مقاله مروری

فصلنامه علمی
سال ششم، شماره ۳، شماره پیاپی ۲۳، پاییز ۱۴۰۰
Vol. 6, No. 3, Issue No. 23
Autumn 2021, Quarterly
صفحه ۵۹-۵۱

Iran Polymer Technology: Research and Development

مروری بر نقش پلاستیک‌ها در مقابله با ویروس کرونا

امیرحسین یزدان‌بخش*، ساجده آقاسی

دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی پلیمر.

چکیده ...

پاندمی ویروس کووید-۱۹ موسوم به کرونا در حال حاضر اساسی‌ترین چالش زندگی بشر محسوب می‌شود. تا لحظه نگارش این مقاله، تعداد مبتلایان و جان‌باختگان جهانی به‌ترتیب ۲۵۰۷۳۲۴۷۴ و ۵۰۶۷۳۲۹ نفر گزارش شده است. پلاستیک‌ها، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مواد پلیمری، نقش قابل‌ملاحظه‌ای را در جنبه‌های گوناگون مقابله با این ویروس منحوس اعم از پیشگیری و درمان ایفا می‌کنند که در مطالعه حاضر به بررسی این موارد پرداخته شده است. وسایل حفاظت فردی پلاستیکی از ماسک و دستکش گرفته تا سپرها و عینک‌های ویژه، در سراسر دنیا توسط عموم مردم و کادر درمان استفاده می‌شوند. همچنین، پلاستیک‌ها نقش مهمی در ساخت انواع تجهیزات بیمارستانی مهم در مقابله با ویروس، همچون کیت‌های تشخیصی و ونتیلاتور، ایفا می‌کنند. پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، همچون پلی‌لاکتیک اسید از چشم‌انداز خوبی برای توسعه پلاستیک‌های ضدمیکروبی برای ساخت انواع تجهیزات و به حداقل رساندن پیامدهای زیست‌محیطی برخوردارند. در بحث درمان نیز آنتی‌بادی‌های پلاستیکی تا زمان ساخت داروی قطعی بیماری می‌توانند کمک حال بیماران باشند. پلاستیک‌ها یاری‌گر انسان‌ها در هر شرایطی هستند، فقط باید از آن‌ها درست استفاده کنیم.

واژه‌های کلیدی:

کووید-۱۹،
پلیمر،
پلاستیک،
پیشگیری،
درمان

*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات:
a.yazdanbakhsh@ut.ac.ir

۱ مقدمه

در سال‌های اخیر حجم اتهامات وارد شده به پلاستیک‌ها در خصوص آلوده کردن محیط زیست و تقاضا برای حذف یا جایگزینی آن‌ها افزایش یافته، نگرانی بسیاری در خصوص پسماندهای پلاستیکی ایجاد شده است. تا پیش از پیدایش کرونا، بسیاری از کشورها در حال تدوین و حتی اجرای برنامه‌های سختگیرانه در خصوص حذف پلاستیک‌ها از کالاهای روزمره انسان‌ها بودند. اتحادیه اروپا به‌عنوان پرچم دار مبارزه با پسماندهای پلیمری تقریباً در حال حذف پلاستیک‌ها از بازار کالاهای یک‌بارمصرف بود. دستکش و گروهی از ماسک‌ها از جمله این کالاها بودند. اما با ظهور ویروس کووید-۱۹ و تبدیل شدن همه‌گیری آن به بحرانی جهانی، معادلات به هم خورد و بار دیگر پلاستیک‌ها بودند که توانستند با کمک به حفظ بهداشت فردی در محیط های خانگی و بیمارستانی و کاهش نسبی سرعت گسترش ویروس کرونا، ارزش‌های خود را به معرض نمایش بگذارند [۱-۳]. پلاستیک‌ها در محیط‌های درمانی و کمک به حفظ جان کادر درمان و مبتلایان به این ویروس نقش مهمی را ایفا می‌کنند که مقاله حاضر به مرور و بررسی آن می‌پردازد.

البته نگرانی مهم و به‌جایی در این زمینه وجود دارد و آن هم جمع‌آوری و ارائه راه حل عملیاتی و بهداشتی در خصوص پسماندهای کالاهای پلاستیکی است که این روزها استفاده از آن‌ها به شدت زیاد شده است و ممکن است به ویروس کرونا نیز آلوده باشند [۴].

مهم‌ترین محصولات پلاستیکی که این روزها به حفظ بهداشت و کنترل شیوع ویروس کرونا کمک کرده‌اند و همچنین در محیط های درمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از:

- وسایل حفاظت فردی پلاستیکی
- تجهیزات پزشکی و بیمارستانی
- آنتی‌بادی‌های پلاستیکی

نکته حائز اهمیت در استفاده از این پلاستیک‌ها، آن است که نباید دور ریخته شوند بلکه باید به صورت انتخابی جمع‌آوری و بازیافت شوند تا در رودخانه‌ها، اقیانوس‌ها و جنگل‌ها به‌عنوان زباله‌های پلاستیکی ظاهر نشوند. ماسک‌های مصرف شده در بیمارستان‌ها حتی ممکن است به عنوان پسماندهای خطرناک در نظر گرفته شوند. در این مورد، بازیافت فیزیکی (که معمولاً به معنی اکستروژن در حالت مذاب در دمای حدود ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد است) می‌تواند روشی ایمن برای دفع زباله باشد. پلاستیک‌ها مهم هستند، زیرا نیازمند توسعه ماندگار (Sustainable) بوده، دارای خواص منحصر به فرد هستند. به جای ممنوعیت استفاده از پلاستیک‌ها، باید از آن‌ها با مسئولیت‌پذیری در جایی استفاده شود که به بهبود کیفیت زندگی و در صورت لزوم برای جلوگیری از انتشار بیماری‌های مسری (در حال حاضر ویروس کرونا) کمک‌کننده باشد [۵،۶].

۲ وسایل حفاظت فردی پلاستیکی

وسایل حفاظت فردی برای جلوگیری از انتقال عفونت بین بیماران و کادر درمانی بر روی لباس کار پوشیده می‌شوند. نوع وسیله مورد استفاده به میزان ریسک تماس با خون و مایعات زیستی یا ریسک انتقال میکروارگانیسم‌ها بستگی دارد. وسایل حفاظت فردی شامل دستکش، انواع روپوش، وسایل حفاظتی شامل حفاظ صورت، عینک و ماسک) سربند و کفش هستند. کادر درمانی و افرادی که بیشترین تماس با افراد بیمار را دارند، باید حتماً با استفاده از این وسایل از خود محافظت کنند. این محصولات به‌دلیل احتمال آلودگی و پتانسیل انتقال بیماری، یک‌بارمصرف بوده، عمر مصرف مشخصی دارند. پلاستیک‌ها جزء اصلی سازنده این وسایل هستند. با همه‌گیری ویروس کرونا، مراجعه به به مراکز درمانی چندین برابر شده است. سهولت انتقال این ویروس بین افراد، تقاضا برای وسایل حفاظت فردی بیمارستانی و عمومی را به‌شدت افزایش داده است. اما مقدار تقاضا به قدری بالا است که حتی برخی کشورهای پیشرفته استفاده مجدد از وسایل یک بارمصرف (به جز دستکش) را در شرایطی خاص مجاز دانسته‌اند [۵-۷].

دستکش‌های پلیمری پرمصرف‌ترین کالای این روزها هستند. در عصر کرونا تقاضا برای دستکش تا ده برابر افزایش پیدا کرده است و این کالا در فروشگاه‌ها نایاب شده است. همچنین در برخی کشورها سازمان‌های دولتی به میان آمده‌اند و نحوه توزیع این کالاها را مدیریت می‌کنند.

دستکش‌های پلاستیکی به دو دسته دستکش‌های وینیلی (پلی‌وینیل‌کلرید –PVC) و دستکش‌های پلی‌اتیلنی تقسیم می‌شوند که البته دستکش‌های پلی‌اتیلنی انتخاب خوبی برای تماس با مواد خطرناک شیمیایی یا مواردی همچون ویروس کرونا نیستند و در صورت ضدعفونی کردن با الکل نفوذپذیری آن به‌شکل قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد [۸].

در کنار دستکش‌های پلاستیکی وینیلی، دستکش‌های لاستیکی شامل دستکش لاتکس و دستکش نیتریلی (نیتریل بوتادین رابر- NBR) از دستکش‌های پلیمری پرکاربرد در مقابله با ویروس کرونا هستند [۵،۶]. جدول ۱ ویژگی‌های این دستکش‌های پلیمری را با یکدیگر مقایسه می‌کند.

ماسک‌ها نه تنها برای محافظت از کادر درمانی در بیمارستان‌ها،

جدول ۱- مقایسه ویژگی‌های دستکش‌های وینیلی، لاتکس و نیتریلی.

نوع دستکش	ویژگی‌ها
وینیلی	مقاومت شیمیایی بالا، مقاومت مناسب در برابر ویروس کرونا، قابل ضدعفونی کردن، مناسب برای استفاده طولانی مدت (۸ ساعت)، حساسیت‌زا
لاتکس	منشأ طبیعی، قابلیت استفاده طولانی مدت (۱۶ ساعت) ،انواع پودری و غیرپودری ، مقاومت بالا در مقابل نفوذ کرونا، مناسب برای استفاده کادر درمان، قابل ضدعفونی، امکان حساسیت‌زایی، قیمت بالا
نیتریلی	فاقد لاتکس، مناسب برای استفاده کوتاه مدت، اقتصادی، دو نوع پودری و غیرپودری، غیرقابل ضدعفونی، استفاده در شرایط پرخطر توأم با ریسک (احتمال نفوذ ویروس کرونا حدود سی درصد)

بلکه برای جلوگیری از انتقال آلودگی از فرد بیمار به محیط ضروری است. دستورالعمل‌های اخیر سازمان بهداشت جهانی استفاده از ماسک را برای همه افراد در کشورهای درگیر ویروس کرونا ضروری دانسته است. بسیاری از کشورها نیز استفاده از ماسک را در اماکن عمومی اجباری کرده اند. اما در حال حاضر جهان قادر به پاسخ‌گویی به این تقاضای عظیم نیست. در ماه‌های پس از آغاز شیوع بیماری، تلاش‌های بسیاری برای افزایش ظرفیت و راه‌اندازی کارخانه‌های جدید تولید ماسک انجام شده، اما هنوز میزان تولید فاصله زیادی با تقاضای واقعی دارد. به همین دلیل بسیاری از کشورها ماسک‌های ایمن را تنها برای کادر درمانی تأمین می‌کنند. صنعت پلاستیک برای تأمین این محصول حیاتی بسیج شده است. پلاستیک‌ها در انواع ماسک‌های عادی، ماسک‌های فیلتردار (از جمله ماسک‌های N95 که برای جلوگیری از انتقال ویروس برای کادر درمانی حیاتی است). و ماسک‌های جراحی، برای ساخت اسکلت، بدنه فیلتر و منسوجات مورد استفاده در ماسک به کار گرفته می‌شوند. تولیدکنندگان ماسک با حداکثر ظرفیت مشغول تولید این محصولات هستند. ماسک‌های با تصفیه عالی (Filtering Facepiece, FPP) و کیفیت مطلوب مجهز به دریچه، تقاضای بیشتری دارند. این ماسک‌ها، دستگاه‌های تنفسی (Respirators) نیمه‌صورت و دستگاه‌های تنفسی تمام صورت با صافی‌های قابل تعویض یا حتی صافی‌هایی از الیاف کربن در دسترس هستند. با این حال، تمام ماسک‌ها، از ساده‌ترین تا پیچیده‌ترین، از پلاستیک‌ها ساخته شده‌اند. ماسک صورت چندین لایه دارد که عمدتاً پلی پروپیلن (PP) است، زیرا میکرو الیاف PP، آب‌گریز، سازگار با پوست و غیرحساسیت‌زا هستند. پوشش محافظ گران‌تر، که صورت را بهتر می‌پوشاند، بیشتر از پلی‌یورتان (PUR) ساخته می‌شود، در حالی که نانوالیاف و میکروالیاف کربن از طریق کربن‌دار کردن پلی اکریلونیتریل (PAN) ساخته می‌شوند. نوارهای ارتجاعی برای بستن (کش‌ها)، محفظه‌های حاوی صافی و روکش شفاف همگی محصولات پلاستیکی هستند. تمام ماسک‌ها و صافی‌های ذرات از پلاستیک‌ها ساخته شده‌اند و استانداردها، عملکرد صافی (باید اثر بخشی حداقل ۸۰/۹۴/۹۹ درصد باشدکه معمولاً به‌صورت FFP1/FFP2/FFP3 در اروپا یا N95 (۹۵ درصد)، N99 (۹۹ درصد)، N100 (۹۹/۹۷ درصد) در آمریکا علامت گذاری شده است)، مقاومت در برابر دم و بازدم، طول عمر، زمان نگه‌داری و سایر خواص را الزام‌آور می‌کنند [۵،۶،۹]. شکل ۱، ماسک N95 از جنس پلی پروپیلن را که در مراکز درمانی ایران بسیار پراستفاده است نمایش می‌دهد.

اکثر ماسک‌های پلیمری از پلیمرهای تجدیدناپذیری چون پلی‌پروپیلن، پلی‌استایرن، پلی‌کربنات، پلی‌اتیلن و پلی‌استرها تولید می‌شوند که زیست‌تخریب‌پذیر نبوده و منجر به ایجاد چالش‌های زیست‌محیطی و چالش‌های سلامتی ثانویه می‌شوند. تولید ماسک‌های بر پایه‌ی پلیمرهای زیستی همچون گلوتن، اولاً از انتشار ویروس جلوگیری می‌کند و جامعه نیز سود می‌برد؛ چراکه مواد اولیه این ماسک‌ها جایگزین پلاستیک‌های نفتی شده و انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد. به علاوه چون مواد اولیه این ماسک‌ها از محصولات جانبی صنایع غلات به دست آمده، این موضوع می‌تواند سبب استفاده پایدار از منابع

شکل ۱ ماسک پلاستیکی N95.

شود. مثل سایر پلیمرهای نفتی، گلوتن نیز می‌تواند از طریق فرایندهای تثبیت‌شده‌ای چون قالب‌گیری فشاری، قالب‌گیری تزریقی، اکستروژن و ترموفورمینگ فرایند شود تا شکل‌های متنوعی از فیلم‌ها و هندسه‌های پیچیده تولید شود. استفاده از این ماسک‌ها، علاوه بر کاهش انتقال بیماری‌های عفونی، مسیری را برای (ایجاد) محصولات پایدار دوست‌دار محیط زیست فراهم می‌کند. این کار برای شرکت‌های مرتبط نیز سودمند است چون محصولات گلوتن خود را با ارزش افزوده‌ی بالاتری به فروش می‌رسانند. یکی از مزایای بزرگ استفاده از گلوتن، تخریب سریع آن به محصولات بی‌ضرری چون محصولات بر پایه‌ی نیتروژن است که این مواد حتی می‌توانند در تصفیه‌ی خاک نیز موثر باشند. همچنین با استفاده از آن در تولید ماسک‌ها، آلودگی زیست‌محیطی و مشکلات مربوط کاهش می‌یابد [۵،۱۰].

سپر صورت (Face Shield)، برای حفاظت صورت در برابر عوامل آسیب‌زا مثل مواد شیمیایی، گردوخاک، جرقه و ذرات آلوده‌کننده و بیماری‌زا استفاده می‌شود. با توجه به لزوم حفاظت از چشم، گوش و دهان در برابر ذرات بیماری‌زا، استفاده از سپر صورت و ماسک می‌تواند راهکاری مناسب برای مقابله با بیماری کووید-۱۹ باشد. سپر صورت می‌تواند از چشم‌ها به خوبی حفاظت کند. با توجه به فاصله‌ای که بین سپر و دهان و بینی وجود دارد، استفاده از آن به‌صورت تنها و بدون ماسک کافی نیست. زیرا امکان نفوذ قطرات بیماری‌زا به مجرای تنفسی ممکن می‌شود [۱۱]. در افرادی که امکان استفاده از ماسک ندارد، سپر گزینه مناسبی است. اگر شخصی از فاصله ۱۸ اینچی سرفه کند، سپر می‌تواند تا ٪۹۶ از تماس با ویروس جلوگیری کند. اگر شخص به مدت ۳۰ دقیقه سرفه و صحبت کند، سپر تا ٪۶۸ ذرات معلق را مهار می‌کند [۱۲]. تخمین زده می‌شود میزان فروش سپر در آمریکا از شروع اپیدمی کرونا ۳۱۲ درصد رشد داشته است [۱۳].

سپر صورت از دو قسمت نگه دارنده و صفحه سپر تشکیل شده است. صفحه سپر علاوه بر شفافیت، باید شکل و جرم مناسبی داشته باشد تا روی صورت قرار گیرد. نگه‌دارنده صفحه نیز علاوه بر توانایی تحمل جرم صفحه سپر، باید سبک باشد. استفاده از مواد شفاف مثل شیشه به‌عنوان صفحه و فلزات برای نگه داشتن آن، منجر به افزایش وزن، سختی شکل‌دهی و افزایش هزینه می‌شود. همچنین شیشه شکننده است و برای مصرف روزمره مناسب نیست. استفاده از پلاستیک‌های شفاف و سبک میتواند گزینه مناسبی باشد. قسمت نگه‌دارنده عمدتاً از پلی‌استایرن (PS) یا پلی پروپیلن (PP) و صفحه سپر از پلی کربنات (PC) ساخته می‌شود [۱۳]. استفاده از پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)

شکل۲ سپر پلاستیکی برای حفاظت صورت از ویروس.

و پلی‌وینیل‌کلرید (PVC) برای صفحه سپر و اکریلونیتریل بوتادی‌ان‌استایرن (ABS) برای نگه‌دارنده نیز رایج است. برای تولید این قطعه پلاستیکی راهکارهای متفاوتی وجود دارد. استفاده از فن مدل‌سازی رسوب مذاب (FDM) برای تولید روزانه سپر مناسب است. اما به خاطر سرعت پایین، امکان تولید در حجم بالا ندارد. برای افزایش ظرفیت تولید و تولید عمده از روش تزریق پلاستیک (IM) استفاده می‌شود. تولید نگه‌دارنده سپر از جنس پلی‌پروپیلن، با روش FDM حدود ۹۰ دقیقه طول کشید. این درحالیست که تولید آن با IM حدود ۲۵ ثانیه طول می‌کشد[۱۴]. شکل ۲ سپر پلاستیکی از جنس پلی‌وینیل‌کلرید را نمایش می‌دهد.

چشم یکی از راه‌های ورود ویروس به بدن است و کادر درمانی در مواجهه با بیماران باید از انواع عینک‌های ایمنی استفاده کنند. این عینک‌ها معمولاً از پلی‌کربنات به‌صورت یک تکه یا همراه با قاب منعطف برای پوشاندن کامل چشم‌ها تولید می‌شوند. این روزها تولیدکنندگان عینک‌های ایمنی پزشکی نه‌تنها از تمام ظرفیت خود برای تأمین نیاز فراوان این محصول استفاده می‌کنند، بلکه بسیاری از ماشین‌سازان نیز امکانات خود را در اختیار آن‌ها قرار داده‌اند. برای مثال، لگو در دانمارک تولید روزانه ۱۳۰۰۰ عینک برای کارکنان بخش درمانی این کشور را آغاز کرده است. همچنین، همه کادر درمانی فعال در مبارزه با بیماری‌های عفونی، مثل ویروس کرونا، باید برای محافظت از خود، از روپوش استفاده کنند. این روپوش‌ها (از جمله روکش لباس، پیش‌بند و ...) معمولاً از پلاستیک‌های پلی‌الفینی یا پلی‌استر تهیه شده و از انتقال ویروس از بیمار به پزشکان و پرستاران جلوگیری می‌کند. در ضمن این محصولات به‌دلیل مسائل ایمنی، اغلب از مصرف دور انداخته می‌شوند [۱۵،۱۶]. شکل ۳ عینک پلی‌کربناتی برای حفاظت از چشم در مقابل ویروس را نمایش می‌دهد.

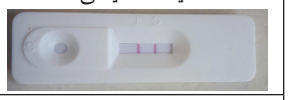
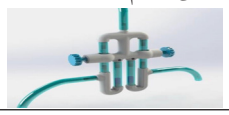
شکل۳ عینک پلی کربناتی محافظ چشم

۳ تجهیزات پزشکی و بیمارستانی

تعداد وسایل پزشکی پلاستیکی و قطعات پلاستیکی مورد استفاده در ساخت تجهیزات و دستگاه‌های پزشکی بسیار زیاد است. با شیوع ویروس کرونا و در پی آن موج عظیم مراجعین به بیمارستان‌ها و پر شدن بخش‌های مراقبت‌های ویژه، نیاز به استفاده از دستگاه‌های مختلف برای تشخیص بیماری و مراقبت و درمان بیماران افزایش چشمگیری یافته است. یکی از مشکلات بزرگ پیشگیری از شیوع ویروس کووید-۱۹، عدم شناسایی مبتلایان فاقد علائم بالینی است. از آنجا که دوره نهفتگی این ویروس بسیار طولانی است (۵-۱۸ روز)، امکان انتقال بیماری پیش از بروز این علائم بسیار زیاد است. تنها راه برای شناسایی مبتلایان استفاده از کیت‌های تشخیصی ویروس کرونا است. به دلیل شیوع بیماری در سراسر جهان در حال حاضر همه کشورهای دنیا به این کیت‌ها نیاز مبرم و فزاینده‌ای دارند. با توجه به گسترش وسیع بیماری، به چندین برابر این تعداد کیت نیاز است. برای انجام هر آزمایش کرونا و همچنین انواع آزمایش‌های تشخیص پزشکی نیاز به تعدادی وسایل نمونه‌برداری، ویال، ظروف و وسایل آزمایشگاهی پلاستیکی وجود دارد. بنابراین تقاضا برای این محصولات در حال حاضر صدها برابر شده است. کیسه‌های خون و سرم، انواع سوندهای (لوله‌های انعطاف‌پذیر) عروقی، سرنگ و صدها محصول دیگر را نیز بایستی به این فهرست اضافه کرد. تولیدکنندگان وسایل پزشکی این روزها هم‌پای کادر درمانی در صف اول نبرد علیه کرونا قرار گرفته‌اند [۱۷،۱۸]. این روزها تولید وسایل نمونه‌گیری با استفاده از چاپگرهای سه بعدی انجام می شود. برای مثال تولیدکننده ماشین آلات چاپ سه‌بعدی با همکاری یک شرکت فعال در زمینه تولید کیت‌های تشخیصی تولید این وسایل از پلی‌آمید را با ظرفیت ۱۰ هزار عدد در روز آغاز کرده و قرار است به زودی این ظرفیت را تا ۱۰ برابر افزایش دهد. شرکت آمریکایی Formlabs نیز کل ظرفیت ۲۵۰ دستگاه چاپگر سه‌بعدی خود را به تولید ۱۵۰ هزار عدد وسیله نمونه‌گیری آزمایش کرونا در روز اختصاص داده است [۱۹].

یکی دیگر از تجهیزات حیاتی در درمان بیماران مبتلا به کرونا، ونتیلاتور (دستگاه تنفس مصنوعی) است. این دستگاه برای کمک به انتقال هوا به ریه فرد بیمار استفاده می‌شود. در حال حاضر تقریباً همه کشورهای جهان، چه کشورهای پیشرفته و چه در حال توسعه با کمبود این دستگاه مواجهند. تنها در ایالات متحده تقاضا برای ونتیلاتور ۱۵ برابر شده و تعداد این دستگاه‌ها باید حداقل به دو برابر مقدار کنونی برسد. هر کدام از این دستگاه‌ها نیازمند صدها قطعه پلاستیکی و مجموعه مدار تنفسی متشکل از لوله‌های انتقال هوا و اتصالات مربوطه است که باید به طور مرتب تعویض شوند. ضمن این که به‌دلیل شرایط بحرانی، تعمیر و نگه‌داری دستگاه‌ها و تعویض قطعات مصرفی آن‌ها باید به سرعت انجام شود [۲۰،۲۱]. جدول ۲، تعدادی از تجهیزات مهم پزشکی پرکاربرد در مقابله با ویروس

جدول۲ تجهیزات پزشکی پلاستیکی پرکاربرد در مقابله با ویروس کرونا.

تجهیزات	پلاستیک(ها)ی مورد استفاده
کیت تشخیصی 	نایلون، داکرون
شیر یدکی ونتیلاتور	پلی‌آمید
صافی مقسم جریان اکسیژن 	پلی‌لاکتیک اسید
لوله ونتیلاتور	پلی‌وینیل کلرید
کیت نگهداری DNA	پلی‌اتیلن ترفتالات
کیسه خون	پلی‌وینیل کلرید، پلی‌یورتان

کرونا را که از پلاستیک‌ها ساخته شده‌اند نمایش می‌دهد.

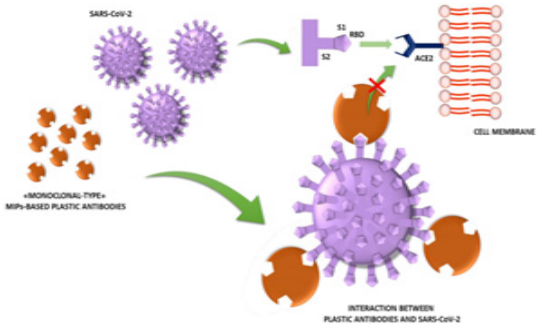
محدودیت مهم برای استفاده از پلاستیک‌ها برای تولید ابزارهای پزشکی حساس، آلودگی مواد توسط باکتری‌ها و ویروس‌ها است. شواهد قوی برای استفاده از شکل‌های مختلف مس به‌عنوان عامل زیست‌کش (Biocidal) و استفاده از نانوکامپوزیت‌های مس برای افزایش خواص ضدمیکروبی پلاستیک مورد استفاده در ساخت ابزارهای پزشکی وجود دارد. ساخت افزایشی (Additive Manufacturing)، یعنی تولید به‌وسیله طراحی دیجیتال و بدون نیاز به قالب‌سازی مانند روش چاپ سه‌بعدی) موقعیت منحصربه‌فردی برای پشتیبانی از کمبود ابزارهای پزشکی حیاتی دارد. پیشرفت در روش‌های ساخت افزایشی و تولید پلاستیک‌های ضدمیکروبی، امکان چاپ و سفارشی‌سازی طیف گسترده‌ای از ابزارهای پزشکی را فراهم می‌کند. محدودیت‌های فعلی استفاده از ساخت افزایشی برای ساخت ابزارهای پزشکی مهم، زمان ساخت آهسته، تأیید کیفیت چاپ و تطابق با مقررات موجود است. شکل ۴ فرایند ساخت لوازم پزشکی ضدمیکروبی مهم را با استفاده از پلاستیک ضدمیکروبی زیست‌تخریب‌پذیر (پلی‌لاکتیک اسید، PLA) نمایش می‌دهد. فرایند با تخمیر ذرت به منومر لاکتیک اسید آغاز می‌شود و در ادامه تراکم صورت گرفته و لاکتید حاصل می‌شود که با پلیمری‌شدن حلقه‌گشای آن پلی‌لاکتیک‌اسید تولید شده و و سپس نانوذرات مس به آن اضافه می‌شوند و نهایتاً با چاپ سه‌بعدی، ابزار مورد نظر ساخته می‌شود [۲۲،۲۳].

۴ آنتی بادی‌های پلاستیکی

در حال حاضر، داروی قطعی برای درمان کووید-۱۹ وجود ندارد. بنابراین در غیاب درمان‌های موثر، استراتژی‌های مختلفی مورد کاوش و جست‌وجو قرار گرفته‌اند. یکی از این موارد، ارزیابی تکی یا ترکیبی بازدهی داروهایی است که قبلاً مورد

شکل ۴ فرایند ساخت لوازم مهم پزشکی از پلی لاکتیک‌اسید [۲۲].

استفاده قرار گرفته‌اند و می‌توانند با عفونت ویروسی مقابله کرده یا اثرات درمانی را در بیماری‌های وخیم بهبود دهند. راهبرد دیگر جالب توجه، توسعه‌ی آنتی‌بادی‌های مونوکلونال (Monoclonal) است. این مواد، مکان‌های مستعد و حساس در سطح ویروسی پروتئین‌ها را هدف قرار می‌دهند و فرآیند عفونت‌زایی را متوقف می‌کنند. آنتی‌بادی‌های مونوکلونال سنتی، نکات عملکردی منفی دارند که سبب ایجاد محدودیت در استفاده گسترده از این مواد به عنوان عوامل درمانی می‌شود. برای مثال، این آنتی‌بادی‌ها برای تولید گران هستند، پایداری محدودی دارند و به علت فارماکوکینتیک (Pharmacokinetics، سرنوشت دارو در بدن) و نفوذ بافتی نامناسبی خود، برهم‌کنش‌های نامعیوبی با سیستم ایمنی ایجاد می‌کنند [۲۴]. جایگزین نویدبخش برای آنتی‌بادی‌های سنتی و غلبه بر این مشکلات، استفاده از آنتی‌بادی‌های پلاستیکی است که توسط پلیمرهای زیستی تولید می‌شوند. این مواد پلیمری در حقیقت توسط خواص تشخیصی گزینشی و خاص برای مولکول هدف نقش قالب‌گیری مولکولی (Molecular Imprinting) می‌شوند و می‌توانند با عملکردی شبیه آنتی‌بادی‌ها برای چسبیدن و تمیز دادن بین مولکول‌ها سنتز شوند. رایج‌ترین شکل قالب‌گیری مولکولی، شامل سنتز شبکه‌ای پلیمرها در حضور الگو (Template) است. این الگو می‌تواند در محدوده‌ی گسترده‌ای از یون‌ها، مولکول‌های کوچک، درشت‌مولکول‌های زیستی تا میکروارگانیسم‌ها یا ذرات بلوری باشد. مونومرهای عامل‌دار (Functional) مثل لنگر عمل کرده و با الگو برهم‌کنش می‌دهند و در طی پلیمری‌شدنی که بعداً اتفاق می‌افتد، الگو را در محل نگه می‌دارند. با حذف الگو از پلیمر شکل گرفته، مکان‌های چسبیده رها می‌شوند و ماده‌ی باقی‌مانده، از لحاظ شکل، متمم ساختار الگو است. بنابراین پلیمرهای قالب مولکولی (MIPs) از لحاظ عملکردی، حافظه‌ای برای نمونه دارند که می‌توانند به صورت گزینشی، به ساختارهای سازگار (مشابه) بچسبند؛ مشابه روشی که آنتی‌بادی‌ها به آنتی‌ژن‌هایشان می‌چسبند. مزایای این آنتی‌بادی‌های مصنوعی پلاستیکی نسبت به مشابه‌های زیستی، پایداری در برابر تنش‌های مکانیکی، دماها و فشارهای بالا و تشعشع شدید، مقاومت در برابر محدوده‌ی وسیعی از حلال‌ها، اسیدها، بازها یا یون‌های فلزی، تحمل ذخیره‌سازی بالا، دسترسی راحت‌تر به این مواد به علت قیمت کم، تولید دوباره و آماده‌سازی نسبتاً آسان آن‌ها است. به علاوه، پلیمرهای به‌کاررفته می‌توانند بدون از دست دادن حافظه‌شان، چندین بار مورد استفاده قرار گیرند. این ویژگی‌ها، منجر به پیشرفت سریع در تحقیقات و ایجاد انگیزه صنعتی در این دسته از مواد



شکل ۵ طرح برهم‌کنش بین آنتی‌بادی‌های پلاستیکی پلیمرهای قالب مولکولی از نوع مونوکلونال و SARS-CoV-۲ [۲۵].

شده است که هدف آن‌ها، به‌خصوص، یافتن جایگزینی برای آنتی‌بادی‌های زیستی ناپایدار است [۲۴،۲۵].

Parisi و همکاران [۲۶]، در دپارتمان داروسازی علوم، سلامت و تغذیه دانشگاه Calabria در حال توسعه آنتی‌بادی‌های پلاستیکی مونوکلونال بر پایه پلیمرهای قالب مولکولی هستند که قادر به چسبیدن گزینشی به پروتئین تاج‌دار SARS-CoV-2 و توقف فعالیت عفونت‌زایی هستند. شکل ۵ طرحی از برهم‌کنش آنتی‌بادی‌های پلاستیکی با این پروتئین موجود در ساختار ویروس کووید-۱۹ را نشان می‌دهد.

پروتئین تاج‌دار ویروس کرونا، پروتئینی سطحی است که بین محل تشخیص میزبان و اتصال قرار می‌گیرد. این ویروس دارای دو زیرمجموعه است:

زیرمجموعه‌ی S1 که شامل قلمروی گیرنده-چسبنده یا RBD (Receptor-Binding Domain) است که وظیفه‌اش شناسایی و چسبیدن به سلول میزبان است. و زیرمجموعه‌ی S2 که از طریق ترکیب شدن با غشاهای میزبان و عوامل ویروسی آن، با میزبان درگیر می‌شود. این پروتئین‌های تاج‌دار، هدف رایج و اولیه برای توسعه‌ی آنتی‌بادی‌ها و عوامل درمانی را نشان می‌دهند. (چرا که وقتی مکانیسم عملکرد ویروس شناخته شده باشد، می‌توان با انجام عملیاتی، این عملکرد را مختل و فرایند عفونت‌زایی را متوقف کرد)؛ بنابراین نانوذرات قالب مولکولی، می‌توانند به صورت بالقوه در درمان‌های غیردارویی و درمان عفونت SARS-COVID-2 مورد استفاده قرار گیرند. آنتی‌بادی‌های پلاستیکی، مکان‌های آسیب‌پذیر در سطوح وابسته به ویروس پروتئین را هدف قرار داده، برهم‌کنش‌های گیرنده را غیرفعال کرده، میزبان عفونت‌زایی نشده (سالم) را که در مواجهه با ویروس قرار گرفته، محافظت می‌کنند. بر پایه‌ی این ملاحظات، قالب‌گیری مولکولی، فناوری نویدبخشی برای آماده‌سازی مواد پلیمری با توانایی تشخیص گزینشی بالا برای مولکول هدف است. از طرف دیگر، قالب‌گیری درشت‌مولکول‌های زیستی شامل پپتیدها، پروتئین‌ها، همه‌ی ویروس‌ها یا بخشی از آن‌ها، چالش‌هایی از لحاظ اندازه، انحلال‌پذیری، ساختار شکننده و پایداری به همراه دارد. به علاوه، در دسترس بودن ترکیبات ویروسی یا وابسته به ویروس، مسئله‌ای کلیدی است. آخرین موضوع ولی نه به همان اهمیت آن است که حساست به گزینی این ماتریس‌های پلیمری، نیازمند بهبود بیشتری است تا بتوانند قابل مقایسه با آنتی‌بادی‌های طبیعی باشند. کار تحقیقاتی Parisi و همکاران در نظر دارد تا بر این محدودیت‌ها فائق آید و نانوذرات پلیمری قالب مولکولی را به‌دست آورد تا بتوانند به‌صورت انتخابی، پروتئین‌های تاج‌دار کرونا ویروس جدید را شناسایی کرده و به آن‌ها بچسبند و در نتیجه فرایند عفونت‌زایی را خنثی کنند [۲۶].

۵ نتیجه‌گیری

پلاستیک‌ها نقش بسیار مهمی در مقابله با ویروس کرونا دارند. تقریباً تمامی وسایل حفاظت فردی در مقابل ویروس از پلاستیک‌ها ساخته شده‌اند. دستکش‌های وینیلی، از جنس پلی‌وینیل‌کلرید، پرچم‌دار دستکش‌های پلاستیکی استفاده شده به‌منظور پیشگیری از سرایت ویروس هستند که از نظر کیفیت و عملکرد قابل رقابت با دستکش‌های لاستیکی موجود هستند. پلی‌پروپیلن نیز پیشتاز پلاستیک‌های مورد استفاده در ساخت انواع ماسک‌های حفاظتی تنفسی است. همچنین، پلی‌کربنات را می‌توان پرمصرفترین پلاستیک در ساخت سپرهای صورت و عینک‌های محافظ چشم دانست. علاوه بر وسایل فردی، پلاستیک‌ها در ساخت تجهیزات بیمارستانی از کیسه خون گرفته تا اتصالات ونتیلاتور کاربرد دارند که پلی‌وینیل‌کلرید بخش اعظم مصرف این حیطه را به خود اختصاص داده است. مسائل زیست‌محیطی همواره در استفاده از پلاستیک‌ها حائز اهمیت ویژه‌ای بوده‌اند. دفع ایمن زباله‌های پلاستیکی و توجه مضاعف به پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر در به حداقل رساندن آثار منفی زیستی پلاستیک‌ها بسیار موثر است. پلیمرهای زیستی چشم‌انداز بسیار مناسبی را برای توسعه پلاستیک‌های ضدمیکروبی برای ساخت انواع تجهیزات فردی، پزشکی و بیمارستانی از خود نشان داده‌اند. همچنین، آنتی‌بادی‌های پلاستیکی می‌توانند با برهم‌کنش با پروتئین‌های ساختاری این ویروس منحوس، کمک قابل ملاحظه‌ای به کاهش علائم عفونی بیماران کنند.

مراجع

1. Silva A.L.P., Prata J.C., Walker T.R., Campos D., Duarte A.C., Soares A.M., Rethinking and Optimizing Plastic Waste Management Under COVID-19 Pandemic: Policy Solutions Based on Redesign and Reduction of Single-use Plastics and Personal Protective Equipment, *Science of the Total Environment*, 742, 140565, **2020**.

2. Khoo K.S., Ho L.Y., Lim H.R., Leong H.Y., and Chew K.W., Plastic Waste Associated With the COVID-19 Pandemic: Crisis or Opportunity?, *Journal of hazardous Materials*, 417, 126108, **2021**.

3. Sheldon R.A., and Norton M., Green Chemistry and the Plastic Pollution Challenge: Towards a Circular Economy., *Green Chemistry*, 22, 6310-6322, **2020**.

4. Ren X., Biodegradable Plastics: a Solution or a Challenge?, *Journal of Cleaner Production*, 1, 27-40, **2003**.

5. Czigány T., and Ronkay F., The Coronavirus and Plastics, *eXPRESS Polymer Letters*, 14, 510-511, 2020.

6. Makki F., Lamb A., and Moukaddem R., Plastics and the Coronavirus Pandemic: a Behavioral Science Perspective, *Mind and Society*, 1-5, **2020**.

7. Park S. H., Personal Protective Equipment for Healthcare Workers During the COVID-19 Pandemic., *Infection & Chemotherapy*, 52, 165, **2020**.

8. Gruenwald H., Covid-19 and PVC, **2021**. DOI: 10.13140/RG.2.2.14236.21124 Project: Corona & Collateral Damage.

9. Douglas D., and Douglas R., Addressing the Corona Virus Pandemic: Will a Novel Filtered Eye Mask Help?, *International Journal of Infectious Diseases*, 95, 340-344, **2020**.

10. Das O., Neisiany R.E., Capezza A.J., Hedenqvist M. S., Försth M., Xu Q., The Need for Fully Bio-based Facemasks to Counter Coronavirus Outbreaks: A Perspective., *Science of the Total Environment*, 736, 139611, **2020**.

11. Howard J., Huang A., Li Z., Tufekci Z., Zdimal V., Van der Westhuizen, H. M., An Evidence Review of Face Masks Against COVID-19, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118, **2021**.

12. Saunders G.H., Jackson I.R., and Visram A.S., Impacts of Face Coverings on Communication: an Indirect Impact of COVID-19., *International Journal of Audiology*, 60, 495-506, **2021**.

13. Parashar N., and Hait S., Plastics in the Time of COVID-19 Pandemic: Protector or polluter?, *Science of the Total Environment*, 144274, **2020**.

14. Kunkel M.E., Vasques M.T., Perfeito J.A.J., Zambrana N.R.M., Bina T.D.S., Passoni L.H.D.M., Mass-production and Distribution of Medical Face Shields Using Additive Manufacturing and Injection Molding Process for Healthcare System Support During COVID-19 Pandemic in Brazil, **2020**.

15. Singh P., Pal K., Chakravraty A., and Ikram S., Execution and Viable Applications of Face Shield "a Safeguard" Against Viral Infections of Cross-protection Studies: A Comprehensive Review, *Journal of Molecular Structure*, 130443, **2021**.

16. Gupta D., Simalti A.K., Bansal A., Gupta N., Patki V., Sood A.K., Use of Personal Protective Equipment During Covid-19 Pandemic in Resource Limited Settings-the Barest Minimum Needed, *Indian Journal of Practical Pediatrics*, 22, 83, **2021**.

17. Ozdemir O., Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Diagnosis and Management, *Erciyes Medical Journal*, 42, 242-248, **2020**.

18. Jing Q.L., Liu M.J., Zhang Z.B., Fang L.Q., Yuan J., Zhang A.R., Household Secondary Attack Rate of COVID-19 and Associated Determinants in Guangzhou, China: a Retrospective Cohort Study, *The Lancet Infectious Diseases*, 20, 1141-1150, **2020**.

19. Gallup N., Pringle A.M., Oberloier S., Tanikella N.G., and Pearce J.M., Parametric Nasopharyngeal Swab for Sampling COVID-19 and Other Respiratory Viruses: Open Source Design, *SLA 3-D Printing and UV Curing System, HardwareX*, 8, e00135, **2020**.

20. Li Y., Zhang R., Zhao J., and Molina M.J., Understanding Transmission and Intervention for the COVID-19 Pandemic in the United States, *Science of the Total Environment*, 748, 141560, **2020**.

21. Islam M.M., Ullah S.M.A., Mahmud S., and Raju S.T.U., Breathing aid Devices to Support Novel Coronavirus (COVID-19) Infected Patients, *SN Computer Science*, 1, 1-8, **2020**.

22. Zuniga J.M., and Cortes A., The Role of Additive Manufacturing and Antimicrobial Polymers in the COVID-19 Pandemic, *Expert Review of Medical Devices*, 17, 477-481, **2020**.

23. Tareq M.S., Rahman T., Hossain M., and Dorrington P., Additive Manufacturing and the COVID-19 Challenges: An in-depth Study, *Journal of Manufacturing Systems*, **2021**.

24. Curk T., Dobnikar J., and Frenkel D., Rational Design of Molecularly Imprinted Polymers, *Soft Matter*, 12, 35-44, **2016**.

25. Puoci F., "Monoclonal-Type" Plastic Antibodies for

COVID-19 Treatment: What Is the Idea?, *Journal of Functional Biomaterials*, 11, **2020**.
26. Parisi O.I., Dattilo M., Patitucci F., Malivindi R., Delbue S., Ferrante P., Design and Development of Plastic Antibodies Against SARS-CoV-2 RBD Based on Molecularly Imprinted Polymers that Inhibit in Vitro Virus Infection, *Nanoscale*, **2021**.