همه‌گیری کووید-۱۹ و استفاده از نانو فناوری در تولید ماسک‌های صورت

مهشید گلستانه

گروه شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

چکیده

با شیوع همه‌گیری کووید-۱۹ در اواخر سال ۱۳۹۸، استفاده از ماسک صورت، فاصله‌گذاری اجتماعی و رعایت بهداشت شخصی از جمله اقدامات پیشگیرانه در مقابل این بیماری معرفی شده است. از آن زمان تاکنون تلاش‌های فراوانی در سرتاسر جهان برای توسعه فناوری‌های مربوط به تصفیه هوا و تجهیزات حفاظت شخصی از جمله ماسک صورت گرفته است. این مقاله به بررسی ضرورت استفاده از ماسک صورت در پیشگیری از ابتلا به کووید-۱۹ و نوآوری‌هایی که برای بهبود عملکرد ماسک در طول بیش از یک سال گذشته رخ داده است می‌پردازد. نانوذرات، الیاف نانو و سایر فناوری‌های پیشگام مبتنی بر نانومواد در زنجیره تولید ماسک صورت برای بهبود عملکرد معرفی شده است. ساختار ماسک‌های N95 و روش ساخت آن توصیف شده است. در پایان مقاله هم به اثرات زیان‌بار ورود نانومواد مورد استفاده در ماسک‌ها و سایر تجهیزات پزشکی، دارویی و بهداشتی به محیط زیست اشاره شده است.

کلمات کلیدی: ماسک صورت، کووید-۱۹، نانوفناوری، ماسک N95

ایمیل نویسنده مسئول: m.golestaneh@cfu.ac.ir

۱-مقدمه

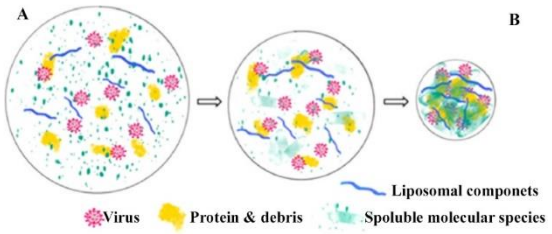
شیوع روزافزون بیماری‌های عفونی و نوظهور در دهه‌های اخیر به تهدیدی برای سلامت جامعه جهانی تبدیل شده است [۱]. یکی از آخرین بیماری‌های همه‌گیر، سندروم تنفسی کووید-۱۹ است که توسط ویروس SARS-CoV-2 ایجاد می‌شود و از بهمن ماه ۱۳۹۸ (ژانویه ۲۰۲۰) جهان را تحت تأثیر قرار داده است. کووید-۱۹ به عنوان یکی از مهم‌ترین پاندومی‌های چند قرن اخیر، بیش از یک سال است که زندگی و اقتصاد جامعه جهانی را مورد تهدید جدی قرار داده است. این بیماری که برای اولین بار در ووهان چین گزارش شد به سرعت در تمام نقاط جهان شیوع یافت و نشان داد که امروزه با توجه به ارتباطات تنگاتنگ جهانی، یک عامل بیماری زا که قادر به سرایت از انسان به انسان باشد می‌تواند دور از جایی که از اول آغاز شده است، باعث شیوع گسترده بیماری شود. پس از اعلام وضعیت پاندومی ناشی از کووید-۱۹، جامعه جهانی به دنبال یافتن راه‌های کنترل این بیماری برآمد. امروزه برای بسیاری از بیماری-های واگیردار و خطرناکی که پیشتر در مقیاس وسیع باعث بیماری می‌شدند واکسن وجود دارد. بنابراین، یکی از اقدامات انجام شده از زمان بروز همه‌گیری کووید-۱۹ تلاش برای ساختن واکسن یا واکسن‌های موثر برای آن بوده است. تلاش‌هایی که هنوز هم ادامه دارد.

کنترل هر بیماری عفونی مبتنی بر دانش نحوه انتقال آن است [۲]. مسیرهای انتقال بیماری‌های ویروسی متفاوت است، اما در کووید-۱۹، قطره‌های تنفسی بیشترین پتانسیل را در ایجاد بیماری داشته است. بهترین اقدامات غیر دارویی در برابر شیوع این بیماری، اقدامات اجتماعی یا رعایت فاصله‌گذاری اجتماعی است. در مواردی که رعایت فاصله ایمن امکان‌پذیر نباشد استفاده از تجهیزات حفاظت شخصی نظیر ماسک ضروری است. ماسک یک مانع فیزیکی برای خارج شدن قطرات مخاطی-بزاقی از افراد آلوده و ورود آن به سایر افراد است [۳]. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، قطرات تنها از ذرات ویروسی منفرد بدون پوشش ساخته نشده‌اند بلکه حاوی انواع متفاوتی از اجزای مخاط مانند پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، باکتری‌ها و بقایای سلولی از دستگاه تنفسی فوقانی، مواد چربی مانند ماده عال در سطح ریه، کلسترول و گونه‌های محلول مانند نمک و لاکتات هستند. این توده زیستی پس از نیمه خشک شدن، هسته قطره نامیده می‌شود و با داشتن آب تغلیظ شده، از ویروس‌ها در برابر ضدعفونی‌کننده‌ها و خشک شدن محافظت می‌کند [۴]. این دلیل اصلی زنده ماندن SARS-CoV-2 در سطوح متفاوت است.

یکی از بهترین گزینه‌ها برای جلوگیری از انتقال کرونا ویروس به دستگاه تنفسی استفاده از ماسک است. نقش ماسک‌ها به ویژه در کووید-۱۹ مهم است زیرا خیلی از افراد آلوده بدون داشتن هیچ علامتی می‌توانند ناقل بیماری باشند [۵]. به همین دلیل در ماه‌های اول شیوع کووید-۱۹ و افزایش تقاضای جهانی برای تولید ماسک، جهان با کمبود ماسک و مواد اولیه برای

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ تاریخ چاپ: ۱۴۰۰/۰۳/۱۰

تولید آن روبرو شد. بطوری که بسیاری از افراد را به سمت تولید ماسک‌های پارچه‌ای در منزل سوق داد. مهم‌ترین عملکرد ماسک در پیشگیری از کووید-۱۹، جلوگیری از خروج ذرات ویروسی از بینی و دهان افراد آلوده و ناقلین بدون علامت است.



شکل ۱. (الف) اجزای قطره و تشکیل هسته‌های قطره. (B) پایداری SARS-CoV-2 در سطوح متفاوت، رنگ آبی یا نارنجی حاصل از تیتر ویروس است [۶].

سال‌ها است پژوهش در زمینه بهبود کیفیت و عملکرد ماسک‌های صورت انجام می‌شود. این تحقیقات هم زمان با شیوع همه‌گیری کووید-۱۹ تسریع شده است. برای مثال طراحی ماسک‌های ضد ویروسی مبتنی بر فناوری نانو یکی از اقدامات مهم انجام شده در جلوگیری از انتشار بیشتر ویروس کووید-۱۹ است. فناوری نانو از طرق متفاوت پتانسیل عظیمی را در اختیار دارد: الف) در طراحی تجهیزات محافظ شخصی و پوشش‌های سطحی قادر به غیرفعال‌سازی ویروس و جلوگیری از شیوع آن است. (ب) در طراحی حسگرهای بسیار خاص برای شناسایی ویروس؛ (ج) در تولید داروهای جدید، (د) در تولید واکسن‌های مبتنی بر نانو [۶].

در این مقاله، سعی شده است تا از بین پتانسیل‌های نانوفناوری در کنترل کووید-۱۹ به نقش نانوفناوری در تولید ماسک‌های حاوی مواد نانو که عملکرد بالایی در برابر کرونا ویروس دارند پرداخته شود. انواع ماسک و ویژگی ها و ساختار آن‌ها توصیف شده است و در پایان هم به نگرانی‌های ناشی از ورود نانومواد بکار رفته در تولید این ماسک‌ها به محیط زیست و خطرات احتمالی آن‌ها برای محیط زیست اشاره شده است.

۲- تاریخچه استفاده از ماسک

نخستین شواهد استفاده از پوشش‌های پارچه‌ای شبیه ماسک صورت بر روی درب مقبره‌های ایرانی قابل مشاهده است. در یک سفرنامه قرن سیزدهم استفاده از روسری‌های ابریشمی توسط خادمان امپراطوری سلسله یوان ، احتمالاً برای جلوگیری از تأثیر نفس کشیدن بر غذای آماده شده، توصیف شده است. در قرن شانزدهم و با شیوع طاعون در شهر لندن، استفاده از وسیله‌ای شبیه ماسک رواج یافت که به ماسک منقار معروف بود. این وسیله ماسک مانند که توسط پزشکان استفاده می‌شد برای مقابله با بوهای نامطبوع با گیاهانی مانند میخک، دارچین یا کافور پر می‌شد. در همان زمان لئوناردو داوینچی استفاده از لباس‌های مرطوب را به عنوان فیلترهای تنفسی ترویج داد [۷]. در سال ۱۸۷۷، یک ماسک صورت با نام Nealy Smoke ثبت اختراع شد [۸] که از یک سری اسفنج‌های اشباع شده از آب و یک کیسه آب تشکیل شده بود که به وسیله بندی به گردن انداخته می‌شد و برای فیلتر کردن دود بکار می‌رفت. در سال ۱۸۹۹، یک پزشک فرانسوی ماسک صورت را از گاز پانسمان شش لایه تهیه کرد که نقطه شروع تولید ماسک‌های امروزی به شمار می‌رود [۷].

اما با شروع استفاده از مواد شیمیایی در جنگ جهانی اول، نیاز به تولید وسایل حفاظت تنفسی با کارایی بالا احساس شد [۸]. گسترش طاعون و آنفولانزای اسپانیایی باعث افزایش استفاده گسترده از اشیا شبیه ماسک در بین کارکنان مراکز بهداشتی و عموم مردم شد. در طول دهه ۱۹۳۰، ماسک‌های کاغذی یکبار مصرف رواج یافتند و در دهه ۱۹۶۰ ماسک‌های یک بار مصرف ساخته شده از الیاف مصنوعی بی‌بافت[1] مورد استفاده قرار گرفت. ماسک ساخته شده از الیاف بی‌بافت افزون بر سهولت و راحتی استفاده به دلیل فیلتر کردن هوای دم و بازدم و جلوگیری از گسترش قطرات تنفسی، تحولی بزرگ در تولید ماسک‌های صورت ایجاد کرد [۹].

۳- عوامل موثر در عملکرد ماسک

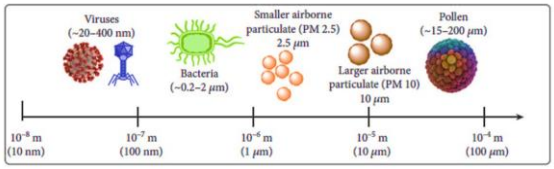
هر ماسک با توجه به ساختار و مواد مورد استفاده در ساخت آن، مقدار متفاوتی محافظت در برابر عوامل آلاینده و بیماری‌زا را به فرد استفاده‌کننده ارائه می‌دهد. امروزه ماسک‌های مدرن معمولاً از الیاف بسپاری بی‌بافت با ضخامت و تخلخل متفاوت ساخته می‌شوند. بر اساس کارایی فیلتر کردن، ماسک‌های محافظ را می‌توان به ماسک‌های یکبار مصرف، ماسک‌های N95 و ماسک‌های جراحی طبقه‌بندی کرد. همه این ماسک‌ها با هدف تأمین نوعی محافظت در برابر آلودگی‌های موجود در هوا از جمله گرده گل‌ها، بخارات شیمیایی و عوامل بیماری زا بکار می‌روند. ظرفیت فیلتر کردن و در نتیجه مقدار محافظت در برابر آلاینده‌ها و عوامل بیماری‌زا به مواد بکار رفته در ساخت ماسک و طراحی مهندسی آن بستگی دارد [۱۰و۱۱].

اندازه آلاینده‌های موجود در هوا بسیار متفاوت است (شکل ۲). ماسک‌های یکبار مصرف و ماسک‌های پارچه‌ای معمولاً از یک لایه نازک ساخته می‌شوند و نمی‌توانند ذرات بسیار ریز را فیلتر کنند، با این وجود هنوز هم می‌توانند جلوی انتشار قطرات بزرگ را بگیرند و در صورت محدود بودن عرضه ماسک در جامعه، مفید باشند. از سوی دیگر اندازه کوچک SARS-CoV-2 (۶۰ تا ۱۴۰ نانومتر [۱۲]) که کوچک‌تر از باکتری‌ها، گرد و غبار و گرده است باعث نگرانی است زیرا می‌تواند به ویروس اجازه عبور از ماسک‌هایی را بدهد که برای ذرات بزرگ‌تر از ۰/۳ میکرومتر آزمایش شده‌اند [۱۳]. بنابراین ماسک‌های ساخته شده از مواد با اندازه منافذ بزرگ‌تر از جمله پنبه و پارچه قادر به فیلتر کردن مؤثر این ویروس یا قطرات ریز ویروس نیستند. ذرات معلق در هوا (با قطر ۱/۰-۰/۲۵ میکرومتر) که ویروس را حمل می‌کنند، پس از عطسه، سرفه و تنفس فرد آلوده در هوا

[1] - Nonwoven

آزاد می‌شوند [۱۴]. از آنجا که این ویروس دارای دوره نهفتگی طولانی (۳-۲۰ روز) است و ناقلین بدون علامت نیز وجود دارند، استفاده از ماسک‌هایی با کارایی بهتر، فاصله‌گذاری اجتماعی و توجه به بهداشت شخصی برای جلوگیری از شیوع ویروس توصیه می‌شود.

افزون بر ظرفیت فیلتر کردن، عواملی مانند راحتی تنفس کاربر نیز در مدل‌های متفاوت متفاوت است. به عنوان مثال، اگرچه ماسک N95 از قابلیت فیلتر بیشتری نسبت به ماسک‌های جراحی برخوردار است، اما به دلیل سختی تنفس به هنگام استفاده (به ویژه پس از چندین ساعت استفاده) می‌تواند ایجاد ناراحتی کند.



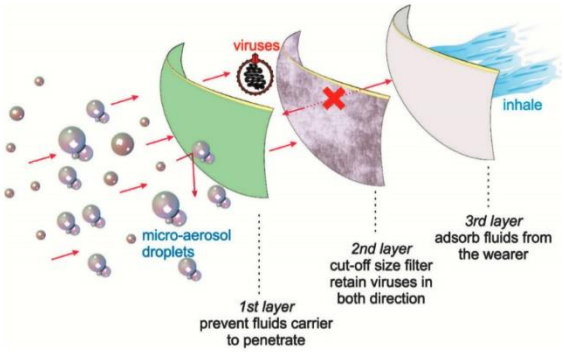
شکل ۲- اندازه نسبی آلودگی‌ها و عوامل بیماری‌زای رایج در هوا [۱].

۳-۱- ترکیب ماسک‌های جراحی و ماسک N95

مواد فیلتر کننده ماسک‌های صورت و ماسک N95 از پارچه‌های بی‌بافت ساخته شده‌اند که پس از استفاده دفع می‌شوند، زیرا استفاده مجدد آن‌ها باعث کاهش قابل توجه عملکرد فیلتر آن‌ها می‌شود. مزیت برجسته فناوری بی بافت کاهش هزینه نسبت به سایر فناوری‌های تولید پارچه‌ای مانند پارچه بافته شده است. مواد بسپاری مناسب برای تولید ماسک جراحی پلی پروپیلن، پلی اتیلن ترفتالات، پلی استایرن، پلی کربنات، پلی اتیلن، پلی استر و غیره است [۱۵]. این مواد به نسبت ارزان بوده و گرانروی ذوب کمی دارند. همچنین، این بسپارها شفاف و سبک بوده و شفافیت نوری بالایی نیز دارند. بنابراین، می‌توان آن‌ها را به صورت ماسک صورت برای محافظت از کووید-۱۹ به صورت سه بعدی چاپ کرد [۱۶].

۴- انواع ماسک

ماسک‌های جراحی جزو رایج‌ترین ماسک‌های محافظ صورت هستند که برای جلوگیری از پاشیده شدن قطرات تنفسی بزرگ، خون، مایعات بدن و ترشحات در حین عمل جراحی به بینی و دهان فرد استفاده‌کننده بکار می‌روند. این ماسک‌ها حداقل باید ۸۰٪ راندمان فیلتراسیون باکتری داشته باشند. اما باید توجه داشت که این ماسک‌ها محافظت قابل اطمینانی در برابر ذرات کوچک و ویروس‌های موجود در هوا ندارند [۱۷]. ماسک‌های جراحی از ۳ لایه تشکیل شده‌اند. لایه میانی بسیار ظریف با الیاف شیشه‌ای ظریف اضافی تشکیل شده‌اند و در دو طرف آن پارچه بی‌بافت گذاشته می‌شود (شکل ۳). لایه خارجی آبگریز است، در حالی که لایه داخلی جاذب است و با پوست فرد استفاده کننده تماس دارد. لایه میانی معمولاً از پلی پروپیلن ساخته می‌شود. این ماسک‌ها با وجودی که به خوبی بر روی صورت قرار می‌گیرند اما نمی‌توانند ذرات کوچک را فیلتر کنند. ماسک‌های جراحی بر اساس کارآیی آن‌ها در ۳ سطح طبقه‌بندی می‌شوند که در سطح ۳ دارای بالاترین اثر فیلتراسیون (< ۹۸٪ ذرات ۳/۰ میکرومتر) و حداکثر مقاومت در برابر مایعات هستند [۱۸].



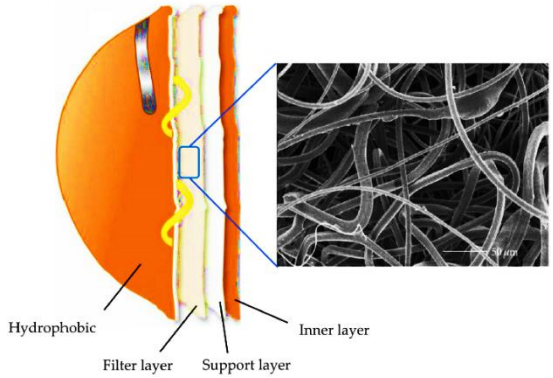
شکل ۳. ساختار ماسک جراحی [۱۸].

دسته دیگر ماسک‌ها که این روزها از محبوبیت ویژه‌ای برخوردار شده‌اند، ماسک‌های N95 هستند که بالاترین ظرفیت فیلتر (حداقل ۹۵٪ از ذرات ۰/۳ میکرومتر) را دارند و محکم روی صورت فرد استفاده کننده قرار می‌گیرند. ماسک N95 برای عملکردهای خاصی که متفاوت از ماسک‌های جراحی است (حتی اگر اغلب به نظر یکسان بیاید) تولید شده است [۱۹]. این ماسک‌ها معمولاً از چهار لایه تشکیل شده‌اند: یک لایه بی-بافت بیرونی آبگریز که ذرات ۰/۵ میکرومتر را فیلتر می‌کند، یک لایه فیلتر پلی پروپیلن بی‌بافت تولید شده با دمش ذوب[1]، یک لایه پشتیبان که ذرات با قطر ۰/۳ میکرومتر را فیلتر می‌کند و لایه داخلی که یک لایه بی‌بافت دیگر است (شکل ۴). این ماسک‌ها ممکن است یک دریچه اختیاری برای تنظیم تنفس داشته باشند [۶]. دو لایه محافظ خارجی با استفاده از اسپان باند[2] تولید می‌شود و قسمت داخلی و خارجی ماسک N95 را می‌پوشاند. بین لایه‌های اسپان باند یک لایه پیش فیلتراسیون قرار دارد. آخرین لایه یک ماده دی الکتریک بی‌بافت تولید شده با دمش ذوب با کیفیت بالا و مقدار فیلتراسیون بالاست. ماسک نهایی از طریق اتصال این لایه‌ها توسط اولتراسونیک و افزودن کش و نوارهای فلزی برای تنظیم ماسک روی صورت کاربر آماده می‌شود و پیش از توزیع در بازار، استریل می‌شود [۱۸].

استفاده از فناوری نانو باعث بهبود عملکرد منسوجات می‌شود. با توجه به اهمیت استفاده از ماسک در پیشگیری از ابتلا به کووید-۱۹، پاسخ جامعه تحقیقاتی نانو به بیماری همه¬گیر کووید-۱۹ از نظر طراحی تجهیزات محافظ شخصی سریع بوده است به طوری که تمرکز اصلی تحقیقات نانو در بیش از یک سال گذشته بر تولید واکسن، حسگرهای زیستی مبتنی بر نانو

[1] - Meltblowing
[2] - Spunbond

برای تشخیص سریع بیماری و تولید ماسک بوده است [۱۱-۱۶]. در این بین شرکت‌های منسوجات فعالانه به دنبال افزایش فناوری‌های نانو و نانومواد خاص برای تولید ماسکی با حداکثر کارایی فیلتر کردن ذرات تنفسی و ایجاد ویژگی ضد ویروسی و افزایش قابلیت تنفس بالا در این ماسک‌ها هستند. اندازه نانومواد به اندازه ذرات ویروس است اما به دلیل نسبت زیاد سطح به حجم، دارای خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی متفاوت با مواد بزرگ هستند [۲۰]. سطح، نقطه ذوب، فلورسانس، رسانایی الکتریکی، نفوذ پذیری مغناطیسی و واکنش پذیری شیمیایی از جمله خصوصیاتی هستند که به عنوان تابعی از اندازه ذره تغییر می‌کنند.



شکل ۴- ساختار ماسک N95 [۲۱]

۵- عوامل موثر در عملکرد ماسک

یک ماسک صورت ایده‌آل در ضمن کاربرد راحت باید از عملکرد مناسبی نیز در فیلتراسیون بیوآئروسل‌ها برخوردار باشد. عوامل خارجی تأثیرگذار بر کیفیت ماسک شامل رطوبت، دما و دفعات تنفس و راحتی است. سایر عوامل خارجی مؤثر بر فیلتراسیون ماسک شامل سرعت و الگوی جریان هوا، بار و اندازه ذرات ورودی و زمان در معرض قرار گرفتن با آلاینده یا عامل بیماری‌زا است.

کارایی ماسک به عوامل خارجی ذکر شده در بالا و همچنین به خصوصیات مواد از جمله ترکیب شیمیایی، ضخامت و نوع الیاف، تعداد لایه‌ها، قطر الیاف و دانسیته بار و نفوذپذیری هوا بستگی دارد [۲۲]. در میان همه این عوامل، اندازه ذرات، بار و مقدار جریان مهم‌ترین پارامترهایی هستند که باید در نظر گرفته شوند. برای ذرات کوچک مانند ویروس‌ها، در شرایط کم جریان، سازوکارهای انتشار و الکترواستاتیک غالب هستند. با افزایش مقدار جریان، رهگیری ذرات ویروسی در الیاف ماسک رخ می‌دهد. هنگامی که قطر الیاف به مقیاس نانو کاهش یابد، به دلیل افزایش سطح ویژه و تخلخل زیاد، بازده حذف آلاینده‌ها و عوامل بیماری‌زا به مقدار زیادی بهبود می‌یابد. در چنین شرایطی می‌توان با کاهش ضخامت، مقاومت هوا را کاهش داد [۱].

۶- استفاده از فناوری نانو در تولید ماسک

امکاناتی که فناوری نانو در برابر ویروس‌ها ارائه می‌دهد، بسیار زیاد است. وقتی ذرات ویروسی به سطح ماسک رسیده و از بین نروند، می‌توانند به پارچه ماسک نفوذ کنند. در این شرایط ماسک به یک جمع کننده میکرو ارگانیسم‌ها در یک محیط ریز و گرم تبدیل می‌شود. به همین دلیل، نانوذراتی که ویروس را هنگام عبور از ماسک غیرفعال می‌کنند، می‌توانند قطرات استنشاق / بازدم را هم ضد عفونی کنند. گرافن و گرافن اکسید می‌توانند عفونت محلول‌های حاوی SARS-CoV-2 در هنگام فیلتر شدن از طریق منسوجات (پنبه و پلی اورتان) را کاهش دهند. همچنین، افزودن گرافن به پارچه می‌تواند مقاومت مکانیکی، مقاومت در برابر شعله، رسانایی، مقاومت در برابر سایش و محافظت در برابر پرتو فرابنفش را بهبود بخشد [۲۳].

با توجه به آنچه که گفته شد با اصلاح خصوصیات فیزیکی ماسک‌ها با نانومواد می‌توان عملکرد آن را بهبود بخشید. به عنوان مثال از آن‌جا که شرایط گرم و مرطوب بقای میکرو ارگانیسم‌ها را تسهیل می‌کند، بهینه‌سازی حرارتی ماسک‌های صورت، به ویژه برای استفاده طولانی مدت مورد نیاز است. خصوصیات حرارتی عمدتاً توسط ضخامت الیاف تعیین می‌شود، اما ضخامت نیز با کارایی حذف ذرات (با افزایش ضخامت الیاف، بهبود می‌یابد) و نفوذپذیری هوا (با کاهش ضخامت الیاف، بهتر می‌شود) ارتباط تنگاتنگی دارد. برای مثال، استفاده از الیاف نانو بر روی پلی اتیلن نانومتخلخل باعث ایجاد اثر خنک‌کنندگی و فیلتراسیون مناسب ذرات در ماسک می‌شود [۲۴]. به نظر می‌رسد پوشش‌های بسپاری پلی اتیلن ایمین باعث چسبندگی برگشت‌ناپذیر ذرات ویروسی بر روی سطح و آسیب ساختاری به ویروس می‌شود. به‌طور خاص، ذرات ویروس از طریق فعل و انفعالات الکترواستاتیک و آبگریز به پوشش‌های آبگریز پلی کاتیونی می‌چسبند و در نتیجه آن نشت RNA ویروسی از ذرات ویروس رخ می‌دهد که ناشی از آسیب به ساختار ویروس است [۶].

۶-۱- نانو مواد موجود در ماسک صورت

نانومواد موجود در ماسک‌های صورت در بازار شامل دی اکسید مس، کربن، گرافن، نانو الماس، نانو نقره و دی اکسید تیتانیم است. بسپارهای مورد استفاده در ماسک‌ها شامل پلی پروپیلن، پلی اتیلن، پلی استرها، پلی آمیدها و پلی کربنات‌ها [۲۵] هستند. پارچه‌های پلی استری در مقایسه با الیاف طبیعی یا پنبه به دلیل توانایی کمتر در جذب آب یا رطوبت، بهتر می‌توانند بار ساکن را حفظ کنند [۲۶]. فیلترهای ماسک معمولاً از الیاف بی‌بافت مانند نمد پشم، کاغذ فایبرگلاس یا پلی پروپیلن ساخته می‌شوند [۲۵].

در حال حاضر طیف گسترده‌ای از مولکول‌های دارای خاصیت ضد میکروبی برای استفاده در منسوجات مورد استفاده قرار گرفته و تجاری شده‌اند. مواد کربنی مانند گرافن و مواد مبتنی بر گرافن، نقاط کوانتومی، نانولوله‌های کربنی چند جداره یا تک جداره بر روی انواع متفاوتی از میکروارگانیسم‌ها از جمله ویروس‌ها آزمایش شده‌اند. نقره، روی و مس گونه‌های شناخته

شده ضد باکتری هستند و می‌توانند در چندین مرحله از چرخه تولید مثل ویروس تداخل ایجاد کنند. برخی از این عناصر با موفقیت در الیاف نساجی گنجانده شده‌اند [۲۷].

نیم‌رساناهایی مانند تیتانیم دی اکسید (TiO_2) و نانوذرات حساس به نور آلی (مانند کورکومین و ریبوفلاوین) می‌توانند ویروس‌ها و باکتری‌ها را به صورت پویا از بین ببرند: وقتی این نانومواد در معرض نور قرار بگیرند، گونه‌های اکسیژن رادیکال تولید می‌کنند که به غشا، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها آسیب می‌رسانند [۲۸]. نانوالیاف حاوی نانوذرات TiO_2 برای ایجاد فیلترهای ضد میکروبی، همچنین، در ترکیب با نقره و گرافن تولید شده‌اند. برای این فعال‌سازی فوتوکاتالیستی، لایه پارچه‌ای حاوی گونه‌های نیم‌رسانا یا عوامل حساس به نور باید با استفاده از نور در طول موج مناسب به‌دست آید [۶].

۵-۲- نانوذرات مبتنی بر فلز

نانوذرات مبتنی بر فلز به دلیل سمیت کم برای انسان در غلظت‌های مؤثر برای غیر فعال‌سازی عوامل بیماری زا، یک میدان در حال رشد در مبارزه با عوامل بیماری زا هستند. دو سازوکار اصلی فعالیت میکروب کشی به شرح زیر است:

(۱) یون‌های فلزات به گروه‌های تیول (SH) در پروتئین‌ها، گروه‌های فسفاته ($-PO_4$) در ATP و DNA و سایر گروه‌های دارای بار منفی در دیواره سلولی / پوشش ویروسی متصل شده و آن‌ها را رسوب می‌دهند، بنابراین، باعث آسیب به عملکردهای مهم میکروب می‌شوند.

(۲) تولید گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر (ROS) از طریق تغییر در حالت اکسایش یا فعالیت فوتوکاتالیستی که باعث ایجاد تنش اکسایشی به میکروب‌ها می‌شود. در زیر تعدادی از نانوذرات فلزی متداول و سازوکار عملکرد آن‌ها در مقابل عوامل بیماری زا آورده شده است [۱]:

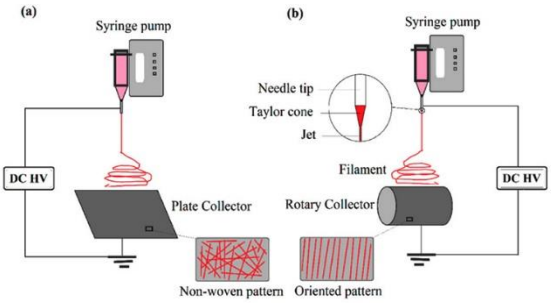
- نانوذرات نقره و ترکیبات آن دارای فعالیت‌های ضد میکروبی هستند و به عنوان پوشش در دستگاه‌های پزشکی کاربرد گسترده‌ای دارند. گزارش‌های زیادی در مورد افزودن ویژگی ضد میکروبی نانوذرات نقره به ماسک‌ها منتشر شده است. میل زیاد Ag^+ به SH سازوکار اصلی عمل است [۲۹].

- نانوذرات مس. مس و اکسید مس هر دو دارای ویژگی زیست کشی قوی هستند و در منسوجات و سایر محصولات دارای ویژگی ضد میکروبی و ضد ویروسی گنجانده شده‌اند [۳۰]. سازوکار اصلی عمل برای نانوذرات مس تولید ROS در طی اکسایش Cu(I) است.

- نانوذرات به عنوان فوتوکاتالیست. فوتوکاتالیست ها به طور معمول با تولید ROS از طریق واکنش‌های اکسایش کاتالیز شده توسط نور، عوامل بیماری زا و میکروب‌ها را غیرفعال می‌کنند [۳۱]. ماسک‌هایی با لایه تیتانیم اکسید -آپاتیت روی لایه خارجی پارچه بی‌بافت، فیلتراسیون و فعالیت فوتوکاتالیستی خوبی را نشان داده است.

۶-۳- استفاده از نانوالیاف الکتروریسی شده در تولید ماسک N95

در میان تمام روش‌های ساخت غشاهای نانوالیاف، الکتروریسی پرکاربردترین روش است [۳۲]. از الکتروریسی می‌توان برای تولید الیاف استفاده کرد، قطر حفرات الیاف تولید شده به این روش بین ۴۰ تا ۲۰۰۰ نانومتر متغیر است که برای کاربردهای پزشکی عالی است. افزون بر این، فیلترهای نانوالیاف الکتروریسی شده دارای نسبت سطح به حجم زیادی هستند که به‌طور قابل توجهی احتمال رسوب آلاینده‌ها را روی سطح الیاف افزایش می‌دهد و در نتیجه عملکرد فیلتر را توسعه می‌بخشد [۱۸]. الکتروریسی یک روش جدید، سریع، کم هزینه برای تولید الیاف نانو است که امکان کنترل دقیق ترکیبات و ویژگی‌های هندسی نانوالیاف را فراهم می‌کند. در الکتروریسی، ولتاژهای بالا به ذرات یا قطرات محلول بسپاری اعمال می‌شود تا کشش سطحی مایع و الیاف فوق ریز با قطر بین ۴۰ تا ۲۰۰۰ نانومتر از بین برود (شکل ۵). انتخاب غلظت مناسب محلول، ولتاژ مناسب و فضای بین جمع کننده نگهدارنده و نوک سرنگ از اهمیت قابل توجهی برای سنتز نانوالیاف یکنواخت برخوردار است [۳۳].



شکل ۵- فرایند الکتروریسی [۳۴]

۷- چالش های استفاده از نانو مواد در ساخت تجهیزات پزشکی و دارویی

پوشش های نانوذرات روی ماسک‌های صورت باید در برابر مالش و شستشو، با دوام و غیر سمی باشند [۶]. سرنوشت نانو ذرات جاسازی شده در منسوجات که گاهی از آن ها به عنوان " زباله‌های نانویی" یاد می‌شود، همچنان مبهم است. زباله‌های نانویی یک مشکل زیست محیطی هستند زیرا نسبت سطح به حجم زیاد مواد نانو باعث افزایش چشمگیر محتوای سمی در آن‌ها می‌شود هرچند که به دلیل مطالعات سم‌شناسی ناچیز، بیشتر خطرات نانو مواد برای سلامتی انسان و محیط زیست هنوز مشخص نشده اند [۳۵].

غلظت نانو ذرات آزاد شده در مایع حاصل از شستشوی منسوجات عامل دار شده با نانومواد به ترکیب مایع لباسشویی و روش شستشو بستگی دارد. منسوجات حاوی نانو ذرات نقره حاوی مقدار قابل توجهی نقره محلول و ذره‌ای هستند که بسته به فرآیند تولید و استفاده از آب فوق‌العاده خالص یا آب لوله-کشی برای شستشو آزاد می‌شوند [۶]. نانوذرات مس و نقره

می‌توانند تأثیرات مهمی در سلامتی و محیط زیست ایجاد کند از جمله ایجاد سمیت در بچه موش‌ها [۳۶] و اثرات سمی بر گونه‌های دریایی [۳۷]. اگرچه این مواد از نظر زیستی بی اثر طبقه‌بندی شده‌اند، اما شواهد فزاینده‌ای در مورد سمیت TiO_2 برای انسان و ارگانیسم‌های غیر هدف وجود دارد [۳۸].

محصولات نانوفناوری ساخته شده برای تماس مستقیم با پوست صورت باید از نظر پوستی به‌طور گسترده آزمایش شوند. استفاده از تجهیزات محافظتی، به ویژه هنگامی که به مدت طولانی روی صورت کارکنان بخش مراقبت‌های بهداشتی محکم بسته می‌شود، در حال حاضر نگرانی‌های پوستی را ایجاد کرده است [۷]. به عنوان مثال، TiO_2 نمی‌تواند به لایه‌های عمیق پوست نفوذ کند و می‌تواند یک نانومواد دوستدار پوست تلقی شود [۳۸].

اگر نانوذرات در لایه های ماسک محکم قرار نگیرند، می‌توانند به ریه‌ها وارد شوند. اثرات حاد در انسان ناشی از استنشاق نانوذرات نقره شامل نارسایی ریه، افزایش ضربان قلب و کاهش فشار اکسیژن خون شریانی است [۳۹]. به دلیل افزایش واکنش-پذیری، نانومواد ممکن است نیاز به آزمایشات اضافی داشته باشند تا اطمینان حاصل شود که تأثیر آن‌ها بر سلامتی انسان کم است. در حال حاضر هیچ دستورالعمل خاصی برای آزمایش نانومواد در سطح پوست در دسترس نیست.

کنترل قرار گرفتن در معرض مواد نانو باید توسط دولت‌ها انجام شود. آژانس‌های دولتی باید دستورالعمل‌هایی برای تولید محصولات مبتنی بر نانومواد ایجاد کرده و از رعایت این قوانین توسط شرکت‌های سازنده این مواد اطمینان حاصل کنند.

مقدار روزافزون نانوذرات منتشر شده در محیط، استراتژی‌های جدیدی را برای کشف و حذف مواد زائد انسانی، با انعقاد، شناورسازی، فیلتراسیون، اوزون‌سازی یا سایر فرآیندهای موجود در زباله‌های انسانی طلب می‌کند [۴۰]. تعداد شرکت‌های ساخت تجهیزات حفاظتی و خطر عدم کنترل صحیح قرار دادن نانو مواد در این تجهیزات در بازار افزایش یافته است. بنابراین باید سیستم‌های بهداشتی کشورها مصرف‌کنندگان را از خطرات بهداشتی مربوط به نانومواد آگاه کنند. کنترل دقیق انتشار مواد نانو از محصولات و دستورالعمل‌های دفع و شستشوی ایمن باید در اختیار کاربران قرار گیرد. سرانجام، مصرف‌کنندگان باید مقرراتی را رعایت کنند که از خود و محیط زیست محافظت کند.

نتیجه‌گیری

شیوع کووید-۱۹ یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن ۲۱ است. مهم‌ترین اقدامات پیشگیرانه در مقابل این ویروس کشنده، استفاده از ماسک صورت، حفظ بهداشت شخصی و رعایت فاصله‌گذاری اجتماعی است. این بیماری منجر به استفاده روزانه میلیاردها ماسک در سرتاسر جهان شده است. فناوری-های نانو با ساخت نانومواد با ویژگی‌های خاص برای تصفیه هوا نقش اساسی در تولید ماسک داشتند. در این مقاله به ضرورت استفاده از ماسک برای محافظت در مقابل کرونا ویروس پرداخته شده است. تاریخچه تکامل ماسک، استفاده از نانوفناوری در تولید ماسک‌هایی بررسی شد. همچنین، با توجه به حجم زیاد زباله‌های حاوی مواد نانو، برخی تمهیدات لازم برای دفع بی‌خطر یا کم خطر این نوع زباله‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

تقدیر و تشکر

نویسنده مقاله از دانشگاه فرهنگیان به دلیل حمایت از این مقاله تقدیر و تشکر می‌نماید.

۵. منابع

[1] M.H. Chua, W. Cheng, S.S. Goh et al., Research, 7286735, (2020).
[2] W.-j. Guan, Z.-y. Ni, Y. Hu et al., N. Engl. J. Med., 382, 1708–1720, (2020).
[3] C.C. Leung, T.H. Lam, K.K. Cheng, Lancet, 395, 945-947, (2020).
[4] H. Huang, C. Fan, M. Li et al., ACS Nano, 14, 3747–3754, (2020).
[5] Z. Gao, Y. Xu, C. Sun et al., J. Microbiol, Immunol., 54, 12-16, (2021).
[6] V. Palmieria, F.D. Maiod, M. D. Spiritob, M. Papib, Nano Today 37, 101077, (2021).
[7] G. Pullangott, U. Kannan, S. Gayathri, D.V. Kiran, S.M. Maliyekkal, RSC Adv., 11, 6544–6576 (2021).
[8] D. Spelce, T. R. Rehak, R.W. Metzler, J.S. Johnson, J. Int. Soc. Respir. Prot., 34, 128–135, (2017).
[9] B.J. Strasser, T. Schlich, Lancet, 396, 19–20 (2020).
[10] M. Nasrollahzadeh, M. Sajjadi, G.J. Soufi, S. Iravani, R.S. Varma, Nanomater., 10 1072, (2020).
[11] W.C.W. Chan, ACS Nano, 14, 3719–3720 (2020).
[12] N. Zhu, D. Zhang, W. Wang et al., N. Engl. J. Med., 382, 727–733, (2020).
[13] S. Asadi, C.D. Cappa, S. Barreda et al., Sci. Rep.,10, 15665, (2020).
[14] M.H. Chua, W. Cheng, S.S. Goh et al., Research, 2020, 7286735, (2020).
[15] B.P. Kurian, S. Daniel, S. Ghosh et al., J. Curr. Med. Res. Opin. 4, 762–772, (2021).
[16] S. Ishack, S. R. Lipner, Am. J. Med. 133, 771–773, (2020).
[17] K. O'Dowd, K.M. Nair, P. Forouzandeh, Mat. 13, 3363, (2020).
[18] W.K. Essa, S. A. Yasin, I.A. Saeed, G.A.M. Ali, Membranes, 11, 250 (2021).
[19] S. Rossettie, C. Perry, M. Pourghaed, M. Zumwalt, Southwest Respir. Crit. Care Chron., 8, 11–26 (2020).
[20] V. Valdiglesias, B. Laffon, Nanotoxicol., 14, 1013–1016, (2020).

[21] J. Fang, L. Zhang, D. Sutton, X. Wang, T. Lin, J. Nanomater. 2012, 382639, (2012).
[22] D. He, S. Zhao, Q. Lin et al., Int. J. Infect. Diseases, 94, 145–147, (2020).
[23] S. Bhattacharjee, R. Joshi, A. A. Chughtai, C.R. Macintyre, Adv. Mater. Interface, 6, 1900622 (2019).
[24] A. Yang, L. Cai, R. Zhang et al., Nano Lett. 17, 3506–3510 (2017).
[25] A. Tcharkhtchi, N. Abbasnezhad, M. Z. Seydani et al., Bioact. Mater. 6, 106–122 (2020).
[26] A. Konda, A. Prakash, G. A. Moss at al., ACS Nano, 14, 6339–6347, (2020).
[27] E.V.R. Campos, A.E.S. Pereira, J.L. de Oliveira et al., J. Nanobiotechnol., 18, 1–23, (2020).
[28] C. Weiss, M. Carriere, L. Fusco et al., ACS Nano, 14, 6383–6406, (2020).
[29] M.K. Rai, S.D. Deshmukh, A.P. Ingle, A.K. Gade, J. Appl. Microbiol., 112, 841–852, (2012).
[30] G. Borkow, J. Gabbay, Curr. Med. Chem., 12, 2163–2175, (2005).
[31] P. Ganguly, C. Byrne, A. Breen, S.C. Pillai, Appl. Catal. B: Environ., 225, 51–75, (2018).
[32] F.E. Ahmed, B.S. Lalia, R. Hashaikeh, Desalination, 356, 15–30, (2015).
[33] D.H. Reneker, I. Chun, Nanotechnol., 7, 216 (1996).
[34] H. Esfahani, R. Jose, S. Ramakrishna, Mat. 10, 1238, (2017).
[35] V. Valdiglesias, B. Laffon, Nanotoxicol., 14, 1013–1016, (2020).
[36] A. Adamcakova-Dodd, M.M. Monick, L.S. Powers et al., Part. Fibre. Toxicol. 12, 30- (2015).
[37] T.J. Baker, C.R. Tyler, T.S. Galloway, Environ. Pollut., 186, 257–271, (2014).
[38] Z. Luo, Z. Li, Z. Xie et al., Small, 2002019, (2020).
[39] N. Hadrup, A.K. Sharma, K. Loeschner, N.R. Jacobsen, Regul. Toxicol. Pharmacol. 115, 104690, (2020).
[40] M. Zhang, J. Yang, Z. Cai et al., Environ. Sci. Nano, 6, 709–735, (2019).

Covid-19 pandemic and the use of nanotechnology in the production of face masks

Mahshid Golestaneh
Department of Chemistry, Farhangian University, Tehran, Iran

Abstract

With the outbreak of the Covid-19 epidemic in late 1398, the use of face masks, social distancing, and personal hygiene were introduced as preventive measures against this disease. Since then, many efforts have been made around the world to develop technologies related to air purification and personal protective equipment, including masks. By emphasizing the role of face masks in preventing Covid-19 infection, this article investigated the innovations and advances that have been made over the past year to improve the performance of face masks. Nanoparticles, nanofibers, and other nanomaterial-based technologies have been introduced in mask production chains to improve performance and confer antiviral properties. The structure of surgical masks and N95 masks and their manufacturing methods are described. At the end of the article, the possible future consequences caused by nanomaterials used in face masks and other medical, pharmaceutical, and health equipment on the environment are investigated.

Keywords: Face mask, Covid-19, Nanotechnology, Mask N95