنین برای صنایع غذایی در بسته بندی مقاوم به نفوذ اکسیژن و رطوبت مورد استفاده قرار می گیرند.

۴.۳ فرصت‌های اقتصادی

نانوکامپوزیت‌های پلیمری با ایجاد محصولات با عملکرد بهتر و عمر طولانی‌تر، ارزش افزوده بالایی برای صنایع ایجاد کرده و در سال‌های آینده بازار گسترده‌ای خواهند داشت.

تحلیل بازار و آینده‌پژوهی

۵.۱ پیش‌بینی رشد بازار پلیمرهای نوظهور

در دهه‌های اخیر، بازار جهانی پلیمرها با رشد مداوم همراه بوده است. رشد چشمگیر در تقاضا برای پلیمرهای زیستی، هوشمند و نانوکامپوزیت‌ها، ناشی از عوامل متعددی همچون نگرانی‌های زیست‌محیطی، افزایش قیمت نفت خام و پیشرفت فناوری‌های صنعتی می‌باشد مطابق برآوردهای اتحادیه اروپا

* ارزش بازار پلیمرهای زیستی در اروپا تا سال ۲۰۲۰ حدود ۳ تا ۶ میلیارد یورو پیش‌بینی شده است.
* سهم پلیمرهای زیستی از کل بازار پلیمرها در اتحادیه اروپا از کمتر از ۱٪ در سال ۲۰۱۰ به حدود ۴٪ در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است.
* در سطح جهانی، نرخ رشد سالانه مرکب برای پلیمرهای زیستی، پلیمرهای هوشمند و نانوکامپوزیت‌ها[۵] حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد تخمین زده می‌شود.

روندهای اصلی رشد بازار

روندهای اصلی رشد بازار شامل افزایش تقاضا برای بسته بندی پایدار در صنایع غذایی، دارویی، گسترش بازار خودروهای برقی، استفاده از پلیمرهای زیستی و نانوکامپوزیت ها در الکترونیک، تجهیزات پزشکی، رشد فناوری چاپ سه بعدی و نیاز به مواد نوآورانه مانند پلیمرهای زیستی قابل چاپ، بسیار حائز اهمیت است.

با توجه به این عوامل، انتظار می‌رود بازار جهانی پلیمرهای نوظهور تا سال ۲۰۳۰ به بیش از ۲۰ میلیارد یورو برسد [۲].

۵.۲ اثرات زیست‌محیطی پلیمرهای نوظهور

یکی از مزایای مهم پلیمرهای زیستی، نقش آن‌ها در کاهش اثرات زیست‌محیطی است. بر اساس برآوردهای کمیسیون اروپا، تولید یک تن پلیمر زیستی می‌تواند منجر به صرفه‌جویی ۲۰ تا ۵۰ گیگاژول انرژی و کاهش ۱.۰ تا ۴.۰ تن دی‌اکسیدکربن معادل نسبت به پلیمرهای نفتی شود. اگرچه در کوتاه‌مدت سهم این صرفه‌جویی‌ها نسبت به کل اقتصاد کم است (حدود ۰.۲٪ تا سال ۲۰۲۰)، اما در بلندمدت، با افزایش مقیاس تولید، تاثیرات مثبت قابل توجهی خواهد داشت. پلیمرهای زیستی با تجزیه‌پذیری طبیعی، به کاهش آلودگی پلاستیکی کمک کرده و امکان بازگرداندن مواد به چرخه طبیعی را فراهم می‌کنند. با توجه به تشدید تغییرات اقلیمی و فشارهای جهانی برای کاهش کربن، پلیمرهای زیستی و نانوکامپوزیت‌ها به عنوان عناصر کلیدی در سیاست‌های اقتصاد سبز شناخته می‌شوند.

۵.۳ نقش سیاست‌های حمایتی در توسعه بازار

رشد بازار پلیمرهای نوظهور به‌شدت به وجود سیاست‌های حمایتی مناسب وابسته است مهم‌ترین سیاست‌ها عبارتند از:

[۵] Compound Annual Growth Rate)CAGR(

۵.۳.۱ مشوق‌های مالی و مالیاتی

مشوق‌های مالی و مالیاتی شامل کاهش مالیات بر ارزش افزوده برای محصولات زیستی و قابل تجزیه، حمایت مالی از پروژه‌های تحقیق و توسعه در حوزه مواد زیستی و هوشمند و تخصیص یارانه برای راه‌اندازی خطوط تولید مواد پایدار در صنایع می‌شود.

۵.۳.۲ استانداردسازی و مقررات فنی

استانداردسازی و مقررات فنی شامل تدوین استانداردهای زیست‌محیطی اجباری برای بسته‌بندی‌ها و محصولات صنعتی و برچسب‌گذاری محصولات زیستی برای اطلاع‌رسانی به مصرف‌کنندگان و تحریک بازار می‌شود.

۵.۳.۳ سیاست‌های تشویقی برای صنایع

سیاست‌های تشویقی برای صنایع شامل ادغام استفاده از پلیمرهای زیستی و نانوکامپوزیت‌ها در خط‌مشی‌های کلان کشاورزی، سیاست‌های تغییر اقلیم و مدیریت پسماند و راه‌اندازی کارزارهای آگاهی‌بخشی عمومی درباره اهمیت مواد پایدار و دوستدار محیط زیست می‌شود.

تاثیر سیاست‌ها

تحقیقات نشان می‌دهد که در صورت اجرای مؤثر سیاست‌های حمایتی، تولید پلیمرهای زیستی در اروپا می‌تواند تا ۱۰ برابر نسبت به پیش‌بینی‌های اولیه رشد کرده که در این صورت تاثیرات اقتصادی و زیست‌محیطی بسیار چشمگیری خواهد داشت. جدول ۱ تاثیر این سیاست ها و جزییات کلیدی آنها را بیان می کند [۲].

جدول ۲: اهمیت و تاثیر مجموعه سیاست‌های حمایتی در تولید پلیمرهای زیستی [۲].

محور تحلیل	جزئیات کلیدی
رشد بازار جهانی	افزایش ارزش بازار به حدود ۲۰ میلیارد یورو تا ۲۰۳۰
نرخ رشد سالانه	حدود ۱۰–۱۲٪
سهم بازار پلیمرهای زیستی	حدود ۴٪ از کل بازار پلیمرها در اروپا تا سال ۲۰۲۰
صرفه‌جویی انرژی	۲۰–۵۰ گیگاژول در هر تن پلیمر زیستی
کاهش گازهای گلخانه‌ای	۰/۱–۰/۴ تن CO_2 به ازای هر تن تولید
سیاست‌های حمایتی مهم	کاهش مالیات، حمایت از تحقیق و توسعه، استانداردسازی محصولات، تشویق استفاده صنعتی
پتانسیل رشد با سیاست‌های موثر	رشد ۱۰ برابری تولید پلیمرهای زیستی نسبت به سناریوی بدون حمایت

نتیجه‌گیری

پیشرفت‌های علم پلیمر با تمرکز بر توسعه پلیمرهای هوشمند، زیستی و نانوکامپوزیت‌ها، راه را برای تحقق فناوری‌های پایدار و کارآمد در قرن ۲۱ هموار کرده است. با توجه به روندهای نوظهور و فرصت‌های عظیم بازار، سرمایه‌گذاری هدفمند در این حوزه می‌تواند به توسعه اقتصادی، کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارتقاء کیفیت زندگی کمک شایانی نماید. لازم است که همزمان با رشد علمی، سیاست‌گذاری‌های هوشمندانه برای حمایت از این حوزه اتخاذ شود تا در آینده‌ای نزدیک شاهد تحولات بنیادین در صنایع گوناگون باشیم.

برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

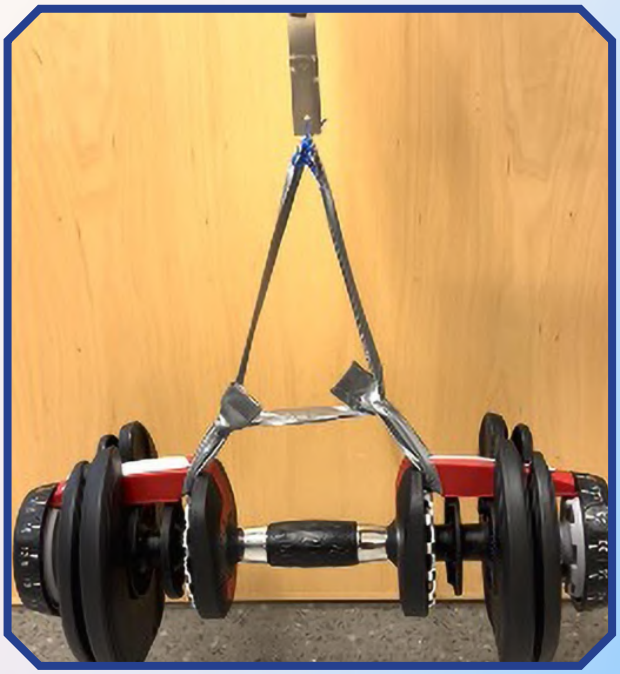
چسب «Super Glue» با مهندسی بیولوژیکی رکورد جدیدی در استحکام ثبت کرد

گرداورنده : آنوشا هرندی

محققان یک پلیمر چسبی جدید ساخته‌اند که از نظر استحکام از گزینه‌های تجاری موجود پیشی گرفته و در عین حال مزایای اضافی همچون قابلیت زیست تخریب پذیری، سفارشی‌سازی و استفاده مجدد را ارائه می‌دهد. محققان دانشگاه ایالتی کلرادو و همکارانشان یک پلیمر چسبی نوآورانه ساخته‌اند که از نظر استحکام از گزینه‌های تجاری موجود بهتر عمل میکند و در عین حال زیست تخریب‌پذیر و قابل استفاده مجدد است. این مطالعه که در نشریه Science منتشر شده، نشان می‌دهد که چگونه پلیمر طبیعی P۳HB می‌تواند به‌طور شیمیایی اصلاح شود تا به عنوان یک عامل پیوندی پایدار و مقاوم عمل کند چسب‌ها نقش حیاتی در صنایعی همچون خودروسازی، بسته‌بندی، الکترونیک، انرژی خورشیدی و ساخت و ساز ایفا می‌کنند و پایه‌گذار بازاری به ارزش ۵۰ میلیارد دلار هستند. با این حال، آن‌ها همچنین سهم زیادی در مشکل رو به رشد ضایعات پلاستیکی دارند. تیم تحقیقاتی با استفاده از ترکیبی از روش‌های تجربی، شبیه‌سازی‌ها و مدل‌سازی فرآیندها، این پلیمر دوست‌دار محیط‌زیست را به عنوان یک جایگزین قابل اجرا برای چسب‌های سنتی طراحی کرده است این پروژه تحت رهبری پروفسور برجسته دانشگاه، یوجین چن، از گروه شیمی انجام شد. دیگر همکاران این مقاله شامل گرگ بکهم از آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر و پروفسور تینگ شو از دانشگاه کالیفرنیا و پژوهشگرانی از گروه‌های آن‌ها هستند چن اظهار کرد که پلی(۳-هیدروکسی‌بوتیرات) یا P۳HB ، یک پلیمر طبیعی، زیست‌محیطی و قابل تجزیه است که می‌تواند تحت شرایط زیستی مناسب توسط میکروب‌ها تولید شود. در حالی که این پلیمر به صورت طبیعی چسبنده نیست، آزمایشگاه او توانسته است ساختار آن را به‌طور شیمیایی مهندسی مجدد کند، به طوری که اکنون قادر است چسبندگی قوی‌تری نسبت به گزینه‌های رایج مشتق‌شده از نفت و غیرقابل تجزیه زیستی ارائه دهد. قابل مشاهده است. همچنین قدرت چسبندگی این پلیمر مهندسی‌شده می‌تواند به‌طور دقیق برای نیازهای مختلف کاربردی تنظیم شود

رسیدگی به بحران جهانی زباله‌های پلاستیکی

این یافته‌ها بخشی از هدف بزرگ‌تر گروه چن برای بهبود و گسترش توانایی ما در مقابله با بحران جهانی آلودگی پلاستیکی است. تیم او در تلاش‌های متعددی برای توسعه جایگزین‌های شیمیایی قابل بازیافت، زیست‌تخریب‌پذیر و در مجموع پایدارتر نسبت به مواد پلاستیکی امروزی مشارکت دارد. او بیان کرد که در حالی که بسیاری از مردم به طور ذاتی از مشکلات چرخه عمر یک بطری آب یک‌بارمصرف آگاه هستند، چسب‌ها چالش‌های پیچیده‌تری را با راه‌حل‌های بالقوه کمتری به همراه دارند



چن اظهار کرد:« چسب‌های حرارتی مبتنی بر نفت ، مانند Gorilla Glue و J-B Weld، همراه با چسب‌های گرما ذوب ، معمولاً بازیافت یا بازیابی بسیار سخت یا حتی غیرممکنی دارند؛ زیرا پیوندهای بسیار محکمی با سایر مواد ایجاد می‌کنند. در مقابل، رویکرد ما یک ماده زیست‌تخریب‌پذیر ارائه می‌دهد که می‌توان از آن در صنایع مختلف استفاده کرد و علاوه بر امکان تنظیم میزان استحکام، حتی ممکن است از نظر مقاومت از این گزینه‌ها برتر باشد.»

ایتان کوئین دانشجوی دکترای دانشگاه CSU است و به همراه محقق پسادکتری، ژن ژانگ، به‌عنوان نویسنده همکار اصلی در این مقاله حضور داشت. کوئین بیان کرد که او و ژانگ هدایت تحقیقات مربوط به ایجاد و آزمایش این ماده را بر عهده داشته‌اند. کوئین گفت:« ما یک نمونه چسب P۳HB را توسعه دادیم و توانستیم از آن با یک تفنگ چسب تجاری موجود استفاده کنیم تا کاربرد آن را در مهر و موم کردن جعبه‌های مقوایی و آزمایش خواص دیگر روی صفحات فولادی بررسی کنیم. می‌دانستم که داده‌ها نشان می‌دهند این چسب از سایر گزینه‌ها مقاوم‌تر است، اما واقعاً شگفت‌زده شدم که توانستیم نشان دهیم این چسب عملکردی به مراتب بهتر از چسب‌های حرارتی معمولی دارد به‌طوری که تا ۲۰ پوند وزن را نگه می‌دارد، در حالی که چسب‌های موجود تنها قادر به تحمل ۱۵ پوند بودند.»

مزایای زیست‌محیطی و تجاری‌سازی آینده

چن گفت:« P۳HB در شرایط مختلف، از جمله محیط‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده، زیست‌تخریب‌پذیر است. این به این معنی است که این ماده به طور طبیعی در محل‌های دفن زباله، همانطور که در آب‌های شور اقیانوس یا خاک‌ها تجزیه می‌شود، قابل تجزیه است. این ویژگی دامنه گزینه‌های ممکن برای مدیریت این ماده در انتهای چرخه زندگی‌اش را گسترش می‌دهد. چسب P۳HB همچنین می‌تواند بازیابی، بازیافت و دوباره استفاده شود.» تیم CSU اکنون شروع به کار بر روی روش‌هایی برای تجاری‌سازی این پلیمر به منظور استفاده گسترده خواهد کرد. چن گفت: «ما روی دو رویکرد مختلف کار می‌کنیم تا تولید انبوه را هدف قرار دهیم، از جمله روش‌هایی برای کاهش هزینه کلی و اثرات زیست‌محیطی. تجزیه و تحلیلی که تیم NREL انجام داده، نقاط کلیدی را شناسایی کرده است که می‌توانیم در آن‌ها بهبودهایی ایجاد کنیم. ما همچنان به همکاری خود با اتحادیه BOTTLE ادامه خواهیم داد تا این فناوری را در مقیاس بزرگ تر توسعه دهیم.»

برای دسترسی به منابع ، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

دانشمندان فرایندی فعال‌شونده با نور را کشف کردند که می‌تواند پلاستیک را به طور کامل بازیافت‌پذیر کند

گرداورنده : آنوشا هرندی

دانشمندان روشی نوین و امیدبخش کشف کرده‌اند که می‌تواند پلاستیک‌های مقاومی مانند پلکسی‌گلاس را به اجزای اولیه‌شان تجزیه کند، گامی که ممکن است صنعت بازیافت را دگرگون سازد. برخلاف روش‌های معمول که در فرایند بازیافت مکانیکی باعث کاهش کیفیت پلاستیک می‌شوند، این روش شیمیایی امکان بازیابی کامل مونومرها را فراهم می‌کند و استفاده مجدد با کیفیت بالا را ممکن می‌سازد

تجزیه پلاستیک‌ها به مونومرها

دانشمندان روش جدیدی را برای تجزیه پلاستیک‌هایی مانند پلکسی‌گلاس به اجزای سازنده اولیه‌شان، یا همان مونومرها، ابداع کرده‌اند که بازیافت و استفاده مجدد از آن‌ها را آسان‌تر می‌سازد. این دستاورد می‌تواند به کاهش زباله‌های پلاستیکی کمک کند، مشکلی که همچنان به‌عنوان یک معضل زیست‌محیطی فزاینده باقی مانده است.

روش سنتی بازیافت پلاستیک ها معمولاً شامل خرد کردن، شستشو و ذوب مجدد مواد است؛ اما این فرایند به مرور زمان باعث کاهش کیفیت پلاستیک می‌شود. در مقابل، تجزیه پلاستیک‌ها به مونومرها امکان تصفیه کامل‌تر را فراهم می‌کند و این امکان را می‌دهد که پلاستیک‌ها بدون افت کیفیت دوباره به مواد با کیفیت بالا تبدیل شوند.

آمار جهانی زباله‌های پلاستیکی (برآوردهای سالانه)

زباله‌های پلاستیکی در سطح جهانی: هر سال بیش از ۴۰۰ میلیون تن زباله پلاستیکی تولید می‌شود

* پلاستیک بازیافتی: تنها حدود ۹٪ از زباله‌های پلاستیکی به طور موفقیت‌آمیز بازیافت می‌شوند
* دفن و سوزاندن زباله‌ها: حدود ۱۹٪ از زباله‌ها سوزانده می‌شوند و تقریباً ۵۰٪ آن‌ها به دفن زباله‌ها می‌روند.
* آلودگی اقیانوس‌ها: هر سال حدود ۱۱ میلیون تن پلاستیک وارد اقیانوس‌ها می‌شود.

چگونه نور و حلال‌ها باعث تجزیه پلاستیک می‌شوند

هیون ساک وانگ و همکارانش، در تحقیق خود کشف کردند که قرار دادن پلاستیک‌هایی مانند پلکسی‌گلاس در معرض نور بنفش در حلال دی‌کلروبنزن می‌توانند به طور مؤثر آن‌ها را به مونومرهای اولیه‌شان تجزیه کند. به نظر می‌رسد که واکنش توسط رادیکال‌های کلر آزاد شده از حلال هدایت می‌شود که به آغاز فرایند تجزیه کمک می‌کنند.

محققان بر این نکته تأکید دارند که این روش قابلیت اجرا در مقیاس بزرگ را دارد و امکان کنترل دقیق بر فرایند تجزیه را فراهم می‌آورد. آن‌ها معتقدند این روش می‌تواند به یک رویکرد کارآمد و گسترده در بازیافت پلاستیک تبدیل شود.

برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

دیدگاه جهانی درباره پلیمرهای زیست‌پایه
نگاهی به توسعه ظرفیت‌ها، سرمایه‌گذاری‌ها و چارچوب‌های سیاسی جدید

گرداورنده : آنوشا هرندی

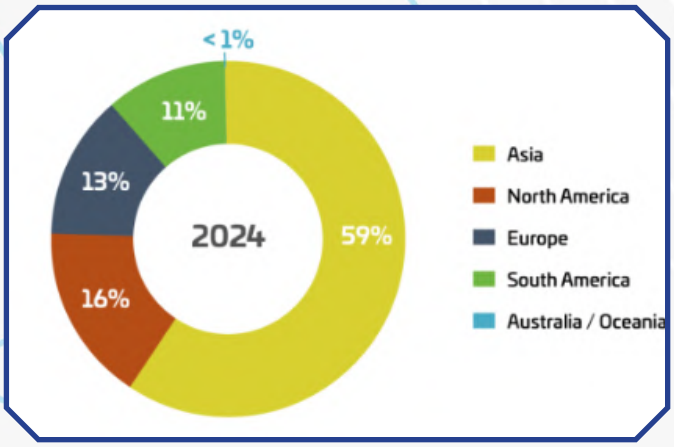
بررسی وضعیت کنونی پلیمرهای زیست‌پایه امری ضروری است. این شامل رشد سریع ظرفیت تولید، سرمایه‌گذاری‌های چشمگیر در حال انجام در چین، اروپا و خاورمیانه، و شرایط سیاسی جدید در اروپا است که تقاضا برای پلیمرهای زیست‌تجزیه‌پذیر را به شدت افزایش می‌دهد ظرفیت جهانی تولید پلیمرهای زیست‌پایه در پنج سال آینده به طور چشمگیری رشد خواهد کرد و این رشد به مراتب سریع‌تر از پلیمرهای مبتنی بر سوخت‌های فسیلی خواهد بود برای ۱۴ پلیمر زیست‌پایه که در کنفرانس پلیمرهای زیست‌پایه اروپا (EBC در دسامبر ۲۰۲۴ در برلین) معرفی شدند، پیش‌بینی می‌شود که نرخ رشد سالانه ترکیبی (CAGR) بین سال‌های ۲۰۲۴ تا ۲۰۲۹ به ۱۸٪ برسد. این به معنای افزایش ظرفیت تولید به ۵.۷ میلیون تن تا سال ۲۰۲۹ است، که در این میان، PLA بزرگ‌ترین سهم را خواهد داشت. این داده‌ها توسط گروه کارشناسان بین‌المللی نوا در حوزه پلیمرهای زیست‌پایه جمع‌آوری شده است. اگر تمام ۱۷ پلیمر زیست‌پایه تجاری در نظر گرفته شوند، نرخ رشد سالانه ترکیبی (CAGR) در این دوره به ۱۳٪ می‌رسد، در حالی که برای پلیمرهای مبتنی بر سوخت‌های فسیلی این نرخ تنها ۲-۳٪ است. بدین ترتیب، سهم پلیمرهای زیست‌پایه از کل بازار پلیمرها از ۱٪ در حال حاضر به حدود ۱.۵٪ در سال‌های آینده افزایش خواهد یافت در این گزارش، به میزان پایین استفاده از برخی ظرفیت‌ها، به‌ویژه ظرفیت‌های تولید PLA در چین، اشاره شده و مورد بحث قرار گرفته است. این موضوع پیش‌تر در گزارش «صنایع پلاستیک‌های زیست‌پایه و زیست‌تجزیه‌پذیر در چین»، که توسط موسسه نوا در مه ۲۰۲۴ منتشر شده، بررسی شده است.

صنعت پلیمرهای زیست‌پایه چین با وجود اینکه هنوز در مراحل ابتدایی خود قرار دارد، شاهد رشد سریع و چشمگیری است که عمدتاً به دلیل مشوق‌های سیاسی ایجاد شده است. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که این صنعت به‌طور قابل توجهی گسترش خواهد یافت و تا سال ۲۰۲۶ به ۲.۵۳ میلیون تن خواهد رسید؛ در حالی که در سال ۲۰۲۳ این رقم ۷۶۵,۰۰۰ تن بود، که بیانگر نرخ رشد سالانه ترکیبی (CAGR) تقریبی ۴۹٪ است.

سرمایه‌گذاری‌ها در افزایش ظرفیت تولید جدید در چین، اروپا، خاورمیانه و ایالات متحده انجام خواهد شد.

(ایالات متحده) در حال حاضر بزرگ‌ترین تولیدکننده اسید لاکتیک (LA) و اسید پلی‌لاکتیک (PLA) در جهان است. ظرفیت‌های تولید ۱۹۸,۰۰۰ تن در سال برای LA و ۱۶۵,۰۰۰ تن در سال برای PLA در ایالات متحده وجود دارد که این ظرفیت‌ها در سال ۲۰۲۵ با راه‌اندازی واحدهای جدید در تایلند افزایش خواهند یافت. این اقدام موجب افزایش ظرفیت تولید NatureWorks در آسیا به میزان ۱۷۵,۰۰۰ تن در سال خواهد شد و این ظرفیت به مجموع ظرفیت تولید موجود این شرکت در آمریکای شمالی افزوده می‌شود. شرکت Futerro بلژیک نیز به دومین تولیدکننده بزرگ جهان در زمینه LA و PLA تبدیل خواهد شد. پروژه‌های در حال توسعه در چین، به همراه شرکت BBCA Biochemical، ظرفیت تولید ۳۰,۰۰۰ تن در سال برای PLA را راه‌اندازی کرده‌اند که اکنون در حال گسترش به ۱۵۰,۰۰۰ تن در سال است. کارخانه بعدی Futerro در نرماندی، فرانسه ساخته خواهد شد. با سرمایه‌گذاری پیش‌بینی‌شده ۵۰۰ میلیون یورو، این کارخانه اولین پالایشگاه زیستی کاملا یکپارچه

دایره‌ای و پایدار در اروپا خواهد بود. این پروژه با ظرفیت تولید سالانه ۱۲۵,۰۰۰ تن LA و ۷۵,۰۰۰ تن PLA ، همراه با بازیافت مواد، نخستین پروژه در نوع خود در سطح جهانی در حوزه پلیمرهای زیست‌پایه به شمار می‌آید شرکت Emirates Biotech ، که به‌تازگی وارد حوزه تولید PLA شده است. در دسامبر ۲۰۲۴ جزئیات مشخصی از پروژه برنامه‌ریزی‌شده خود برای تولید PLA در امارات متحده عربی را اعلام کرد. این کارخانه بیوپلیمر، با ظرفیت تولید سالانه ۱۶۰,۰۰۰ تن، نخستین تأسیسات تولید PLA در خاورمیانه خواهد. Emirates Biotech شرکت Sulzer را به‌عنوان تأمین‌کننده فناوری این پروژه انتخاب کرده است. این کارخانه در دو مرحله ساخته خواهد شد که هر مرحله ظرفیت سالانه ۸۰,۰۰۰ تن خواهد داشت. ساخت فاز اول این تأسیسات قرار است در سال ۲۰۲۶ آغاز شود و پیش‌بینی می‌شود که از اوایل سال ۲۰۲۸ به بهره‌برداری برسد. در این کارخانه از اسید لاکتیک به‌عنوان ماده اولیه استفاده خواهد شد مدیرعامل جدید Emirates Biotech، مارک فربروگن[1]، که پیش‌تر در شرکت NatureWorks فعالیت داشته است، در کنفرانس EBC۲۰۲۴ به بررسی عوامل کلیدی رشد PLA در خاورمیانه پرداخت. از جمله این عوامل می‌توان به افزایش تقاضا برای بسته‌بندی پایدار، حمایت‌های قانونی و سیاست‌گذاری‌های مساعد، و کاربردهای نوآورانه که بازارهای جدیدی برای PLA ایجاد می‌کنند، اشاره کرد. انجمن صنعت پلاستیک ایالات متحده در کنفرانس EBC۲۰۲۴ اعلام کرد که در سال ۲۰۲۲، تولید پلیمرهای زیست‌پایه (از جمله پلیمرهای مشتق‌شده از روش تراز جرمی) تنها ۰,۶٪ از کل تولید پلیمر این کشور را تشکیل داده است. با این حال، ایالات متحده در همان سال به دومین تولیدکننده بزرگ پلیمرهای زیست‌پایه در جهان تبدیل شد و ۱۹٪ از تولید جهانی را به خود اختصاص داد. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۸، ظرفیت تولید این پلیمرها در ایالات متحده ۱۷٪ افزایش یابد.



تصویر ۱) ظرفیت‌های تولید جهانی پلیمرهای زیست‌پایه بر اساس منطقه- مؤسسه نُوا

سرمایه‌گذاری در ظرفیت‌های تولید پلیمرهای زیست‌پایه عمدتاً تحت‌تأثیر چارچوب‌های سیاست‌گذاری‌هایی است که تقاضا ایجاد می‌کنند.

جدیدترین نمونه از سیاست‌های تأثیرگذار، مقررات بسته‌بندی و پسماند بسته‌بندی اتحادیه اروپا زباله‌های بسته‌بندی (PPWR)، شامل تعیین اهداف الزام‌آور برای بازیافت، محدود کردن برخی از انواع بسته‌بندی‌های یک‌بارمصرف، و ملزم کردن شرکت‌ها به استفاده بهینه از بسته‌بندی تدوین شده است. برای نخستین بار، برخی انواع بسته‌بندی، از جمله کیسه‌های چای، قهوه یا سایر نوشیدنی‌های نفوذپذیر، بسته‌بندی‌های تک‌نفره‌ای که پس از استفاده همراه با محصول دور ریخته می‌شوند، و برچسب‌های چسبنده روی میوه‌ها و سبزیجات، مشمول الزام قانونی برای صنعت کامپوست‌پذیری است که شورای اروپا در ۱۶ دسامبر ۲۰۲۴ رسماً آن را تصویب کرد. این مقررات با هدف کاهش تولید کمپوست‌پذیری صنعتی شده‌اند. همچنین، کشورهای عضو اتحادیه اروپا می‌توانند در صورت وجود زیرساخت‌های مناسب، سایر بسته‌بندی‌های یک‌بارمصرف مانند سیستم‌های بسته‌بندی غیرنفوذپذیر چای و قهوه که در دستگاه‌ها استفاده می‌شوند، و کیسه‌های پلاستیکی سبک را نیز به این الزام اضافه کنند. این مقررات از ۳۶ ماه پس از لازم‌الاجرا شدن، یعنی از ژانویه ۲۰۲۸، اجرایی خواهد شد.

[1] Marc Verbruggen

تأثیر این مقررات جدید به وضوح در کنفرانس نمایان شد، زمانی که دو شرکت TotalEnergies Corbion (فرانسه/هلند) و Sinclair International (بریتانیا) در EBC۲۰۲۴ برچسب‌های چسبنده‌ای برای میوه‌ها و سبزیجات معرفی کردند که از پلاستیک‌های کمپوست‌پذیر صنعتی، چسب و جوهر ساخته شده بود. به زودی سایر شرکت‌ها نیز به این حرکت خواهند پیوست، که نشان‌دهنده سرعت و پویایی صنعت در واکنش به تقاضاهای پایدار جدید است که توسط سیاست‌ها ایجاد شده‌اند. گام مهم دیگری که باید برداشته شود، ایجاد تقاضا برای محصولات زیست‌تخریب‌پذیر مورد استفاده در خاک است. فیلم‌های مالچ زیست‌تخریب‌پذیر (ورق‌های نازک مواد که بر روی سطوح خاک در باغ‌ها و مزارع کشاورزی قرار داده می‌شوند، به‌عنوان لایه محافظ خاک عمل می‌کنند)، پوشش‌ها و پلیمرهای جذب آب در مقررات محصولات کود اتحادیه اروپا (FPR) گنجانده شده‌اند. معیارهای جدید زیست‌تخریب‌پذیری که تعریف شده‌اند، اگرچه سختگیرانه هستند، اما بر اساس علم و دانش تنظیم شده‌اند و به‌طور کامل نشان خواهند داد که فیلم‌های مالچ زیست‌تخریب‌پذیر تاییدشده از نظر زیست‌محیطی ایمن بوده و حتی می‌توانند به سلامت و باروری خاک به‌عنوان «بهبوددهنده خاک» کمک کنند. این محصولات زیست‌تخریب‌پذیر در خاک می‌توانند نشان CE را داشته باشند -از تاریخ ۲۰ نوامبر ۲۰۲۴ برای فیلم‌های مالچ زیست‌تخریب‌پذیر و از ۱۷ اکتبر ۲۰۲۸ برای پوشش‌ها و پلیمرهای جذب آب- که نشان‌دهنده ارزیابی بیشتر این محصولات است تا استانداردهای ایمنی، سلامت و حفاظت از محیط‌زیست اتحادیه اروپا را برآورده کرده و بدون محدودیت در بازار گسترده منطقه اقتصادی اروپا (EEA) قابل تجارت باشند. هاسو فون پوگرل، مدیر اجرایی بیوپلاستیک‌های اروپا می‌گوید :« گنجاندن این محصولات در دستور کار، راه را برای سرمایه‌گذاری، نوآوری و تحقیقات بیشتر در این زمینه که ارتباط نزدیکی با اقتصاد زیستی چرخشی دارد، هموار می‌سازد.»

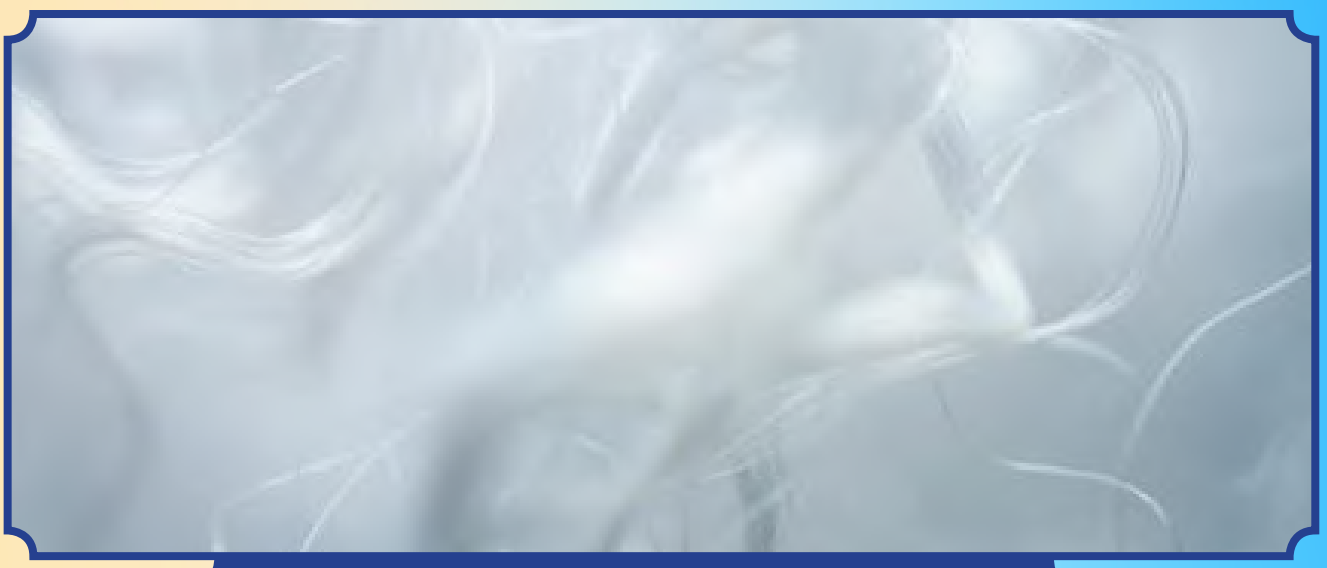
برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

همکاری Reju و Cibutex برای ایجاد یک اکوسیستم بازیافت نساجی

گرداورنده : محمد امینی‌پور

شرکتReju مستقر در آلمان با Cibutex، یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان صنعتی در حوزه بازیافت مواد نساجی، به منظور ایجاد یک اکوسیستم دایره‌ای برای بازیافت نساجی همکاری کرده‌اند. این همکاری به هدف استفاده مؤثرتر از مواد نساجی مصرف‌شده و به منظور کاهش ضایعات در صنعت مد و پوشاک صورت گرفته است در این پروژه، Reju از فناوری پیشرفته خود برای بازیافت پلی‌استر و دیگر پلیمرهای نساجی استفاده می‌کند. همچنین Cibutex نقش کلیدی در فراهم‌سازی زیرساخت‌ها و فناوری‌های بازیافت دارد. این دو شرکت امیدوارند که با همکاری یکدیگر بتوانند انقلابی در کاهش ضایعات نساجی ایجاد کرده و امکان استفاده دوباره از مواد نساجی را فراهم آورند با توجه به افزایش نگرانی‌ها در مورد آلودگی محیط‌زیست به ویژه در صنعت پوشاک، این پروژه یک گام مهم در راستای توسعه فرآیندهای بازیافت سبز و دایره‌ای است، که می‌تواند به کاهش تأثیرات زیست‌محیطی صنعت مد کمک کند. این همکاری به‌ویژه در کاهش استفاده از منابع اولیه جدید و بهبود پایداری در تولید پوشاک، اهمیت زیادی دارد این پروژه نویدبخش رشد اقتصادی در زمینه بازیافت و استفاده مجدد از مواد است که می‌تواند به طور مستقیم به بهبود اقتصاد دایره‌ای و کاهش هدررفت منابع کمک کند.

برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.



Samsara eco و فناوری بازیافت نایلون ۶

گرداورنده : محمد امینی‌پور

شرکت Samsara Eco اخیراً اعلام کرده است که به یک دستاورد بزرگ در فناوری بازیافت نایلون ۶ دست یافته است. این فناوری جدید، که با استفاده از روش‌های نوین شیمیایی و آنزیمی توسعه یافته، می‌تواند نایلون ۶ را به‌طور مؤثر بازیافت کند. این فرآیند که به آن بازیافت پیشرفته نایلون ۶ گفته می‌شود، به صورت خاص به حل مشکلات موجود در بازیافت این نوع پلیمر کمک می‌کند. نایلون ۶ یکی از مواد رایج در صنعت نساجی و پوشاک است؛ اما به‌دلیل پیچیدگی‌های ساختاری و خواص شیمیایی خاص خود، بازیافت آن به شکل معمول دشوار است. به همین دلیل، فناوری جدید Samsara Eco می‌تواند راه‌حل مناسبی برای کاهش ضایعات و استفاده مجدد از این ماده مهم در صنعت مد باشد این فناوری به‌ویژه برای صنعت پوشاک و نساجی اهمیت زیادی دارد، چرا که نایلون ۶[۱] در بسیاری از محصولات روزمره مانند پوشاک، کفش‌ها و لوازم ورزشی استفاده می‌شود. با توجه به افزایش نگرانی‌ها در مورد آلودگی محیط‌زیست ناشی از ضایعات پلاستیکی، این فناوری می‌تواند به یک تحول مهم در صنعت بازیافت مواد پلیمری تبدیل شود.

Samsara Eco با استفاده از این فناوری می‌تواند مواد بازیافتی با کیفیت بالا تولید کند که در فرآیندهای تولید پوشاک و سایر محصولات نساجی مورد استفاده قرار گیرد. این پروژه گامی بزرگ در راستای کاهش ضایعات و ارتقای پایداری در صنعت نساجی است این پیشرفت می‌تواند به‌طور مستقیم به توسعه اقتصاد دایره‌ای در صنعت مد و نساجی کمک کند، جایی که مواد مصرف‌شده دوباره به چرخه تولید بازمی‌گردند و استفاده مجدد از آن‌ها امکان‌پذیر می‌شود.

برای دسترسی به منابع ، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

[۱] nylon ٦,٦

نقش نوآوری‌های تکنولوژیکی در تولید پلاستیک‌های پایدار در چارچوب اقتصاد چرخشی

گرداورنده : حسین احمدی

۱. مقدمه

افزایش روزافزون تولید جهانی پلاستیک و مدیریت نادرست پسماندهای آن، به یکی از چالش‌های جدی زیست‌محیطی و اجتماعی تبدیل شده است. گزارش‌های مهم و پوشش‌های رسانه‌ای گسترده، توجه زیادی را به این موضوع جلب کرده‌اند. پیش‌بینی شده که پلاستیک‌ها ممکن است در آینده از نظر تعداد، بیشتر از ماهی‌ها در اقیانوس‌ها باشند. این واقعیت نگران‌کننده، زمینه‌ساز شکل‌گیری یک حرکت جهانی برای تغییر رویکرد از مدل خطی سنتی)تولید، مصرف و دورریز(به‌سوی چارچوبی به نام اقتصاد چرخشی[1] شده است. در این رویکرد، حفظ منابع، بیشینه‌سازی استفاده از مواد در طول چرخه عمر محصول، و بازیابی و احیای آن در پایان عمر، اولویت دارند

در همین راستا، استفاده از رزین‌های بازیافتی در کنار مواد اولیه تازه، در فرایند تولید پلاستیک به‌شکل قابل‌توجهی افزایش یافته است. . با این حال، ادغام این مواد بازیافتی در تولید با چالش‌های فناورانه‌ای همراه بوده، چرا که ماهیت آن‌ها ممکن است متغیر، ناپایدار و گاهی آلوده باشد. هدف این مطالعه، بررسی نقش کلیدی نوآوری‌های فناورانه در غلبه بر این چالش‌ها و کمک به گذار موفق‌تر به سمت اقتصادی چرخشی برای پلاستیک‌ها است. در این بررسی، به این می‌پردازیم که چگونه پیشرفت‌هایی در حوزه‌هایی مانند هوش مصنوعی (AI)، مدیریت داده‌ها و تحلیل دقیق مواد می‌توانند فرایند تولید پلاستیک را متحول کرده و امکان استفاده‌ی بیشتر و مطمئن‌تری از مواد بازیافتی را فراهم سازند.

۲. ضرورت اقتصاد چرخشی در حوزه پلاستیک

امروزه کاملاً روشن است که شیوه‌ی فعلی مصرف و دفع پلاستیک‌ها از نظر پایداری قابل قبول نیست. نگرانی‌ها شامل انباشت فزاینده‌ی زباله‌های پلاستیکی در محل‌های دفن زباله، زیست‌بوم‌های طبیعی و همچنین تأثیرات منفی این زباله‌ها بر اکوسیستم‌های خشکی و دریا مانند درهم‌تنیدگی و بلعیده شدن توسط حیات‌وحش می‌شود. روند فزاینده‌ی تولید جهانی پلاستیک که از ۱.۵ میلیون تُن در دهه‌ی ۱۹۵۰ به بیش از ۳۳۵ میلیون تُن در سال ۲۰۱۶ رسیده بر ضرورت یافتن راه‌حل‌های پایدار تأکید می‌کند [۱]. یکی از دلایل اصلی این بحران، الگوی خطی استفاده از پلاستیک است. در واکنش به این شرایط، مفهوم اقتصاد چرخشی به‌عنوان یک جایگزین نوآورانه و کارآمد مطرح شده است

این رویکرد بر طراحی نظام‌هایی تمرکز دارد که بازیابی و احیای منابع را ممکن می‌سازند. این موضوع به‌گونه‌ای بوده که ارزش مواد تا حد امکان حفظ شده، عمر مفید آن‌ها افزایش یابد و در پایان چرخه استفاده بتوانند مجدداً وارد چرخه تولید شوند .[۲] این روش در تضاد مستقیم با مدل خطی «تولید، مصرف و دورریز» است. اقتصاد چرخشی می‌تواند بهره‌وری از منابع را افزایش داده و با کاهش وابستگی رشد اقتصادی به مصرف بی‌رویه‌ی منابع طبیعی، فشارهای زیست‌محیطی را کم‌تر کند.

[1] Circular Economy
[2] Artificial Intelligence

پیشرفت‌های فناورانه:
بهبود به‌کارگیری مواد بازیافتی

از این رو، این رویکرد به‌ویژه در حوزه پلاستیک‌ها، روزبه‌روز توجه بیشتری را به خود جلب می‌کند. این تغییر رویکرد با اهداف جهانی توسعه پایدار مانند هدف سازمان ملل برای «مصرف و تولید پایدار» نیز هماهنگ است. علاوه بر آن، اقتصاد چرخشی در زمینه پلاستیک‌ها می‌تواند مزایای اقتصادی قابل توجهی ایجاد کند. به‌عنوان مثال، تخمین زده شده که اتلاف ناشی از بسته‌بندی‌های پلاستیکی هرساله زیان اقتصادی قابل توجهی را به همراه دارد. در سطح بین‌المللی، ملی و منطقه‌ای، برنامه‌ها و همکاری‌های گسترده‌ای برای ترویج اقتصاد چرخشی در حال انجام است. به طور خاص، پیمان پلاستیک بریتانیا از سوی سازمان WRAP و تعهد جهانی با عنوان اقتصاد جدید پلاستیک از سوی بنیاد الن مک‌آرتور، نمونه‌هایی از مشارکت میان شرکت‌ها، دولت‌ها و سازمان‌های غیردولتی هستند. اهداف این طرح‌ها شامل حذف پلاستیک‌های مضر، طراحی پلاستیک‌هایی با قابلیت استفاده مجدد، بازیافت یا کمپوست‌پذیر و به‌چرخش درآوردن آن‌ها در اقتصاد است. سیاست‌های دولتی مانند راهبرد منابع و پسماند بریتانیا و استراتژی اقتصاد چرخشی اتحادیه اروپا برای پلاستیک نیز نقش مهمی در این گذار ایفا می‌کنند. در نتیجه‌ی افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی و تغییرات در سیاست‌گذاری، نیاز روزافزونی به راهکارهای نوین مدیریت پسماند، از جمله استفاده از رزین بازیافتی در تولید پلاستیک‌ها احساس می‌شود .[۳]

یکی از مهم‌ترین موانع فنی در مسیر استفاده از مواد بازیافتی در تولید پلاستیک، مربوط به ناهمگنی، عدم یکنواختی و احتمال آلودگی در پلیمرهای بازیافتی است. تفاوت بین ترکیب رزین‌های تازه و بازیافتی در هر دسته، می‌تواند موجب نوسانات دمایی و جریان مذاب نامنظم در فرایند تولید شود. این مشکل در صورت وجود آلودگی‌های خارجی یا ترکیب انواع مختلف پلاستیک در خوراک ورودی می تواند تشدید شده و باعث تغییر در ویژگی‌های ماده و بروز نقص در محصول نهایی شود. برای مقابله با این چالش‌ها، نوآوری‌های فناورانه، به‌ویژه ترکیب هوش مصنوعی (AI)[۴]، پایگاه‌های داده (DB) و روش‌های پیشرفته‌ی تحلیل مواد مانند آنالیز گرمایی وزنی (TGA)[۵] و کالری‌سنجی پوئِشی تفاضلی (DSC) نقش مهمی پیدا کرده‌اند .[۴]

[۳] UK Plastics Pact
[۴] Database
[۵] Differential Scanning Calorimetry
[۶] Thermal Gravimetric Analysis

۳.۱ روش‌های تحلیل گرمایی DSC و TGA برای کنترل کیفیت

دو روش تحلیلی رایج برای بررسی خواص پلاستیک‌ها DSC و TGA هستند. روش DSC با اندازه‌گیری میزان جریان حرارتی هنگام تغییرات فازی مانند ذوب، تبلور یا انتقال شیشه‌ای می تواند اطلاعات ارزشمندی درباره‌ی شناسایی مواد و کنترل کیفیت ارائه دهد. این روش به‌ویژه در تشخیص ناخالصی‌ها و ارزیابی تغییرات در ویژگی‌های حرارتی مواد بازیافتی بسیار کاربردی است. در مقابل، روش TGA با اندازه‌گیری تغییرات جرم یک نمونه در برابر دما، اطلاعاتی درباره‌ی ترکیب شیمیایی، رفتار تخریب و پایداری حرارتی پلیمرها فراهم می‌کند. این روش می‌تواند میزان پایداری پلیمرها در مراحل مختلف فرایند تولید را مشخص نماید. استفاده‌ی همزمان از این دو روش در یک سامانه‌ی ترکیبی، شرایط آزمون را هماهنگ کرده و امکان ارائه‌ی داده‌های مکمل و دقیق‌تر را فراهم می‌سازد. برای مثال، با مقایسه‌ی دمای گذار پلیمرهای بازیافتی با داده‌های مرجع، می‌توان نوع پلیمر را تشخیص داد. همچنین TGA می‌تواند پایداری حرارتی ماده‌ی ترکیبی را در دماهای مرتبط با فرایند تولید بررسی کند. افزون بر این، ادغام این روش‌ها با پایگاه‌های داده‌ی کامپیوتری مانند نرم‌افزار Identify ، امکان تطابق و ارزیابی کیفیت مواد را تسهیل می‌کند. البته به نظر می‌رسد که محدودیت‌هایی نیز وجود دارد، چرا که در بسیاری از موارد، این روش‌ها تنها می‌توانند میزان محدودی از مواد بازیافتی را به دلیل مشکلات یکنواختی و کیفیت مدیریت کنند.

۳.۲ ادغام هوش مصنوعی و پایگاه‌های داده برای تحلیل پیشرفته

انقلاب صنعتی چهارم و ظهور نسل ۴.۰ صنعت موجب شده که فناوری‌های هوش مصنوعی (AI) و پایگاه‌های داده (DB) با روش‌های تحلیل گرمایی در فرایندهای تولید ادغام شوند. هدف این ادغام، افزایش کارایی و دقت در توسعه مواد و کنترل کیفیت آن‌ها است.

هوش مصنوعی، از طریق الگوریتم‌های یادگیری ماشین قادر بوده الگوهای پیچیده داده‌ها را تحلیل کرده و بر اساس آن‌ها تصمیم‌گیری کند. در مقابل، پایگاه‌های داده همانند سیستم‌های بایگانی الکترونیکی عمل کرده که حجم زیادی از داده‌های تاریخی و جاری را ذخیره و بازیابی می‌کنند .[۵] وقتی این فناوری‌ها با سامانه‌های DSC-TGA ترکیب شوند آنگاه پایگاه‌های داده‌ی هوشمند ایجاد می‌گردد. شکل یک تولید پلاستیک با بهره‌گیری از رابط پایگاه‌داده هوشمند در یک سیستم ترکیبی DSC-TGA را نشان می دهد. پایگاه‌هایی که قادرند اطلاعات مربوط به پلیمرها را با عمق و دقت بیشتری نسبت به سامانه‌های سنتی ذخیره، پردازش و تحلیل کنند. چارچوب پیشنهادی منبع، یک رابط پیشرفته‌ی هوش مصنوعی و پایگاه داده در کنار سامانه‌ی ترکیبی DSC-TGA را مطرح می‌کند. این سامانه، با تکیه بر قابلیت هوش مصنوعی در تحلیل مجموعه داده‌های پیچیده از ترکیب‌های مختلف پلیمر نو و بازیافتی، می‌تواند ویژگی‌های آن‌ها را پیش‌بینی کرده و شرایط بهینه‌ی فرایند تولید را تعیین کند. پایگاه داده در این سیستم، به‌عنوان مرجع مهندسان تولید عمل کرده و شامل نتایج آزمون و تحلیل‌های آماری از نمونه‌های مختلف رزین به همراه روش‌های برآورد تثبیت‌شده خواهد بود. این ویژگی، به‌ویژه در شرایطی مانند تغییر تأمین‌کننده یا استفاده از دسته‌های متفاوت رزین بازیافتی بسیار مفید خواهد بود. رابط پیشرفته‌ی AI/DB قابلیت پردازش داده‌های تاریخی و لحظه‌ای را به‌صورت همزمان داشته و این امکان را فراهم می‌سازد که کنترل کیفیت به‌صورت مداوم انجام شده و ترکیب شیمیایی و دمای فرایند به طور همزمان نظارت گردد. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند حتی تغییرات ظریفی در منحنی‌های DSC-TGA را که ممکن است نشان‌دهنده‌ی آلودگی یا ناهماهنگی در خوراک بازیافتی بوده را شناسایی کنند.

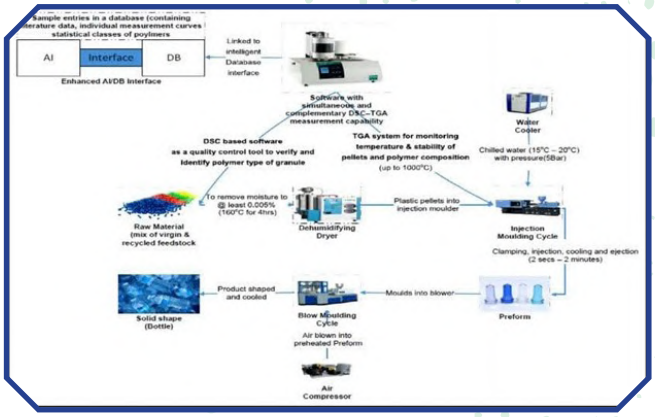
علاوه بر آن، با تکیه بر داده‌های گذشته، سیستم می‌تواند از طریق یادگیری ماشین، خواص مواد ترکیبی تازه و بازیافتی را پیش‌بینی کرده و نسبت اختلاط را برای دستیابی به عملکرد مطلوب بهینه‌سازی کند. همچنین، این پایگاه می‌تواند داده‌های گذشته، نتایج آزمون‌ها و منابع علمی را ذخیره کرده و به‌عنوان یک منبع دانشی غنی برای بازیابی اطلاعات عمل کند چهار سطح مختلف برای ادغام AI و DB وجود دارد که پیشرفته‌ترین آن‌ها، رابط هوشمند ارتقایافته است. این روش، بالاترین سطح هماهنگی بین هوش مصنوعی و پایگاه داده را فراهم کرده و امکان بهره‌برداری کامل از پیشرفت‌های فعلی و آتی این فناوری‌ها را فراهم می‌سازد.[۶, ۷]

۴. پیامدهای اقتصادی: محرک‌های استفاده از مواد بازیافتی

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر استفاده از مواد بازیافتی در تولید پلاستیک، ملاحظات اقتصادی است. مواردی مانند مقرون‌به‌صرفه بودن بازیافت در مقایسه با روش‌های دفع مانند دفن زباله، و رقابت‌پذیری قیمت پلیمرهای بازیافتی نسبت به پلیمرهای نو نقش کلیدی ایفا می‌کنند. مطالعه‌ای از WRAP در سال ۲۰۱۴ نشان داد که استفاده از رزین بازیافتی می‌تواند به صرفه‌جویی اقتصادی منجر شود، چرا که قیمت آن وابسته به نوسانات بازار نفت خام (که بر قیمت پلیمرهای نو تأثیرگذار است) نیست. این ثبات قیمتی می‌تواند مشوقی قوی برای تولیدکنندگان باشد تا سهم بیشتری از مواد بازیافتی را در تولید خود به‌کار گیرند. در عین حال، هزینه‌های متفاوت دفن زباله در مناطق مختلف، بر صرفه‌جویی در بازیافت تأثیرگذار است. در مناطقی که هزینه‌ی دفع زباله بالاست، بازیافت و بازیابی انرژی از زباله‌ها از منظر اقتصادی جذاب‌تر می‌شود. این امر در جمع‌آوری زباله‌ها مانند برنامه‌های جمع‌آوری زباله از درب منزل نیز می‌تواند باعث بهبود بهره‌وری اقتصادی شود. سیاست‌های دولتی نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند، از جمله تعیین اهداف اجباری برای بازیافت یا وضع مالیات بر پلاستیک‌های نو.

همچنین، افزایش تقاضا برای بسته‌بندی‌های زیست‌محیطی و رشد آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به مسائل زیست‌محیطی، بر رفتار خرید آن‌ها تأثیر گذاشته است.برندها و فروشگاه‌ها با به‌کارگیری مواد بازیافتی در محصولات خود، می‌توانند تصویر مثبت‌تری از مسئولیت‌پذیری اجتماعی خود ارائه داده و مزیت رقابتی کسب کنند [۸].

۵. تأثیر صنعتی: تحول در فرایند تولید پلاستیک



شکل ۱: تولید پلاستیک با بهره‌گیری از رابط پایگاه‌داده هوشمند در یک سیستم ترکیبی DSC-TGA. [۴]

ورود فناوری‌های نو و گذار به اقتصاد چرخشی، تأثیر گسترده‌ای بر صنعت تولید پلاستیک خواهد داشت. در شرایط کنونی، استفاده از ترکیبات پلیمرهای نو و بازیافتی با مشکلاتی چون ناهمگنی، عدم یکنواختی و احتمال آلودگی مواجه است. این موضوع فرایند تولید را پرهزینه، وقت‌گیر و محدود به درصدهای پایین مواد بازیافتی کرده است

چارچوب پیشنهادی مبتنی بر رابط هوشمند AI/DB می‌تواند این فرایندها را بهینه کرده، امکان استفاده از درصدهای بالاتر مواد بازیافتی را فراهم کند و در عین حال کیفیت محصول نهایی را حفظ نماید. این چارچوب با در اختیار گذاشتن ابزارهای قوی برای کنترل کیفیت و ارزیابی پایداری ترکیب‌های مختلف، می‌تواند میزان آزمون و خطا در تولید را کاهش دهد. با استفاده از داده‌های لحظه‌ای و تحلیل‌های هوش مصنوعی، ویژگی‌های مواد به طور مستمر پایش و پیش‌بینی می‌شوند. این موضوع می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و نیز کاهش زمان ورود محصولات جدید به بازار منجر شود.

۶. روندهای بازار: افزایش تقاضا برای پلاستیک‌های پایدار

بـازار جهـانی در حـال حاضـر شـاهد افزایـش تقاضـا بـرای پلاسـتیک‌های پایـدار اسـت. ایـن موضـوع تحـت تأثیـر انتخاب‌هـای مصرف‌کننـدگان، فشـارهای قانـونی و نگرانی‌هـای زیسـت‌محیطی قـرار دارد. بـازار بـرای پلاسـتیک‌های بازیافـتی در حـال گسـترش بـودخ و شـرکت‌های بـزرگ تمایـل بیشـتری بـه اسـتفاده از پلاسـتیک بازیافـتی پـس از مصـرف (PCR)[۷] در محصـولات و بسـته‌بندی‌های خـود نشـان می‌دهنـد در بـرخی کشـورها، ممنوعیـت صـادرات زباله‌هـای پلاسـتیکی باعـث شـده نیـاز بـه ایجـاد زیرسـاخت‌های داخـلی بـرای بازیافـت و تولیـد رزین‌هـای بازیافـتی بـا کیفیـت بـالا بیشـتر احسـاس شـود. ایـن موضـوع فرصت‌هـایی بـرای نـوآوری فناورانـه در بازیافـت و تولیـد مـواد جایگزیـن بـرای پلیمرهـای نـو فراهـم می‌آورد. تحقیقـات در حـوزه‌ی رفتـار مصرف‌کننـده نشـان می‌دهـد کـه بخـش بـزرگی از جامعـه در هنـگام خریـد، ارزش‌هـای زیسـت‌محیطی را مـد نظـر قـرار می‌دهـد.

شـفافیت در مـورد قابلیـت بازیافـت، بسـته‌بندی و میـزان محتـوای بازیافـتی برای حفـظ اعتماد و وفاداری مشـتریان روزبـه‌روز مهم‌تـر می‌شـود. همچنیـن، سیاسـت‌های حمایـتی دولـتی ماننـد برنامه‌هـای بازگردانـدن سـپرده (DRS)[۸] و مسـئولیت توسـعه‌یافته‌ی تولیدکننـده (EPR)[۹]، نقـش مهـمی در جهـت‌دهی بـه بـازار ایفـا می‌کننـد[۴] .

[۷] Post-Consumer Recycled
[۸] Deposit Return Scheme
[۹] Extended Producer Responsibility

۷. بحث و بررسی: ظرفیت‌ها و محدودیت‌های ادغام فناوری

ادغام یک رابط هوشمند AI/DB با سامانه‌های DSC-TGA پتانسیل چشمگیری برای پیشبرد اقتصاد چرخشی در حوزه پلاستیک دارد. این رویکرد می‌تواند چالش‌های اصلی مانند ناپایداری و آلودگی مواد بازیافتی را از طریق پلتفرمی دقیق برای ارزیابی و پیش‌بینی خواص ترکیب‌های مواد، برطرف کند. با امکان پایش کیفیت در لحظه و بهینه‌سازی شرایط فرایند، تولید پلاستیک‌هایی با محتوای بازیافتی بالا، قابل اعتمادتر و کارآمدتر خواهد شد با این حال، برخی محدودیت‌ها نیز وجود دارد. به‌عنوان مثال، هوش مصنوعی نمی‌تواند همیشه به طور کامل و دقیق نوع پلیمر را شناسایی کند. دقت شناسایی مواد ممکن است تحت تأثیر عواملی مانند شرایط آزمون، تفاسیر متفاوت از نتایج و کامل نبودن پایگاه داده‌ها قرار گیرد. به‌عنوان مثال، اتکا صرف به ظرفیت گرمایی ویژه برای شناسایی پلیمر می‌تواند کافی نباشد. تحقیقات بیشتر و اجرای پایلوت در همکاری با صنایع تولیدی، ضروری خواهد بود .[۹]

علاوه بر این، کیفیت متغیر مواد بازیافتی واقعی و نیاز به تطبیق مداوم با استانداردهای کنترل کیفیت نیز ممکن است اجرای چنین سامانه‌ای را با چالش روبرو کند. دستیابی به ترکیب‌هایی با ویژگی‌های پایدار، اغلب مستلزم آزمون و خطای گسترده است با وجود این چالش‌ها، مزایای استفاده از AI و روش‌های تحلیلی پیشرفته قابل توجه است. توسعه‌ی پایگاه‌های داده‌ی جامع همراه با قابلیت‌های پیش‌بینی‌کننده‌ی هوش مصنوعی، می‌تواند گامی بزرگ در مسیر تولید چرخشی پلاستیک‌ها باشد. برای اثربخشی کامل این نوآوری‌ها، تحقیقات بیشتر و اجرای پایلوت در همکاری با صنایع تولیدی، ضروری خواهد بود .[۹]

۸. نتیجه‌گیری

برای مقابله با بحران روبه‌رشد زباله‌های پلاستیکی، حرکت به‌سوی اقتصاد چرخشی در حوزه پلاستیک ضروری است. استفاده از مواد بازیافتی در فرایند تولید، بخش مهمی از این گذار است. با این حال، چالش‌هایی مانند تغییرپذیری و آلودگی مواد بازیافتی باید برطرف شود. در این مسیر، نوآوری فناورانه به‌ویژه ترکیب هوش مصنوعی و پایگاه‌های داده با روش‌های تحلیل حرارتی پیشرفته مانند DSC و TGA نقشی اساسی ایفا می‌کند. چارچوب پیشنهادی مبتنی بر رابط پیشرفته AI/DB، می‌تواند کنترل کیفیت دقیق، شناسایی ماده و قابلیت پیش‌بینی را فراهم کرده و به استفاده‌ی پایدارتر و گسترده‌تر از رزین‌های بازیافتی کمک کند. با وجود برخی محدودیت‌ها در شناسایی مواد و تنوع ذاتی مواد بازیافتی، مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی این فناوری‌ها چشم‌گیر است. تحقق کامل اقتصاد چرخشی در صنعت پلاستیک، نیازمند ادامه‌ی تحقیق، توسعه و پذیرش صنعتی راه‌حل‌های نوآورانه است.

برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

تنظیم میکروساختار پلیمر، چسبی تولید می‌کند که چسبندگی بیشتری از سوپرچسب دارد

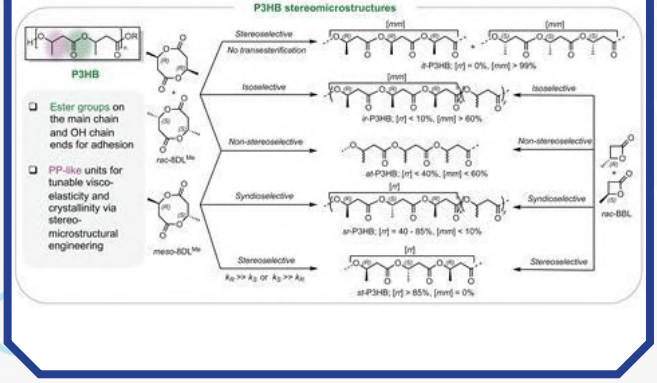
گرداورنده : سارا صدر

با دستکاری ریزساختار پلی استر طبیعی(۳-هیدروکسی بوتیرات)[۱] پژوهشگران موفق به توسعه یک چسب زیست تجزیه‌پذیر شده‌اند که از نظر استحکام حتی از چسب قطره‌ای قوی‌تر است. این نوآوری ناشی از کنترل دقیق ترتیب و جهت‌گیری واحدهای مونومر پلیمر است که امکان تنظیم خواص چسبندگی و ترمو مکانیکی مناسب برای کاربردهای مختلف را فراهم می‌کند مایکل شاور، دانشمند پلیمر در دانشگاه منچستر، بر اهمیت چسب‌ها در علم پلیمر تأکید می‌کند، به‌ویژه به مزایای زیست‌محیطی تجزیه‌پذیری آنها اشاره می‌کند. بسیاری از محصولات روزمره مانند بسته‌بندی، الکترونیک و درزگیرهای ساختمانی به چسب‌ها وابسته‌اند؛ با این حال اکثر آنها از پلیمرهای مبتنی بر نفت ساخته شده‌اند که قابلیت بازیافت و تجزیه‌پذیری ندارند. در مقابل پلیمرهای چسب زیستی یک جایگزین امیدوارکننده به شمار می‌روند. اگرچه دستیابی به تعادل مناسب بین استحکام چسبندگی، مقاومت مکانیکی و پایداری شیمیایی همچنان یک چالش بزرگ است تیم تحقیقاتی به رهبری یوجین چن از دانشگاه ایالت کلرادو بر روی بهبود خواص P۳HB تمرکز کرده است به جای اینکه یک پلیمر جدید از ابتدا ایجاد کند. P۳HB، یک پلی‌استر طبیعی است که در برخی میکروارگانیسم‌ها یافت می‌شود و اکنون می‌توان آن را با استفاده از تکنیک‌های شیمیایی و بیولوژیکی پیشرفته سنتز کرد. این روش‌ها کنترل بهتری بر شکل‌گیری زنجیره‌های پلیمر فراهم می‌کنند و امکان ایجاد پلاستیک‌های P۳HB با ساختارهای داخلی یا ریزساختارهای متنوع که قابلیت‌های چسبندگی آنها را افزایش می‌دهد، فراهم می‌آورد.

واحد مونومر، β-بوتیرولاکتون (BBL)، دارای یک کربن چیرال است و سازماندهی این مرکزهای استریو نسبت به یکدیگر – که به آن تاکتیکیتی گفته می‌شود – تأثیر عمیقی بر خواص فیزیکی پلیمر کلی دارد. چارلز رومن، شیمیدان پلیمرهای پایدار در کالج امپریال لندن، توضیح می‌دهد: «کنترل تاکتیکیتی و موقعیت زنجیره بر توانایی زنجیره برای بسته‌بندی یا بلورینگی تأثیر خواهد گذاشت. اگر یک ماده نیمه‌بلوری باشد، احتمالاً سخت و سفت خواهد بود. اگر آمورف باشد، احتمالاً قابلیت کشش بیشتری خواهد داشت.» این نکته نشان می‌دهد که طراحی دقیق ساختار مولکولی پلیمرها می‌تواند به مهندسی خواص مورد نظر برای کاربردهای خاص کمک کند. به عنوان مثال، در تولید چسب‌های زیست تجزیه‌پذیر، کنترل تاکتیکیتی BBL می‌تواند به ایجاد محصولاتی با ویژگی‌های مکانیکی و چسبندگی مناسب منجر شود که در عین حال تأثیرات زیست‌محیطی کمتری دارند تیم چن سفری را برای بهینه‌سازی خواص P۳HB آغاز کرد و با بررسی انواع میکروساختارها شروع کرد، که از واحد مونوترکیبی پیچیده‌تر ۸DL آغاز شد که دارای دو کربن چیرال است. آنها با دقت شرایط کاتالیزوری مختلفی را طراحی کردند تا جهت‌گیری مرکزهای چیرال را در حین تشکیل زنجیره‌های پلیمری کنترل کنند. این رویکرد به آنها این امکان را داد که سه تاکتیک اصلی را بررسی کنند: ایزوتاکتیک (جایی که همه گروه‌های R در یک سمت قرار دارند)، سیندیوتاکتیک (جایی که گروه‌های R به صورت متناوب در دو سمت قرار دارند) و آتاکتیک (با آرایش تصادفی). علاوه بر این، آنها زیر تاکتیک‌هایی مانند ایزو-غنی، سیندیو-غنی و ساختارهای بلوکی را شناسایی کردند.

[۱] ۳hydroxybutyrate)P۳HB(

پس از سنتز هشت میکروساختار مختلف، تیم خواص فیزیکی و چسبندگی آنها را ارزیابی کرد. در حالی که خواص ترمو مکانیکی به طور پیش‌بینی‌شده‌ای با سطوح بلورین‌سازی مرتبط بود، زیر تاکتیک‌ها روندهای غیرمنتظره‌ای در قدرت چسبندگی نشان دادند. تاکتیک‌های افراطی—ایزو، سیندیو و آتاکتیک—چسبندگی کمی نشان دادند. در مقابل، واریانت‌های سیندیو-غنی، که شامل ۴۲٪ تا ۶۶٪ واحدهای سازمان‌یافته سیندیوتاکتیک بودند، قدرت چسبندگی شگفت‌انگیزی را بر روی زیرلایه‌های آلومینیومی به نمایش گذاشتند. به‌ویژه، یک ترکیب با ۵۲٪ واحدهای سیندیوتاکتیک عملکرد بهتری نسبت به چسب‌های تجاری مانند Gorilla و چسب EVA داشت چسب برتر تیم تحت آزمایش‌های عملی قرار گرفت و با موفقیت یک جعبه مقوایی پر از ۴,۴ کیلوگرم کتاب را مهر و موم کرده و وزنی معادل ۹ کیلوگرم را از صفحات فولادی بلند کرد. چن خواص چسبندگی این میکروساختار P۳HB را به ترکیب واحدهای بلورین استرئورگولار و بخش‌های آمورف انعطاف‌پذیر نسبت می‌دهد. ساختار سیندیو-غنی بلورینگی کافی برای چسبندگی ترموپلاستیک فراهم می‌کند در حالی که از مناطق آمورف آتاکتیک که حالت ویسکوز دارند، استفاده می‌کند تا تماس نزدیکی بین پلیمر و سطوح زیرلایه برقرار شود. این رویکرد نوآورانه پتانسیل ساختارهای پلیمری سفارشی‌شده را برای بهبود عملکرد چسبندگی در کاربردهای مختلف نشان می‌دهد این یک گام مهم به جلو است. کاربردهای بالقوه این پلیمر بسیار گسترده است و از مواد بسته‌بندی گرفته تا استفاده‌های بیومدیکال، و توانایی تنظیم ویژگی‌های آن، مسیرهای جدیدی برای نوآوری در این حوزه‌ها باز می‌کند با این حال، همان‌طور که رومن اشاره می‌کند، سنتز مونوتر ۸DL در مقیاس بزرگ چالش‌های قابل توجهی را به همراه دارد. پیچیدگی فرایند سنتز نه تنها بر هزینه‌های تولید تأثیر می‌گذارد، بلکه قابلیت ادغام این پلیمر در سیستم‌های تولید موجود را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. غلبه بر این موانع نیازمند همکاری در زمینه‌های مختلف از جمله شیمی، مهندسی و اقتصاد است.



به طور خلاصه، در حالی که یافته‌های تیم امیدوارکننده هستند و پتانسیل کاتالیزورهای استریوسلکتیو را در علم پلیمر نشان می‌دهند، هنوز کارهای زیادی در پیش است. تمرکز بر روش‌های تولید پایدار و قابلیت اقتصادی سنتز مونوتر، عوامل کلیدی در تعیین این است که آیا این پلیمر نوآورانه می‌تواند به گزینه‌ای رایج در کاربردهای مختلف تبدیل شود یا خیر.

برای دسترسی به منابع ، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

کشفی تصادفی که باعث تجزیه پلیمر گلاس تجاری شد

گرداورنده : سارا صدر

یک فرایند جدید برای بازیافت شیمیایی پلی‌متیل‌متاکریلات‌های تجاری در زیر نور مرئی به طور تصادفی توسط شیمی‌دانان در سوئیس کشف شده است. پژوهشگران نشان دادند که این فرایند، که نیازی به پلیمرهای طراحی‌شده ویژه ندارد، می‌تواند روی نمونه‌های تجاری پلکسی‌گلاس نیز کار کند سالانه حدود ۴ میلیون تن پلی‌متیل متاکریلات (PMMA) تولید می‌شود که در کاربردهایی از لنزهای عینک تا پنجره‌های ضدضربه پلکسی‌گلاس مورد استفاده قرار می‌گیرد. بازیافت فیزیکی باعث کاهش کیفیت خواص PMMA می‌شود، در حالی که پیرولیز – روش استاندارد بازیافت شیمیایی – به دماهای بالای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد و قبل از تجزیه کامل ستون فقرات کربن-کربن، گروه‌های عاملی را تا حدی تخریب می‌کند که منجر به ایجاد ناخالصی در ماده بازیافتی می‌شود پژوهشگران پلیمرهای «طراحی‌شده»ای را سنتز کرده‌اند که دارای پیوندهای ضعیف یا گروه‌های انتهایی از پیش تعبیه‌شده هستند و امکان باز شدن زنجیره پلیمری را تحت شرایط خاص فراهم می‌کنند. بااین‌حال، بیشتر PMMA مورد استفاده در صنعت این گروه‌های خاص را ندارد، زیرا این گروه‌ها می‌توانند پایداری پلیمر را در حین استفاده کاهش دهند.

فرایند جدید بر روی نمونه‌های تجاری پلکسی‌گلاس کار می‌کند آتینا آناستاساکی و همکارانش در مؤسسه فناوری فدرال زوریخ (ETH Zurich) در حال بررسی امکان انجام واکنش‌های مشابه بر روی PMMA بدون گروه‌های انتهایی از پیش تعبیه‌شده بودند. آناستاساکی توضیح می‌دهد: «پلیمرهای تجاری مانند پلکسی‌گلاس گروه انتهایی خاصی ندارند، بنابراین ما نمی‌توانستیم واکنش را فعال کنیم. ایده ما این بود که راهی برای انجام چندین فعال‌سازی در طول ستون فقرات پلیمر بیابیم تا بتوانیم آن را از چندین نقطه مختلف به مونومر تجزیه کنیم. برای تحقق این هدف، لازم بود که واکنش انتقال اتم هیدروژن را اجرا کنیم.» هنگام تلاش برای انجام این واکنش با استفاده از یک کاتالیزور و نور، پژوهشگران متوجه شدند که واکنش حتی در آزمایش کنترل‌شده آن‌ها، که در آن کاتالیزور وجود نداشت، نیز رخ می‌دهد. در نهایت مشخص شد که عامل اصلی انتقال اتم هیدروژن نه کاتالیزور، بلکه رادیکال‌های کلر آزادشده از حلال ۱،۲-دی‌کلروبنزن بوده است. پژوهشگران این موضوع را تأیید کردند، زیرا واکنش در سایر حلال‌های کلردار مانند ۱،۲،۴-تری‌کلروبنزن نیز انجام می‌شد، اما در حلال‌های غیرکلردار اتفاق نمی‌افتاد.

و آن را به مونومر اصلی خود بازمی‌گرداند در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، پژوهشگران با استفاده از نور LED ۴۱۵ نانومتری توانستند تقریباً تمام انواع PMMA را بدون توجه به روش سنتز و گروه انتهایی، به طور کامل تجزیه کنند. آن‌ها همچنین توانستند نمونه‌های تجاری مختلف پلکسی‌گلاس را تجزیه کنند، باوجودی‌که این نمونه‌ها دارای ناخالصی‌های نامشخص و متغیر بودند. یوتان گتزلر از کالج کنیون در اوهایوی آمریکا از این کشف شیمیایی شگفت‌زده شده است. او می‌گوید: «در دنیای بازیافت PMMA، فکر می‌کنم این یک پیشرفت واقعاً مهم است.» بااین‌حال، او نگران عملی بودن این واکنش‌ها در مقیاس صنعتی است، زیرا وابستگی به حلال‌های هالوژنه، که معمولاً به‌عنوان مواد سرطان‌زا تحت مقررات خاصی قرار دارند، چالش‌برانگیز خواهد بود. او توضیح می‌دهد: «احتمالاً این مسئله با مکانیسم پیشنهادی آن‌ها مرتبط است، زیرا رادیکال‌های نوری تولیدشده می‌توانند واکنش‌های شیمیایی ناخواسته‌ای را در محیط‌زیست ایجاد کنند.» او همچنین خاطرنشان می‌کند که PMMA تنها بخش کوچکی از ۴۰۰ میلیون تن پلاستیک تولیدی سالانه را تشکیل می‌دهد، که می‌تواند تأثیر این روش را بر مشکل کلی زباله‌های پلاستیکی محدود کند. آناستاساکی می‌گوید که تیم تحقیقاتی در حال بررسی امکان حذف حلال کلردار از این فرایند است، اما درعین‌حال چندین شرکت تجاری برای استفاده از این روش ابراز علاقه کرده‌اند.

برای دسترسی به منابع، QR را اسکن یا به بخش منابع مراجعه کنید.

مصاحبه با دکتر یزدانبخش

گرداورنده: زهرا نصرتی(دبیر)،زهرا نصرتی،
نگار محمدی ، مهشید مرادی

ضمن معرفی خود، درباره‌ی مدارج تحصیلی و حوزه فعالیت خود توضیح دهید.

من یزدان‌بخش هستم، دکترای مهندسی پلیمر از دانشگاه تهران؛ پیش‌تر در مقطع ارشد در دانشگاه تهران بودم و مقطع لیسانس هم در دانشگاه امیرکبیر گذراندم. در حوزه مهندسی پلیمر در گرایش‌های فراورش، پلیمریزاسیون و حوزه محیط زیست سابقه فعالیت در دانشگاه و صنعت را دارم

با توجه به استحضار شما، موضوع این شماره از نشریه‌ی ما، نمودهای اقتصادی و زیست محیطی صنعت پلیمر می‌باشد. لطفا درباره اقتصاد در پلیمر برای ما توضیح دهید.

در حال حاضر کشور ایران به سبب داشتن منابع عظیم ذخایر گازی یکی از بزرگترین تولیدکننده‌های پلیمر در منطقه و خاورمیانه محسوب می‌شود. با توجه به اینکه نیاز صنایع پایین‌دست به پلیمرها در حال افزایش است، صنایع پلیمری از معدود صنایعی هستند که هر ساله ما افزایش چشمگیری در آن‌ها طبق آمار مستند وزارت صمت مشاهده می‌کنیم. صنایع بازیافت پلاستیک در ایران حدود یک ۱۰ سال است که رو به توسعه هستند به سبب اینکه پتانسیل‌ها و مزایای صنعت بازیافت پلیمر در ایران بیشتر در حال درک شدن است و همچنین بحث ارزش افزوده دارای اهمیت بیشتری شده است. با توجه به شرایطی که از نظر اقتصادی وجود دارد و کشور ایران در تحریم است و در مسئله واردات دچار مشکل هستیم، شرکت‌ها به این سمت می‌روند که اصطلاحاً از مواد ری‌پراسس شده پلیمری استفاده کنند؛ به این معنا که مواد پلیمری را چند بار استفاده می‌کنند

با عنایت به اینکه مسئله توسعه‌ی پایدار و محیط زیست در صنعت، این روزها بسیار حائز اهمیت است، نمودهای کلی آن در صنایع پلیمری چگونه است؟

درصنعت پلیمر ما امروز با بحث و معضل بهای تمام شده در حین صادرات محصول روبرو هستیم. برای یک مثال ساده فرض بفرمایید در صنایع پلاستیک، سبد پلاستیکی در ایران تولید می‌شود و به کشورهای ترکیه، ارمنستان و آذربایجان صادر می‌شود. امروز اگر تماماً از مواد نو استفاده شود، این کشورها حاضر به خرید این محصول از ایران نخواهند بود و در نتیجه اگر صادرات سبد ما قطع شود، که یک این مثال خیلی کوچیک است و در نتیجه آن بسیاری از تولیدکنندگان ما باید تعطیل کنند، ارزآوری به کشور

ما از همین مقداری هم که هست کمتر خواهد شد و صدمات جبران ناپذیری به اقتصاد ما وارد خواهد شد. در همین مثال کوچک ما دچار مشکل می‌شویم، چه برسد به قطعات هایتک‌تری اعم از صنایع لوازم خانگی و خودرو که در ایران تولید می‌شود. بنابراین ما مجبور هستیم به سمت توسعه پایدار و حاصل از محیط زیست برویم؛ زیرا تنها با پاس کردن این دو مولفه ما می‌توانیم مواد ری‌پراسس شده پلیمری را مجدداً به چرخه برگردانیم، که این معیاری از توسعه پایدار هست که باعث می‌شود بهای تمام شده ما کاهش پیدا کند و ما بتوانیم محصولات خود را کماکان صادر کنیم. این یک نمود و یک مثال بود که به نظر بنده طبق سوال شما می‌تواند معیاری برای سایر جنبه‌ها نیز باشد

تمهیدات صورت گرفته یا برنامه‌های مربوط به این مبحث در ایران را توضیح دهید.

مهم‌ترین برنامه‌ای که در نظر گرفته شده، این است که شرکت‌های بازیافت پلیمر در ایران از مالیات تا چند سال معاف هستند، که باز نوع معافیت‌ها متعدد هست و همچنین می‌توانند وام‌های بسیار خوبی از سازمان‌های مرتبط با محیط زیست بگیرند. یعنی اگر شما بخواهید یک خط تولید بزنید که مواد پلیمری نو تولید کند، پروسه وام گرفتن نسبت به اینکه بخواهید ری‌سایکل و ری‌پراسس تولید کنید خیلی سخت‌تر است. سازمان‌ها پروتکل‌هایی دارند که می‌توانید با طی کردن آنها وام‌های خوبی بگیرید. بنابراین دو کلید واژه مالیات _در واقع تسهیلات مالیاتی_ و اخذ وام‌های مناسب کم بهره را من در پاسخ به این سوال ذکر می‌کنم

لطفا در مورد در هم تنیدگی هوش مصنوعی، اقتصاد چرخشی و صنعت پلیمر توضیح بدید.

هوش مصنوعی و مدل‌های ماشین‌لرنینگ امروز خیلی می‌توانند به ما در بحثی به نام تیلور میدینگ کمک کنند. تیلور میدینگ یعنی اینکه ما بتوانیم از فرایند بازیافت در پلاستیک‌ها استفاده کنیم، بدون اینکه افت خواص یا فرایند را داشته باشیم. بنابراین مدل‌های هوش مصنوعی و ماشین لرنینگ به ما کمک می‌کنند که بتوانیم این تیلور میدینگ را به درستی پیاده‌سازی کنیم و الگوریتم‌های آن را شناسایی کنیم و مدل‌های آن را نیز توسعه بدهیم؛ ولی در این زمینه فکر می‌کنم ما همچنان در منطقه و حتی در جهان خیلی خیلی جای پیشرفت بیشتر هم داریم

توسعه صنعت پلیمر در ایران، چه نقشی در آینده اقتصادی کشور خواهد داشت؟

مواد پلیمری جزو سه حوزه‌ای معرفی شده‌اند که شما با داشتن یک سرمایه در حدود ۵ میلیارد تومان هم می‌توانید دست به صادرات بزنید. از آنجا که مشکل امروز ایران مخصوصاً با اتفاقات اخیر سیاسی و اجتماعی، ارزآوری و تخصیص ارز است و اعتبار همان نقدینگی در جریان است، به نظر می‌رسد محصولات پلیمری یک راهکار هستند برای برون‌رفت از این بحران؛ چرا که راحت می‌توانیم صادرات داشته باشیم، به شرطی که توسعه پایدار را مدنظر قرار دهیم تا محصولات ما قابل رقابت با منطقه باشند

نظر شما در مورد جایگزینی مواد زیستی با مواد اولیه نفت مورد استفاده در صنعت پلیمر چیست؟

در حال حاضر در ایران یک پتروشیمی به نام پتروشیمی سبز در منطقه پارسیان کلنگ خورده است که برای اولین بار می‌خواهد یک ماده زیستی پلیمری به نام پی‌بَد که به آن «پلی بوتیلن آدیبات د ترفتالات» نیز گفته می‌شود را در پتروشیمی تولید کند. البته طرح برای پنج سال آینده به بهره‌وری می‌رسد، یعنی تولید برای پنج سال آینده پیش‌بینی شده ولی همین که بالاخره شروع این قضیه در ایران زده شده، می‌تواند جای امیدواری باشد. پتروشیمی سبز همچنین یک سایت دارد که می‌تواند مورد معرفی قرار گیرد. در حال حاضر ما در ایران حداقل یک فاصله ۵ الی ۱۰ ساله با این موضوع داریم که دلیل اصلی آن این است که ما در ایران الزامی برای استفاده از مواد زیستی به جای مواد اولیه نفتی نداریم. کشورهایی مثل چین الزام دارند و می‌گویند از یک درصدی

بیشتر نمی‌توانید از مواد اولیه نفتی غیر زیست تخریب‌پذیر استفاده کنید؛ ولی در ایران تا وقتی که الزام وجود نداشته باشد، به نظر می‌رسد که حرکت به سمت این قضیه کند خواهد بود، اما خوشبختانه در حال حاضر در جریان است

فواید و در ضمن امکان پذیری و ملاحظات اقتصادی و زیست محیطی آن به چه صورت است؟

با توجه به اینکه کشور ایران مواد پلاستیکی بسیار زیادی را در منطقه تولید می‌کند و خطر این مواد برای محیط زیست سال‌هاست که هشدار داده شده است، این همایش و همایش‌های مشابه همه می‌خواهند یادآوری باشند بر اینکه این قضیه می‌تواند در سال‌های آینده به یک بحران منجر شود. مانند همین بحث که سال‌ها کم آبی در واقع تذکر داده می‌شد اما متأسفانه چندان اقدام مدیریتی مؤثری را برای آن ندیدیم. حال به نظر می‌رسد در دهه و یا نهایتاً دهه‌های آینده ما با معضل انباشت مواد پلاستیکی غیر تجزیه پذیر روبرو خواهیم بود و اگر برای این بحث توسعه پایدار و جایگزینی مواد زیستی با مواد اولیه نفتی برنامه‌ریزی مدون و قابل اجرایی صورت نپذیرد، به نظر می‌رسد یکی از بحران‌های آینده ما در کنار بحران انرژی و بحران آب بحث محیط زیست هم خواهد بود

میزان بها دادن دولت به طرح های مطرح شده چقدر است؟

ما باید به صورت بنچ مارکی صحبت کنیم. یعنی مثلاً شما بگویید چرا به این طرح بها داده نشده تا ما بتوانیم راجع به دلیل آن صحبت کنیم که آیا اجرایی نبوده، آیا دولت در حمایت محدودیت داره و .... امروزه ما شاهد تسهیلاتی مخصوصاً در حوزه پلاستیک هستیم. برای مثال فرض بفرمایید، پروژه کارشناسی ارشد بنده که حدودا هشت سال پیش انجام شده درباره سنتز یک آیروژل خیلی خاص برای جذب آنتی‌بیوتیک از آب بود. بعدها من متوجه شدم این کار گرچه از نظر علمی سطح بالایی داشت و منجر به انتشار مقالاتی هم شد، اما امروز نیاز صنعت ما نیست

بنابراین من رفتم به سمت پژوهش‌های کاربردی‌تر؛ برای مثال نایلون فریزرها که از جنس پلی‌اتیلن هستند زمانی که در طبیعت رها شوند طبیعتاً ضرر بسیار زیادی برای محیط زیست دارند؛ اما اگر با مواد بازیافتی و ری‌سایکل شده تولید شوند طبیعتاً اون ذرات تقلید پیدا می‌کنند. یعنی ما از اون انباشتگی ضرر جلوگیری می‌کنیم چون این مواد یک بار استفاده شده است و به جای اینکه موادی را دوباره به این چرخه اضافه کنیم تا آلودگی به صورت نمایی بالا رود، در یک سطحی کنترل می‌شود. من اینجا از واژه کنترل استفاده می‌کنم زیرا مثل یک بیماری است که شما امروز نمی‌توانید درمانش کنید ولی می‌توانید آن را کنترل کنید. ما اگر آن را کنترل نکنیم، بیماری به ما آسیب جدی می‌زند. شاید نتوانیم بیماری را درمان کنیم ولی حتماً باید آن را کنترل کنیم تا به یک بحرانی مثل بحران آبی که امروز می‌بینید دچار نشویم. من فکر می‌کنم در ۲۰ سال آینده با این سیاست مدیریتی فعلی به یک بحران محیط زیستی در ایران دچار خواهیم شد. جنگل‌ها و فضای سبز مثل این سدهایی که خشک شده‌اند، با این روندی که پیش می‌رویم مورد آسیب جدی قرار خواهند گرفت

در مورد کنفرانس امروز و ایجاد ارزش افزوده آن در صنعت پلیمر و همچنین چه شد که شما پژوهشگر ممتاز این حوزه شدید؟

خواهش می‌کنم، با توجه به اینکه عملاً پنجمین سالی است که کنفرانس بین‌المللی برند سبز در ایران برگزار می‌شود و محلی است برای شبکه سازی پژوهشگران و علاقمندان و فعالان حوزه برند سبز که یکی از این حوزه‌ها، حوزه پلاستیک است به سبب اهمیتی که در توسعه برند سبز دارد و در این کنفرانس راهکارهای توسعه بیشتر برند سبز که با توجه به توضیحاتی که در پاسخ سوالات قبلی عرض کردم منجر به ایجاد ارزش افزوده در صنعت ما می‌شود بیان می‌شود. با توجه به یک سری از پژوهش‌هایی که بنده مخصوصاً در حوزه توسعه مدل‌های ماشین‌لرنینگ برای کاربردهای سبز داشتم و منجر به انتشار مقالات آی اس آی یا ارائه طرح‌هایی در سطح بین‌المللی

شده بود، مورد لطف هیئت ارزیابی این کنفرانس قرار گرفتم و آنها لطف داشتند و من را انتخاب کردند؛ گرچه به نظر من شاید انتخاب‌های بهتری هم وجود داشت اما در هر صورت این انتخاب مایه افتخار و خوشحالی بنده است.

اگر برای افرادی که این نشریه را مطالعه می‌کنند نصیحتی دارید ممنون می‌شویم با ما در میان بگذارید.

نصیحتی ندارم؛ اما توصیه‌ای که دارم این است که فکر می‌کنم پژوهش‌ها در حوزه برند سبز در ایران می‌توانند به سمت کاربردی‌تر شدن بروند. شاید طرح‌هایی که در حال حاضر در دانشگاه انجام می‌شود با آنچه که ما امروز در صنعت ایران با اون روبرو هستیم فاصله دارد، اما شاید اگر به سمت این قضیه برویم که بتوانیم پایه پلاستیک‌ها را زیستی کنیم و زیست تخریب‌پذیری آنها را افزایش دهیم، خیلی موثرتر خواهد بود تا پژوهش‌هایی که به طور مثال یک ماده خیلی خاص را برای جذب یک آلودگی که اصلاً در ایران خیلی مطرح نیست در محیط آبی مورد پژوهش قرار دهیم. توصیه می‌کنم که عزیزان با همکاری اساتید و دانشگاه‌ها به سمت پژوهش‌های کاربردی‌تر بروند تا بتوان آن عقب ماندگی صنعت ایران در حوزه برند سبز را نسبت به منطقه و جهان جبران کرد.

https://news.asu.edu/-۲۰۲٤۱۰۰۷science-and-technology-new-polymer-technology-opens-door-paths-enhancing-sustainability

۱. Development of polymer syntheses using diazo carbonyl compounds as monomers” by Eiji Ihara, ۱۰ October ۲۰۲٤, Polymer Journal.
DOI: ۱۰,۱۰۳۸/s۱-۰۰۹٥٤-۰۲٤-٤۱٤۲۸

https://scitechdaily.com/japanese-chemists-have-synthesized-unique-polymers-with-an-unprecedented-structure/

https://www.alliedmarketresearch.com/advanced-polymer-composites-market-A۰۷۲٥٦

https://greaterakronchamber.org/sustainable-polymer-tech-hub

Jan Stegemann, Franziska Gröniger, Krisztian Neutsch, Han Li, Benjamin Scott Flavel, Justus Tom Metternich, Luise Erpenbeck, Poul Bering Petersen, Per Niklas Hedde, Sebastian Kruss. High-Speed Hyperspectral Imaging for Near Infrared Fluorescence and Environmental Monitoring. Advanced Science, ۲۰۲٥; DOI:۱۰,۱۰۰۲/advs.۲۰۲٤۱٥۲۳۸

New real-time method for environmental monitoring | ScienceDaily

https://www.sciencedaily.com/releases/۲٥۰۳۲۱۱۲۱۳۲۲/۰۳/۲۰۲٥.htm

Ryoga Hori, Ken-ichi Shinohara. Direct Observation of the “End-Capping Effect” of a PEG@α-CD Polypseudorotaxane in Aqueous Media. Macromolecules, ۲۰۲٥; DOI: ۱۰,۱۰۲۱/acs.macromol.٤c۰۲٤۹۱

https://www.sciencedaily.com/releases/۲٥۰۳۱۱۱۲۲٦۲۰/۰۳/۲۰۲٥.htm

Divisions on curbing plastic waste persist as UN treaty talks

Breakthrough in conductive polymers - New polymer crystal conducts

Yun Seong Kim, Minjiang Zhu, Mohammad Tanver Hossain, Derrick Sanders, Rohan Shah, Yuan Gao, Jeffrey S. Moore, Nancy R. Sottos, Randy H. Ewoldt, Philippe H. Geubelle, Sameh H. Tawfick. Morphogenic Growth ۳D Printing. Advanced Materials, ۲۰۲٥ DOI: ۱۰,۱۰۰۲/adma.۲۰۲٤۰٦۲٦٥ scienceDaily

Scientists break down cheap plastic using the air — and turn it into something far more valuable | Live

The World Is in a Polyester Crisis. One Company Is Trying to Recycle a Way Out | WIRED

Wang C, Kim YJ, Vriza A, et al. Autonomous platform for solution processing of electronic polymers. Nat Commun. ۱٤۹۸:)۱(۱۹;۲)۲۳۵۸/۱٥۱۰۵٥٦٥٥-۰۲٤-٤۱٤٦۷ :doi:
Technologynetwork.com
phys.org

https://phys.org/news/-۰۳-۲۰۲٥based-plastics-millions-tons-

Juho Lee et al, High-Performance Dynamic Photo-Responsive Polymers With Superior Closed-Loop Recyclability, Advanced Functional Materials)۲۰۲٤(. DOI: ۱۰,۱۰۰۲/adfm.۲۰۲٤۱٤۸٤۲

https://phys.org/news/-۰۳-۲۰۲٥sustainable-smart-

Stereomicrostructure-regulated biodegradable adhesives” by Zhen Zhang, Ethan C. Quinn, Jacob K. Kenny, Alexandra Grigoropoulos, Jason S. DesVeaux, Tiffany Chen, Li Zhou, Ting Xu, Gregg T. Beckham and Eugene Y.-X. Chen, ۱٦ January ۲۰۲٥, Science.

https://doi.org/۱۰,۱۱۲٦/science.adr۷۱۷٥

https://scitechdaily.com/bio-engineered-super-glue-sets-new-strength-record-could-transform-٥۰-billion-industry/

"Visible light–triggered depolymerization of commercial polymethacrylates" by Hyun Suk Wang, Mikhail Agrachev, Hongsik Kim, Nghia P. Truong, Tae-Lim Choi, Gunnar Jeschke and Athina Anastasaki, ۲۰ February ۲۰۲۵, Science.

. https://doi.org/۱۰,۱۱۲٦/science.adr۱٦۳۷

https://scitechdaily.com/scientists-discover-a-light-activated-process-that-could-make-plastic-fully-recyclable/

Author: Michael Carus, Founder and CEO Nova-Institute (Germany)

https://www.chemanager-online.com/en/news/global-outlook-bio-based-polymers?utm_source=chatgpt.com

https://www.morningstar.com/news/pr-newswire/۲۰۲٥۰۲۰٤ne۱۱۲۲۷/reju-partners-with-cibutex-to-establish-a-circular-textile-ecosystem

https://www.just-style.com/news/samsara-eco-nylon-recycling

Z Zhang et al, Science, ۲۰۲٥, DOI: ۱۰,۱۱۲٦/science.adr۷۱۷٥

https://www.chemistryworld.com/news/tuning-polymer-microstructure-produces-adhesive-stickier-than-super-glue/٤۰۲۰۸٤۰.article

۱. H S Wang et al, Science, ۲۰۲٥, DOI: ۱۰,۱۱۲٦/science.adr۱٦۳۷

https://www.chemistryworld.com/news/accidental-discovery-depolymerises-commercial-plexiglass/٤۰۲۱۰۷٦.article

منابع بخش مقالات

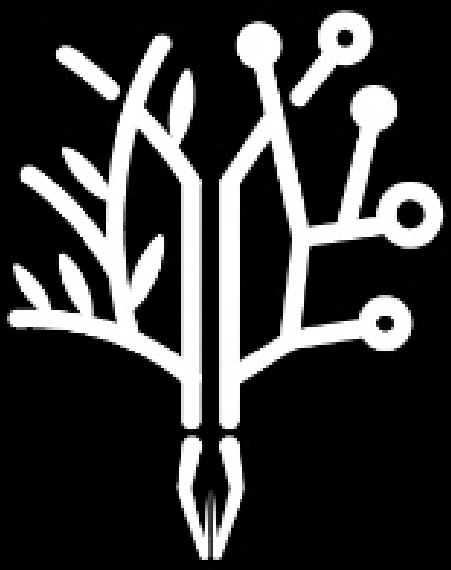
Ritzen, L., Sprecher, B., Bakker, C., & Balkenende, R.)۲۰۲۲). Bio-based plastics in a circular economy: A review of recovery pathways and implications for product design. Journal of Cleaner Production, ,۳٦۱ ۱۳۲۲۰۱.
https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۲۲,۱۳۲۲۰۱

https://managementpapers.polsl.pl/wp-content/uploads/-۱٦۳/۱۲/۲۰۲۲Chyba-Pa٪C۸۲٪٥ucka.pdf

https://www.researchgate.net/profile/Joachim-Schleich/publication/٤٤۲٦۲٥٥۸_Tehno-Economic_Feasibility_of_Large-Scale_Production_of_Bio-Based_Polymers_in_Europe/links/۰c۹٦۰٥۲ff۳٦٥٥۳baf۰۰۰۰۰۰۰/Tehno-Economic-Feasibility-of-Large-Scale-Production-of-Bio-Based-Polymers-in-Europe.pdf?__cf_chl_rt_tk=LOel۱s٤FP۳۲VI۲٥.jAh۱qxtHx٥۷GH.٥iRhc۳vKrElmc-۱,۰,۱,۱-۱۷٤٤۲۱۰۸۲٥-XvxTylQDRV۳oP۹N۱۲iTU۷gmHvDZwvM۸g٤l۳uZoBDC٤g

https://www.google.com/url?sa=i&url=https۳٪A۲٪F۲٪Fwww.researchgate.net۲٪Ffigure۲٪FClassification-of-smart-polymer-materials-depending-on-their-properties_fig۲۳٤٦٥٤۹۸٦٤_&psig=AOvVaw۳QxEMIyBoYq٤UBE-VGS۰d۸&ust=۱۷٤٦۲٥٦۷٥۹۲۳۸۰۰۰&source=images&cd=vfe&opi=۸۹۹۷۸٤٤۹&ved=۰CBQQjRxqFwoTCPCg۷L٦fhI۰DFQAAAAAdAAAAABAE

١. Alimba, C.G. and C. Faggio, Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. Environmental toxicology and pharmacology, ٦٨ .٢٠١٩: p. ٧٤-٦١.
٢. Moraga, G., et al., Circular economy indicators: What do they measure? Resources, Conservation and Recycling, ١٤٦ .٢٠١٩: p. ٤٦١-٤٥٢.
٣. Payne, J., P. McKeown, and M.D. Jones, A circular economy approach to plastic waste. Polymer Degradation and Stability, ١٦٥ .٢٠١٩: p. ١٨١-١٧٠.
٤. Getor, R.Y., N. Mishra, and A. Ramudhin, The role of technological innovation in plastic production within a circular economy framework. Resources, Conservation and Recycling, ١٦٣ .٢٠٢٠: p. ١٠٥٠٩٤.
٥. Garcia-Muiña, F.E., et al., The paradigms of Industry ٤,٠ and circular economy as enabling drivers for the competitiveness of businesses and territories: The case of an Italian ceramic tiles manufacturing company. Social Sciences, ١٢(٧ .٢٠١٨(: p. ٢٥٥.
٦. Chen, G., et al., Machine-learning-assisted de novo design of organic molecules and polymers: opportunities and challenges. Polymers, ١(١٢ .٢٠٢٠(: p. ١٦٣.
٧. Bhatia, P., N. Khurana, and N. Sharma, Intuitive approach to use intelligent database for prediction. International Journal of Computer Applications, ١٥(٨٣ .٢٠١٣(.
٨. Hopewell, J., R. Dvorak, and E. Kosior, Plastics recycling: challenges and opportunities. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, ١٥٢٦(٣٦٤ .٢٠٠٩(: p. ٢١٢٦-٢١١٥.
٩. Schindler, A., et al., Database-supported thermal analysis involving automatic evaluation, identification and classification of measurement curves. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, .٢٠١٦ ١٢٣: p. ٢٤١٤-٢٤٠٥.



TECHNOZISMSJ@GMAIL.COM

TECHNOZISM

TECHNOZISMSJ.UT.AC.IR

LINKEDIN.COM/COMPANY/TECHNOZISM