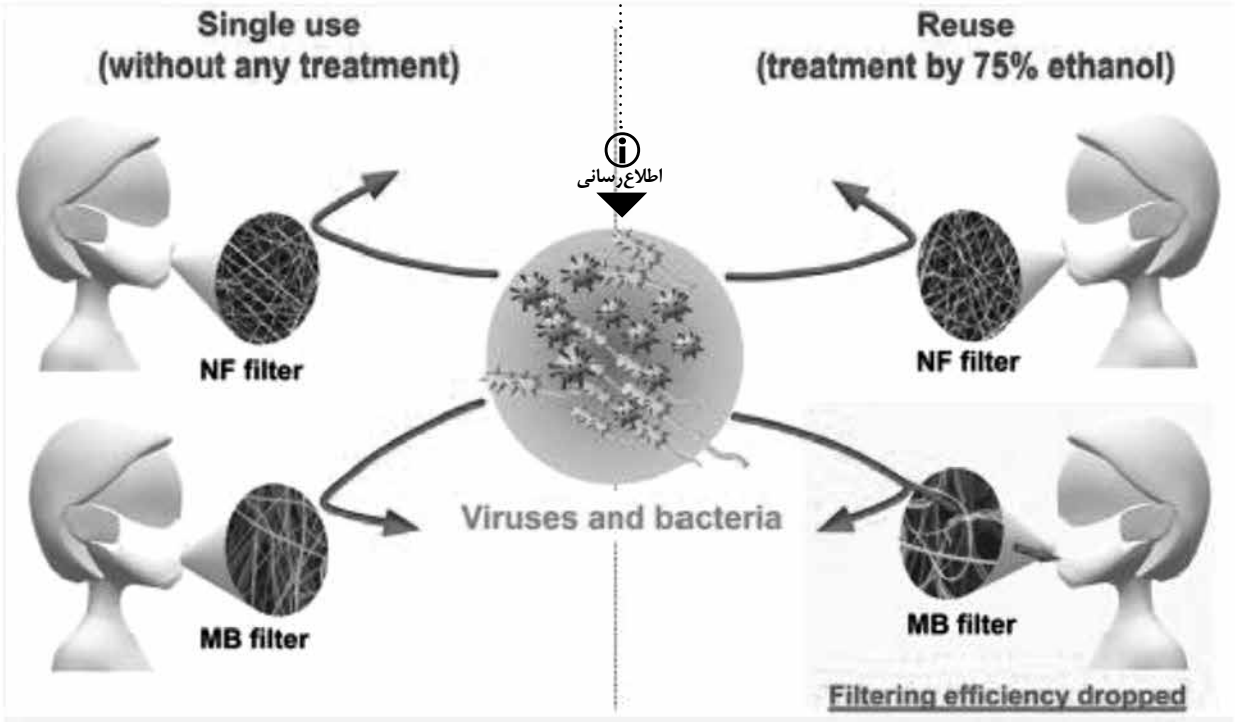


ارزیابی قابلیت استفاده مجدد فیلترهای تهیه شده از نانو الیاف و منسوجات ملت

مترجم: دکتر مژده قهرمانی هنرور*

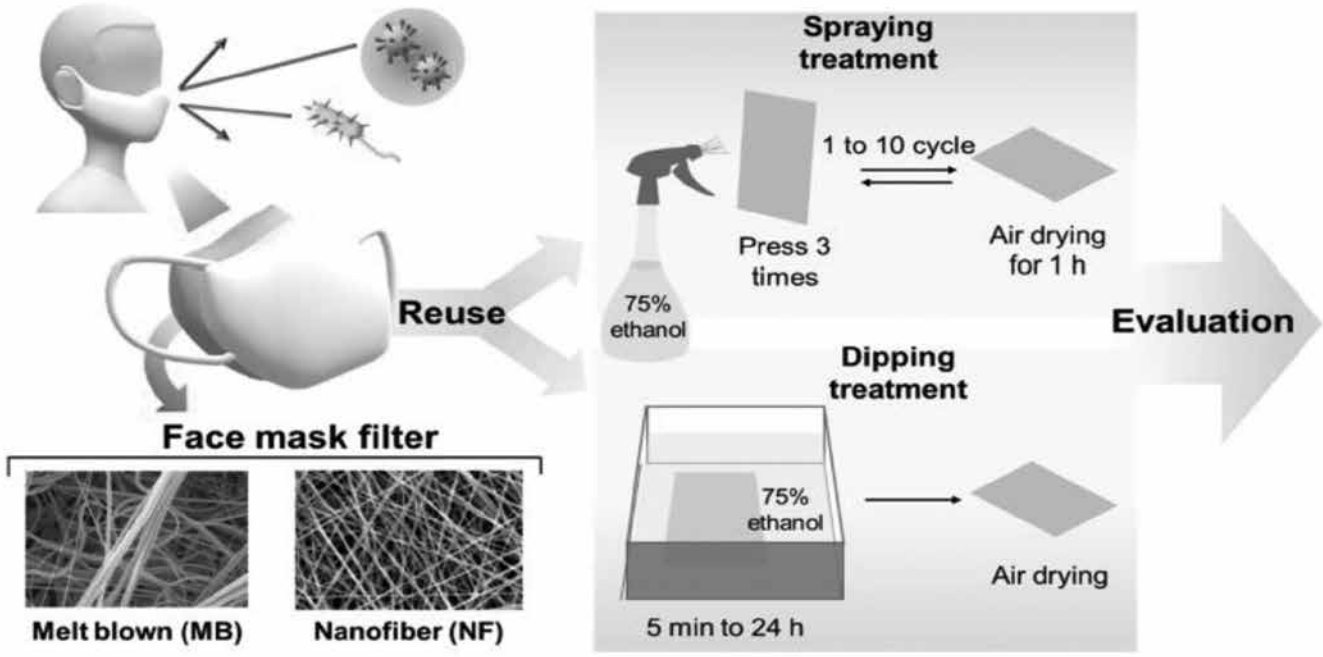
مقدمه

از زمان پیدایش نوع جدید ویروس کرونا (COVID-19)، تعداد افراد آلوده به طور تصاعدی در حال افزایش است. براساس آمار سازمان بهداشت جهانی (WHO)، ۶۶۶۳۳۰۴ مورد COVID-19 تا ۶ ژوئن سال ۲۰۲۰ گزارش شده است. اطلاعات محدودی در مورد مشخصات بالینی COVID-19 وجود دارد. برخی از علائم و پارامترهای اصلی برای بررسی وجود COVID-19 در بیمار گزارش شده است. از زمان ابتلا به اولین عفونت در اوایل دسامبر ۲۰۱۹ ، مطالعات گسترده‌ای در مورد منشا، علائم، روند عفونت، انتقال عفونت از فرد به فرد، تهیه احتمالی واکسن و اقدامات احتیاطی صورت گرفته است. برخی از محققان ادعا کردند استفاده از ماسک صورت N95، که یکی از بهترین ماسک‌های تنفسی شناخته شده در این مورد می‌باشد، درصورتی‌که فقط به صورت یکبار مصرف استفاده شود سبب غیرفعال کردن ویروس کرونا می‌گردد.

تجهیزات حفاظت شخصی (PPE) از زمان بروز بیماری همه‌گیر COVID-19 به یک موضوع حیاتی تبدیل شده است. مقامات و نهادهای بالاتر از جمله WHO نگران کمبود ماسک‌های تنفسی هستند و حتی اگر ماسک پزشکی در بازار موجود نباشد، استفاده عمومی از ماسک پارچه‌ای را پیشنهاد می‌کنند. چین تولیدکننده عمده ماسک‌های صورت با تقریباً ۵۰ درصد سهم در مصرف جهانی ماسک‌های صورت است. با این حال، شیوع گسترده COVID-19 بر تولید و عرضه ماسک‌های تنفسی در سراسر جهان تأثیر منفی گذاشته و کشورهایی که توانایی تولید ماسک صورت را دارند نیز از کمبود ماسک تنفسی رنج می‌برند.

این کشورها شامل کشورهای پیشرفته مانند اتحادیه اروپا، ایالات متحده ژاپن و انگلیس می‌باشند که در تولید ماسک تنفسی N95، یکی از بهترین فیلترهایی که تاکنون برای این ویروس شناخته شده، به صورت یکبار مصرف فعالیت دارند. گزارش شده است که COVID-19 می‌تواند به مدت یک هفته در سطح خارجی ماسک به صورت زنده باقی بماند. این امر منجر به انجام اقداماتی در جهت از بین بردن ویروس‌های قرار گرفته بر روی سطح و استفاده مجدد از ماسک شده است. مطالعات فعلی برای استرلیزه نمودن ماسک‌های تنفسی N95 با استفاده از نور UV انجام شده است.

به‌طور کلی، فیلتر N95 از الیاف ملت بلون (MB) تولید می‌شود ولی در حال حاضر با ورود تکنولوژی نانو و تولید نانوذرات از این فن‌آوری در جهت بالا بردن عملکرد ماسک‌های N95 استفاده شده است. در ماسک‌های N95 رطوبت مطلق قابل توجهی در داخل سطح ماسک گزارش شده است که این مقدار در ماسک‌های تکمیل شده با ذرات نانو نسبتاً کمتر شده و سبب راحتی در پوشش گردیده است. در مقایسه‌ای که بین ماسک‌های جراحی و N95 انجام شده است مشخص گردیده که نفوذپذیری هوا و نفوذ بخار آب به میزان قابل توجهی در ماسک‌های N95 نسبت به ماسک‌های جراحی کمتر است. همچنین بررسی‌ها نشان داده است که ماسک‌های N95 می‌توانند ٪۹۷ از اجسام خارجی را فیلتر کنند، در حالی که ماسک‌های جراحی می‌توانند تا ٪۹۵ کارایی داشته باشند. ماسک‌های جراحی تکمیل شده با ذرات نانو می‌توانند عملکردهای محافظتی دیگری در جلوگیری از انتشار مویرگی و فعالیت‌های ضدباکتری ایجاد کنند. مطالعه انجام شده جهت



شکل ۱. نمودار شماتیک در روش‌های پاششی و غوطه‌وری فیلترهای ماسک تنفسی با استفاده از اتانول ۷۵٪ برای ارزیابی قابلیت استفاده مجدد

بررسی و مقایشه بازدهی فیلتراسیون ماسک N95 و ماسک‌های جراحی در برابر ویروس‌های منتشر شده از طریق هوا می‌باشد.

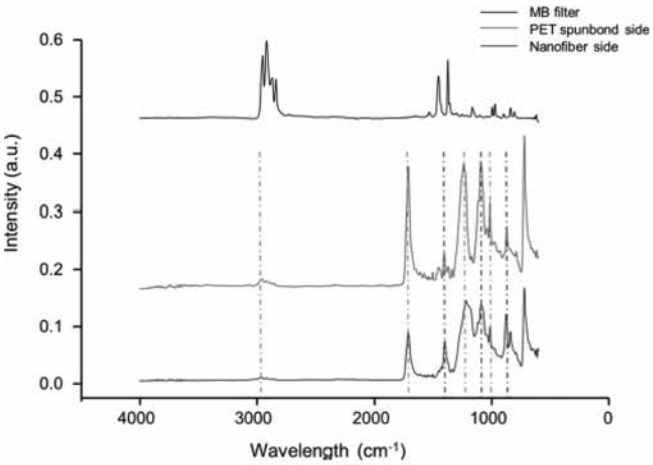
مقایسه فیلترهای تهیه شده از روش ملت بلون و فن آوری نانو :

بر طبق بررسی‌های انجام شده مشخص گردیده که ماسک‌های تنفسیN95 بازده فیلتراسیون بالایی در برابر ذرات با ابعاد بسیار کوچک ندارند اما بسیار کارآمدتر از ماسک‌های جراحی در برابر عوامل ایجادکننده عفونت در محدوده ۱۰-۸۰ نانومتر هستند. یک نظرسنجی در مورد خطرات موجود در ایجاد سردرد به دلیل استفاده از دستگاه تنفس N95 وجود دارد. آنها گزارش دادند که سطح رطوبت بالاتر، مقاومت در برابر نفس و تجمع گرما در داخل ماسک‌ها منجر به سردرد می‌شود. بنابراین، پیشنهاد شده است که استفاده کوتاه‌مدت از ماسک می‌تواند به طور قابل توجهی از شدت سردردها بکاهد. همچنین یک نظرسنجی در مورد سطح محافظت از ماسک‌های جراحی در مقابل ماسک‌های N95 برای جلوگیری از آنفلوانزا در بین کارکنان مراقبت‌های بهداشتی انجام شده و گزارش شده است که ماسک‌های N95 در محافظت در برابر آنفلوانزا بهتر از ماسک‌های جراحی نیستند.

نانوالیاف دارای کاربردهای گسترده‌ای در بخش‌های بهداشت و درمان، مهندسی محیط زیست و ذخیره انرژی هستند. در حال حاضر، در برخی از کشورها از جمله کره، ژاپن، ایالات متحده آمریکا و کشورهای اروپایی، نانوالیاف به صورت صنعتی تولید می‌شوند. الیاف نانو به دلیل ویژگی‌های متمایز آنها از جمله سطح انرژی بالاتر که می‌تواند خواص مطلوبی مانند مورفولوژی یکنواخت، سازگاری در خصوصیات ساختاری ایجاد کند می‌تواند بهترین جایگزین برای الیاف میکرو و فیلم‌های نازک باشد و با تکنیک‌های ساده می‌توان سطوح را توسط نانوالیاف پوشش داد. بنابراین، به تدریج صنعت تولید نانو الیاف برای تولید انواع فیلترها از جمله ماسک‌های تنفسی در جهان مورد استفاده قرار گرفته است. یک مطالعه مقایسه‌ای بر روی ویژگی‌های عملکرد ماسک فیلتر هوا مبتنی بر فن‌آوری ملت بلون (N95) و نیز ماسک تهیه شده از نانوالیاف برای ارزیابی قابلیت استفاده مجدد پس از تمیز کردن (از طریق روش‌های پاششی و غوطه‌وری) با استفاده از اتانول ۷۵٪ انجام شده است (مقایسه از طریق تعیین نفوذپذیری هوا، سطح، خواص مورفولوژیکی تخلخل و عملکرد فیلتراسیون انجام شده) (شکل ۱).

نتایج:

نتایج مطالعه فیزیکی و شیمیایی انجام شده بر روی طیف FTIR فیلترهای ملت بلون (MB) و نانوالیاف (NF) در شکل ۲ نشان داده شده است. طیف FTIR



شکل ۲. طیف‌های FTIR-ATR فیلتر MB و فیلتر NF (هر دو حالت ؛ نانوالیاف و اسپان باند). طیف های FTIR فیلتر MB حاصل از الیاف پلی‌پروپیلن و استفاده از ترکیب PET و PVDF در فیلتر NF

فیلترها پلیمرهای بکار رفته در آنها را تایید می‌نماید:

ارزیابی عملکرد فیلترها پس از پاکسازی توسط اتانول:

برای ارزیابی قابلیت استفاده مجدد فیلترهای ماسک صورت MB و F، از دو نوع روش متداول پاکسازی شامل پاشش اتانول ۷۵٪ تا ۱۰ بار تکرار (هر بار پاشش با فشاری معادل ۳ برابر فشار سمپاشی) و غوطه‌وری در اتانول ۷۵٪ استفاده شده است. تمام پارامترهای ممکن جهت مقایسه عملکرد فیلترهای MB و NF قبل و بعد از تمیز کردن با اتانول، ثابت در نظر گرفته شده‌اند.

ارزیابی نفوذپذیری هوا:

ابتدا نفوذپذیری هوا (میزان جریان هوا) در هر دو فیلتر اندازه‌گیری شده است: (شکل a۳)

همانطور که مشاهده می‌شود نفوذپذیری هوا (در واحد cfm) در فیلتر ملت بلون MB ~ 27.2 cfm به عنوان مقدار متوسط قبل از پاکسازی توسط اتانول ثبت شده است. بعد از پاکسازی توسط اتانول، در هر دو روش پاکسازی، تفاوت معنی داری در نفوذپذیری هوا مشاهده نشده است.

در مورد فیلتر NF، نفوذپذیری هوا قبل از تمیز کردن حدود ۱۷٫۰ cfm گزارش شده است که پس از پاکسازی توسط اتانول این مقدار تا حدودی کاهش می یابد. از آنجا که فیلتر NF تهیه شده از پلیمر PVDF در این کار بر روی لایه نگهدارنده اسپان باند از جنس (PET) قرار گرفته است، ممکن است یکی از احتمالات این است که وقتی فیلتر NF با اتانول تصفیه می شود، PET به دی اتیلن یا مونو اتیلن تجزیه شده باشد. با اینکه تجزیه ٪100 PET فقط در شرایط فوق بحرانی امکان پذیر است ولی به طور جزیی امکان تجزیه در شرایط غیر بحرانی وجود دارد. بنابراین، تجزیه جزیی PET ممکن است سبب تغییراتی در مرفولوژی سطح لایه فیلتر NF ایجاد نماید و از این طریق اندازه منافذ را کاهش دهد.

بنابراین، می توان نتیجه گرفت با پاکسازی توسط اتانول، توسط هر دو روش پاششی و غوطه وری، تأثیر قابل توجهی در نفوذ پذیری هوا بر روی فیلتر MB ندارد ولی در مورد فیلتر NF نفوذپذیری هوا تا حدودی کاهش می یابد.

ارزیابی افت فشار:

پارامتر افت فشار جهت تجزیه و تحلیل مشکلات تنفسی در هنگام استفاده از ماسک‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و قطعاً هر چه میزان این پارامتر باشد تنفس به سختی انجام شده و سبب کاهش راحتی پوشش می‌گردد. پارامتر افت فشار به میزان تخلخل و مورفولوژی سطح فیلتر بستگی دارد.

همانطور که در شکل b۳ مشاهده می شود افت فشار برای ماسک MB کمتر از فیلتر NF است. در مورد فیلتر MB، هنگام پاکسازی با اتانول افت فشار قابل توجهی مشاهده نشده است در حالیکه افت فشار در فیلتر NF هنگام پاکسازی با اتانول افزایش یافته است که البته این میزان تغییرات در محدوده استفاده ایمن می‌باشد.

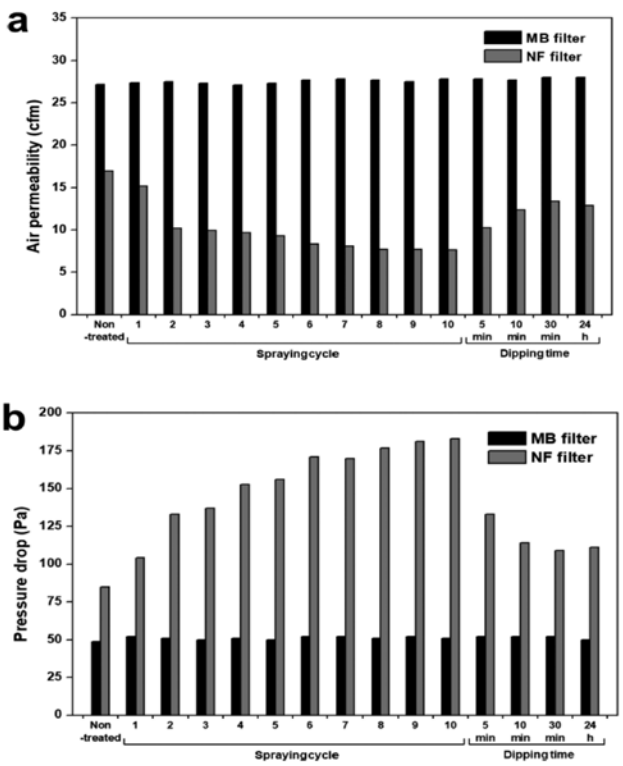
از آنجا که PET در اتانول پایدار نیست، تجزیه جزئی پلیمری ممکن است باعث شود فیلتر NF در برابر هوا به میزان بیشتری مقاومت کند و به طور همزمان باعث ایجاد کمی نا یکنواخت سطحی نیز می شود. با این حال، در این مرحله از تحقیقات، هیچ چیز قطعی نیست و در مورد مکانیسم احتمالی افزایش فشار در مورد PET تحت پاکسازی با اتانول نیاز به بررسی های بیشتری می باشد.

ارزیابی انتقال رطوبت:

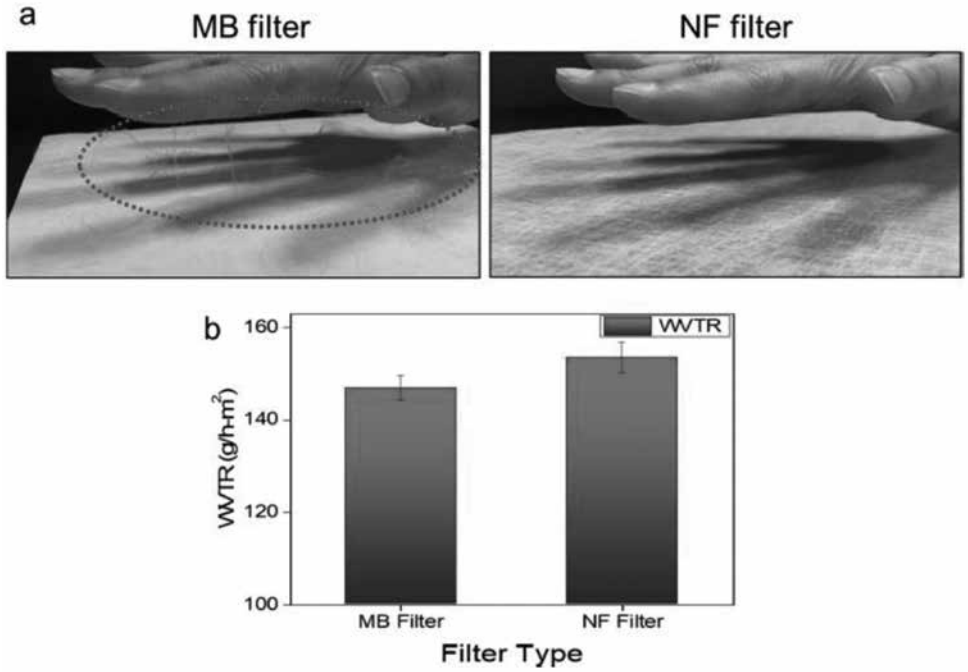
تنفس راحت در زمان استفاده از ماسک، به سرعت انتقال رطوبت از طریق فیلتر نیز بستگی دارد. نتایج آزمون تنفس برای ارزیابی (میزان انتقال بخار آب) WVTR در شکل b۴ نشان داده شده است:

همانطور که مشاهده می‌شود میزان WVTR فیلتر NF از فیلتر MB بالاتر می‌باشد که این نتیجه ممکن است دو دلیل داشته باشد. از طرفی ساختار اسفنجی مانند فیلتر MB که در برابر رطوبت مقاومت می کند، سبب می شود زمان عبور از فیلتر طولانی تر شود. در حالیکه فیلتر NF دارای ساختار ظریف تر، مورفولوژی یکنواخت‌تر و منافذ یکنواخت با ابعاد کمتر می باشد که اجازه می دهد بخار آب با بازدهی بیشتری از فیلتر عبور نماید.

در آزمایش افت فشار و بازدهی فیلتراسیون طبق استاندارد ASTM از ذرات NaCl استفاده شده است، اما در مورد WVTR، هیچ نمکی در آب وجود ندارد و از آنجا که اندازه ذرات NaCl از قطر منافذ فیلترهای NF بزرگتر است، افت فشار در مورد فیلتر NF بالاتر ثبت شده است. با این حال، اندازه ذرات بخار آب کمتری بوده و به راحتی می تواند از طریق هر دو فیلتر عبور کند.



شکل ۳. (a) نفوذپذیری هوا و (b) افت فشار برای فیلترهای ماسک صورت MB و NF قبل و بعد از پاشش و غوطه‌وری با استفاده از اتانول ۷۵٪.



شکل ٤. (a) مشاهده بار ثابت در سطوح فیلترهای ماسک صورت MB و b) NF) میزان انتقال بخار آب فیلترهای MB و NF.

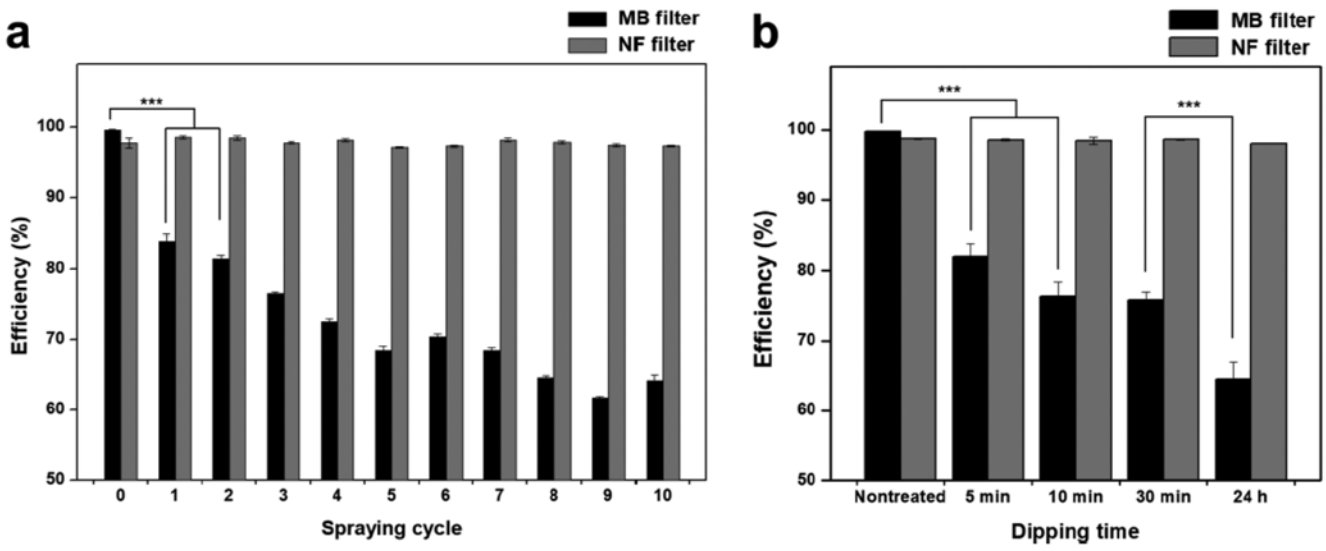
بازدهی فیلتراسیون:

بازدهی فیلتراسیون یکی از مهمترین نگرانی‌ها در مورد معیارهای عملکرد ماسک تنفسی است. بنابراین، آزمون کارایی فیلتراسیون برای بررسی اعتبار استفاده مجدد از ماسک ها پس از پاکسازی توسط اتانول مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج حاصله در شکل ۵ نشان داده شده است:

بازدهی فیلتراسیون در فیلتر MB پس از یک مرحله پاشش اتانول و نیز ۱۰ بار پاشش، به ترتیب به ۸۴ و ۶۲ درصد کاهش یافته است (شکل a۴).

مشابه روش پاشش، بازده فیلتراسیون فیلتر MB پس از ۵ دقیقه به ۶۵ و پس از ۲۴ ساعت فرو بردن در اتانول به ۸۲ درصد کاهش یافته است (شکل b۴).

بنابراین، کاهش قابل توجه بازدهی فیلتراسیون در فیلتر MB پس از پاکسازی توسط اتانول می تواند به یک نتیجه گیری واضح منجر شود که فیلتر MB (که اغلب در ماسک‌های تنفسی با کیفیت بالا مانند N95 استفاده می شود) تنها برای یکبار استفاده مناسب می باشد و استفاده مجدد از آن مناسب نمی باشد. همانطور که در شکل a۴ مشاهده می‌شود این لایه پس از پاکسازی توسط اتانول، شاهد از بین رفتن بار سطحی ساکن فیلتر MB هستیم. از بین رفتن بار ساکن فیلتر (که به طور مستقیم با کارایی فیلتر MB در ارتباط است) یکی از دلایل احتمالی کاهش بازدهی فیلتراسیون پس از پاکسازی توسط اتانول می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه در فیلتر NF هیچ بار ثابتی در سطح خود ندارد و عملا بازدهی فیلتراسیون



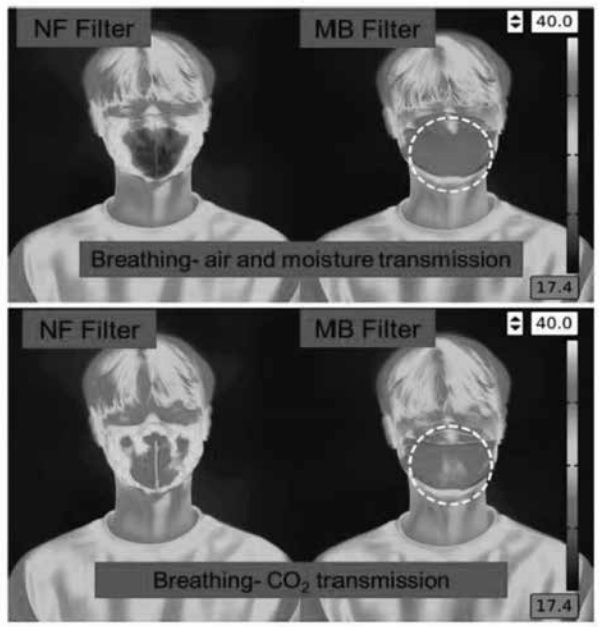
شکل ۵. کارایی فیلتراسیون ماسک صورت MB و NF با توجه به (a) تعداد دفعات در روش پاکسازی پاششی و (b) زمان غوطه‌وری

تنها ناشی از ابعاد الیاف تشکیل‌دهنده و ابعاد منافذ شکل گرفته بر روی سطح لایه می باشد می توان گفت بازدهی این نوع فیلتر قبل و بعد از پاکسازی توسط اتانول ثابت بوده و در محدوده ۹۸٪ می باشد (شکل ۵). همچنین در بررسی نتایج آزمون بازدهی فیلتراسیون، فیلتر NF به دلیل ساختار یکنواخت منافذ، بازدهی ثابتی را نشان می دهد در حالی که در فیلتر MB بازدهی فیلتراسیون در اثر پاکسازی با اتانول کاهش می یابد.

نتیجه گیری از ویژگی های عملکرد، افت فشار و نفوذ پذیری هوا در مورد فیلتر MB بهتر از NF بوده است. با این حال نتایج راحتی تنفس دقیقا برعکس گزارش شده است. بنابراین، افت فشار نشانگر راحتی یا ناراحتی تنفسی نیست. در مورد اندازه گیری افت فشار، از ذرات NaCl استفاده می‌شود که اندازه ذرات بیشتری نسبت به هوا دارند، بنابراین افت فشار نمی تواند مبنایی برای نمایش راحتی تنفس باشد. نتایج WVTR همچنین تأیید کرد که عملکرد تنفس هر دو نوع فیلتر برای استفاده عملی مناسب می باشد.

علاوه بر این، مشاهده شده است که زمان خشک شدن فیلترهای MB (حدود ۳ ساعت) نسبت به فیلترهای NF (حدود۱۰ دقیقه) طولانی‌تر می باشد. با توجه به شیوع همه‌گیر ویروس کرونا، در حال حاضر زمان خشک شدن فیلترها نیز عامل مهمی برای بررسی خواهد بود زیرا برخی مطالعات گزارش داده اند که ماسک N95 مبتنی بر فیلتر MB به دلیل محیط مرطوبی که در اطراف آن ایجاد می شود و زمان خشک شدن لایه نیز طولانی می‌باشد، محیط مطلوبی را برای ویروس ها و باکتری ها ایجاد می نماید.

علاوه بر نفوذ هوا و افت فشار، فیلترهای ماسک باید از ویژگی های راحتی تنفس برای استفاده کنندگان برخوردار باشند. بنابراین، انتقال هوا ، رطوبت و دی اکسید کربن (CO_2) با استفاده از دوربین حرارتی مادون قرمز ارزیابی شد. به وضوح مشاهده شده است که فیلتر NF راحتی تنفسی بالایی را با رفتار حرارتی مناسب نسبت به فیلتر MB به نمایش می گذارد (شکل a ۶).



شکل ٦. ارزیابی راحتی تنفس توسط دوربین حرارتی مادون قرمز: (a) انتقال هوا و رطوبت و (b) انتقال CO_2.

فیلتر NF دارای مرفولوژی یکنواخت با قطر تقریبی منافذ ۵۰–۱۰۰ نانومتر است که بزرگتر از اندازه ذرات هوا (~۴ نانومتر) است بوده و کوچکتر از ابعاد ذرات معلق در هوا و نیز باکتری ها و ویروس ها (به عنوان مثال اندازه ذرات ویروس کرونا در محدوده ۸۰–۱۶۰ نانومتر است) می باشد. توزیع یکنواخت قطر منافذ فیلتر NF می تواند یکی از دلایل احتمالی راحتی تنفس و همچنین کارایی بالاتر و پایدار فیلتراسیون باشد. در مورد فیلتر MB، توزیع قطر به دلیل مورفولوژی غیر یکنواخت گسترده تر بوده که می تواند دلیل احتمالی برای کاهش انتقال حرارت و CO_2 و مواد خارجی باشد. شکل b ۶ مکانیسم انتشار CO_2 هر دو نوع فیلتر را نشان می دهد. می‌توان مشاهده کرد که فیلتر MB در مقایسه با فیلتر NF انتشار ضعیفی را نشان می دهد. این پدیده می تواند به دلیل ساختار اسفنج مانند، ضخامت بالاتر و قطر غیر یکنواخت منافذ فیلتر MB باشد. فیلتر NF به‌طور کلی نازک‌تر و یکنواخت‌تر است و به مولکول های CO_2 اجازه عبور سریعتر را می‌دهد.

ارزیابی تغییرات مرفولوژی سطح هر دو نوع فیلتر قبل و بعد از پاکسازی با اتانول ۷۵٪ (در هر دو روش پاشش و غوطه وری) مورد بررسی قرار گرفته است:

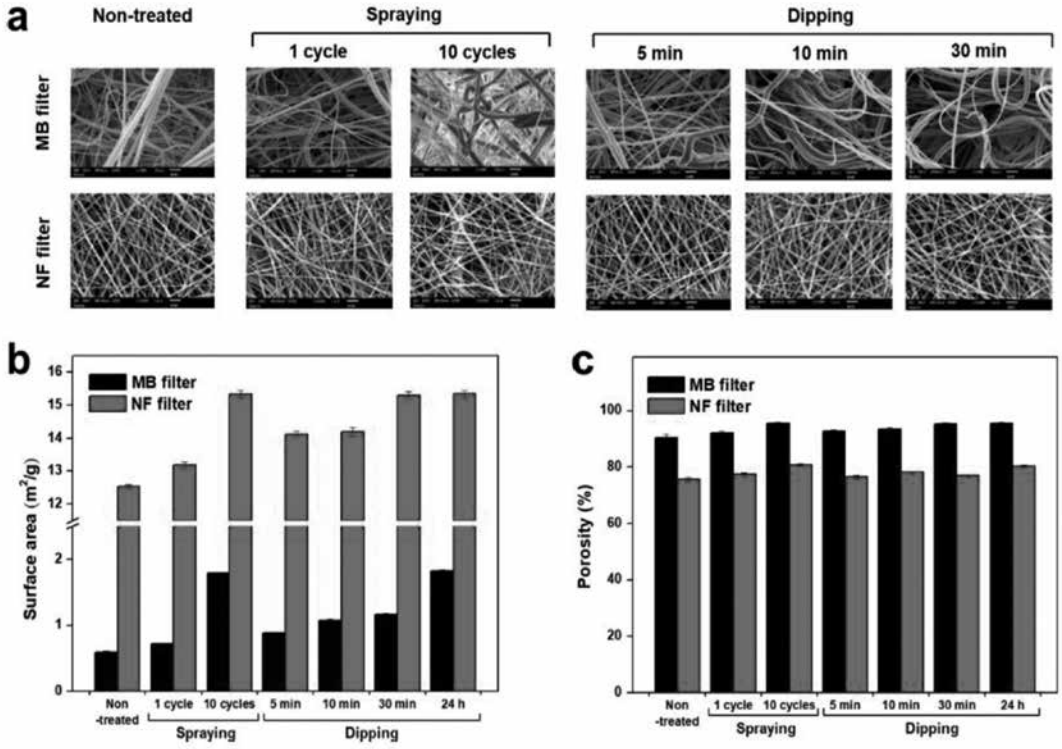
ابتدا از طریق تجزیه و تحلیل SEM، تأیید شده است که تغییر معنی‌داری در مورفولوژی فیلتر NF بعد از پاکسازی با اتانول مشاهده نشده است (شکل a۷). فیلتر NF دارای مورفولوژی یکنواخت و بدون تشکیل بید در طی فرآیند الکتروریسی بوده است و قطر نانوالیاف برای همه نمونه ها یکنواخت می باشد. همچنین مشاهده شده است که هیچ تغییر مورفولوژیکی در نانوالیاف حتی پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در اتانول و یا ۱۰ بار پاشش وجود ندارد.

در مورد فیلتر MB، مورفولوژی غیر یکنواخت با طیف گسترده‌ای از قطرها به وضوح در شکل a۷ مشاهده می شود. در تصاویر حاصله از SEM، قطر الیاف MB در ابعاد کمتر از میکرومتر تا ابعاد بالاتر قابل مشاهده است و هیچ آرایش یافتگی مشخصی از الیاف در لایه مشاهده نمی‌شود. با این حال، نتایج حاصله از تصاویر SEM تایید می‌نماید که در فیلتر MB نیز پس از پاکسازی با اتانول، از نظر مورفولوژیکی تغییر معناداری مشاهده نمی‌شود. (شکل a۷).

تغییر سطح هر دو فیلتر پس از پاکسازی با اتانول مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. همانطور که انتظار می‌رفت در فیلتر MB نسبت به فیلتر NF سطح بسیار کمتری قابل مشاهده می‌باشد (به طور متوسط ۰،۵۸۸ g/m^2) ، و همراه با افزایش زمان پاکسازی این مقدار افزایش می یابد (شکل b۷) و پس از ۲۴ ساعت غوطه وری تقریبا تا ۳ برابر افزایش یافته است. ژ

پدیده مشابهی در ارتباط با فیلتر NF نیز مشاهده شده است. در فیلتر NF از ابتدا سطح بیشتری (به طور متوسط ۱۲،۵۲۹ g/m^2) قابل مشاهده می‌باشد که مقدار آن پس از پاکسازی با اتانول به مراتب افزایش می‌یابد.

در مورد فیلتر MB، دلیل افزایش سطح پس از پاکسازی با اتانول ممکن است جمع شدن الیاف پس از واکنش با اتانول باشد (البته مقدار آن به حدی کم است که در تصاویر SEM به وضوح قابل مشاهده نمی باشد). در مورد فیلتر NF، تجزیه پلیمر در لایه اسپان باند می تواند دلیلی برای روند افزایش سطح باشد. این دلایل برای



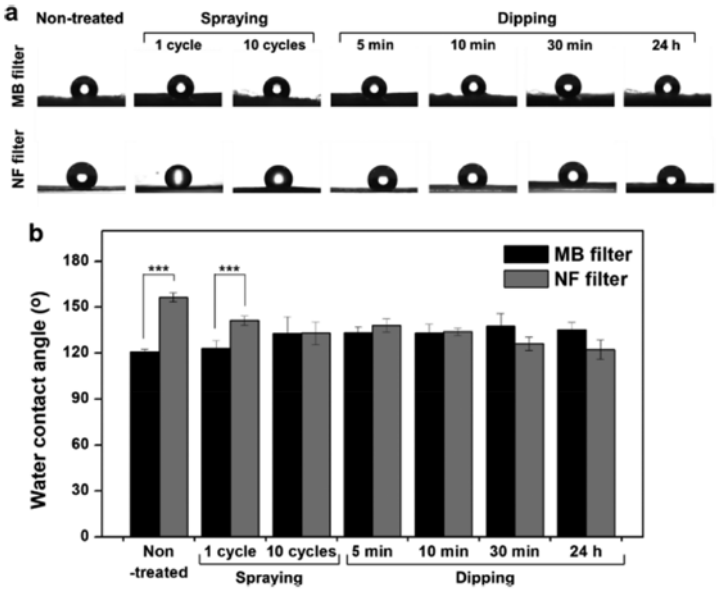
شکل ۷. (a) تصاویر SEM، (b) سطح و (c) تخلخل فیلترهای ماسک صورت MB و NF قبل و بعد از پاشش و غوطه‌وری با اتانول. تصاویر SEM با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برای فیلتر MB و ۱۰۰۰۰ برای فیلتر NF گرفته شده است. طول مقیاس برای فیلتر MB ۱۰ میکرومتر و برای فیلتر NF ۱ میکرومتر

اثبات شدن نیاز به بررسی بیشتری دارد که در اینجا به آن پرداخته نشده است.

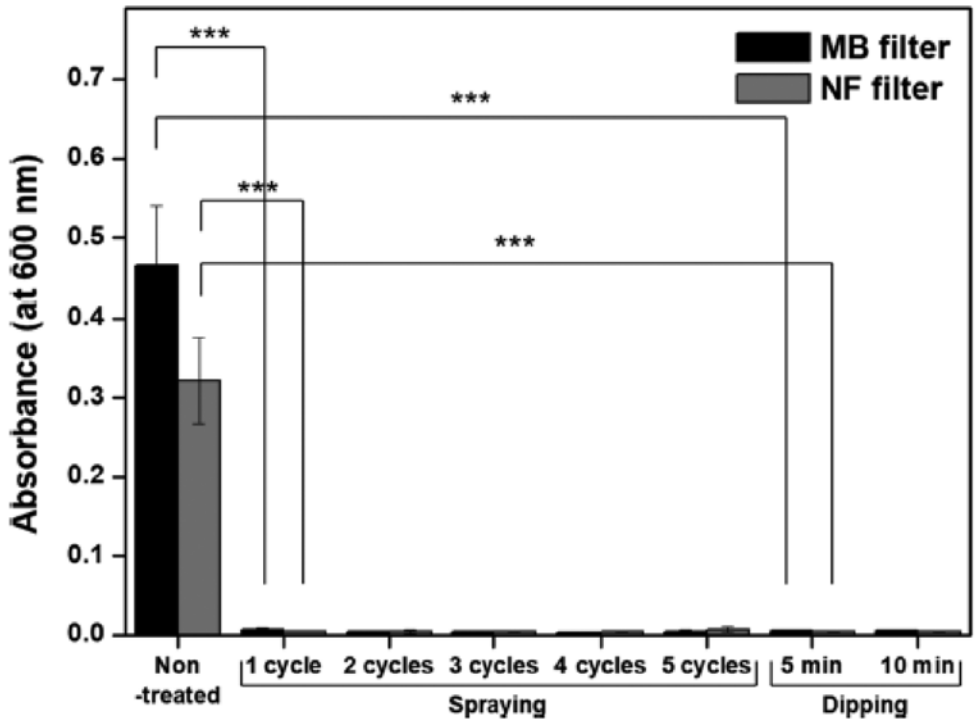
تخلخل هر دو نوع فیلتر قبل و بعد از پاکسازی با اتانول بررسی شده و در شکل c۷ قابل مشاهده می باشد. فیلتر MB نسبت به فیلتر NF تخلخل بالاتری را نشان می دهد (همانطور که از نظر بصری مانند یک اسفنج به نظر می رسد).

همچنین مشاهده شده است که تخلخل هر دو نوع فیلتر با افزایش زمان پاکسازی روند افزایشی را نشان می دهد. تخلخل این فیلترها همچنین در نتایج حاصل از نفوذپذیری هوا و افت فشار قابل پیش بینی می باشد.

میزان آب دوست بودن یا آبگریز بودن سطح فیلتر نیز نقش مهمی در ایجاد محیطهای مطلوب یا نامساعد برای انواع مختلف باکتریها و ویروسها دارد. خاصیت نگهداری رطوبت نیز به طبیعت آب دوستی بستر بستگی دارد. بنابراین، زاویه تماس



شکل ۸. (a) تصاویر قطرات آب در سطوح تماس گرفته شده و (b) زاویه تماس محاسبه شده فیلترهای ماسک صورت MB و NF قبل و بعد از پاشش و غوطه وری در اتانول



شکل ۹. بازدهی استرلیزه کردن فیلترهای ماسک صورت MB و NF حاوی باکتری قبل و بعد از پاشش و غوطه وری نمونه ها در محیط آزمایشگاهی در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ ساعت

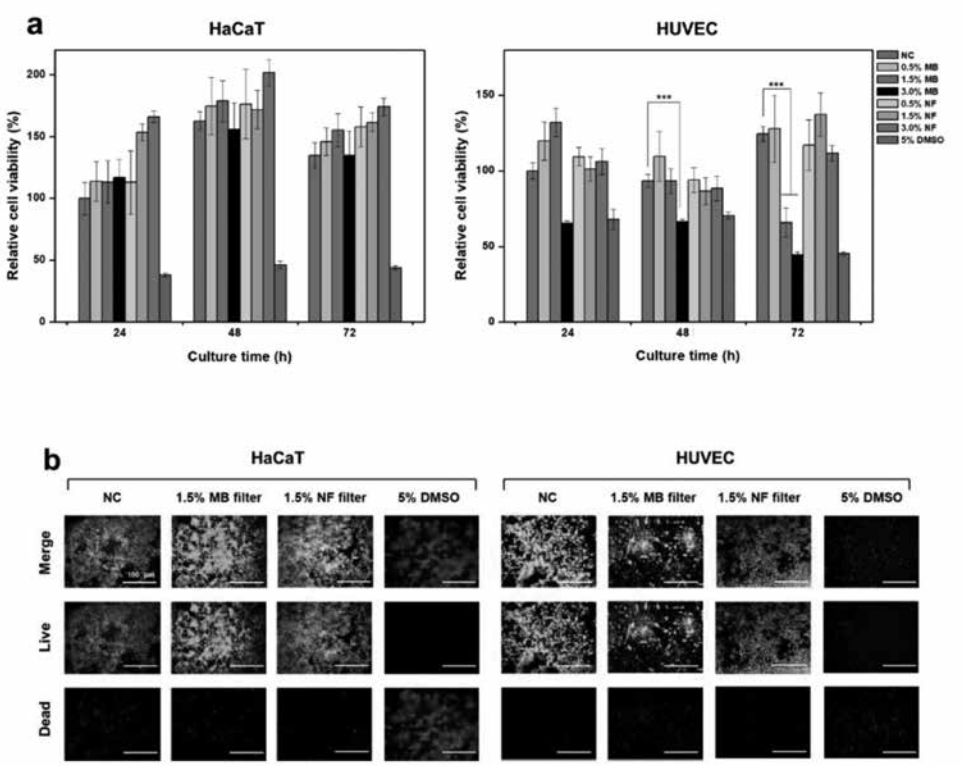
آب هر دو فیلتر قبل و بعد از پاکسازی با اتانول تعیین شده است (شکل ۸) :
همانطور که مشاهده می‌شود زاویه تماس آب در هر دو نوع فیلتر بالاتر از ۹۰ درجه ثبت شده است که نشان می دهد هر دو فیلتر ماهیت آبگریزی دارند. به طور خاص، سطح NF دارای زاویه تماس آب بسیار بزرگتر از ۱۵۰ درجه است که می تواند به عنوان یک سطح فوق آبگریز در نظر گرفته شود.
در پاکسازی با اتانول، زاویه تماس آب با فیلتر MB افزایش جزئی را نشان می دهد و این پدیده ممکن است به دلیل کاهش بار استاتیکی سطحی باشد. زاویه تماس آب برای فیلتر NF به دلیل تخریب احتمالی پیوندهای استر در PET که در اندازه گیری تخلخل شرح داده شد، پس از پاکسازی با اتانول تا حدودی کاهش یافته است. نکته مهم، در هر دو روش پاکسازی، این است که هر دو فیلتر هنوز در محدوده آبگریزی (< ۹۰ درجه) هستند.
بنابراین، می توان گفت خصوصیات مکانیکی و شیمیایی هر دو نوع فیلتر پس از پاکسازی با اتانول به طور قابل توجهی تغییر نکرده است.
ماسک های تنفسی باید از خیس شدن در رطوبت و یا قطرات بزاق جلوگیری کرده تا از رشد و انتقال پاتوژن و باکتری در داخل محیط تنفسی ممانعت به عمل آید.

ارزیابی اثر ضد باکتریایی پس از پاکسازی با اتانول:

از آنجایی که اتانول به عنوان یک آنتی بیوتیک در میکروارگانیسم ها عمل می کند، اثرات ضد باکتریایی فرآیند پاکسازی توسط اتانول بر روی فیلترها مورد ارزیابی قرار گرفته است. سلولهای باکتریایی پخش شده بر روی سطح فیلتر با اتانول ۷۵٪ و به مدت ۱۲ ساعت در محیط مایع کشت شده اند.
نتایج نشان داده است هنگامی که فیلترها با فرآیند پاشش یا غوطه وری در اتانول تحت فرایند پاکسازی قرار می گیرند، تراکم نوری هر دو فیلتر کشت شده به طور چشمگیری کاهش می یابد (شکل ۹).
به طور خاص، فرایند پاشش در دور اول (۳ بار فشار دادن) یا غوطه وری به مدت ۵ دقیقه جهت سرکوب کامل رشد باکتری در هر دو نوع فیلتر کافی بود. بنابراین ، نتیجه گیری شد که پاکسازی ساده اتانول برای اثر ضد باکتریایی بر روی هر دو نوع فیلتر MB و NF کافی می باشد.

ارزیابی قابلیت سازگاری فیلتر:

سلول‌های کراتینوسیت انسانی HaCaT و سلول‌های اندوتلیال HUVEC برای بررسی شرایط قرار گرفتن پوست صورت و سیستم تنفسی در معرض لایه‌های فیلتر ماسک انتخاب شده اند. نتایج نشان داده است که هر دو نوع فیلتر تحت هیچ شرایطی سمیت سلولی نسبت به سلول‌های HaCaT نداشته اند (شکل a۱۰).
قدرت زنده ماندن سلول‌های HUVEC با غلظت بیش از ۱٫۵٪ (m / w) در فیلتر MB ، به طور قابل توجهی کاهش یافته است. مطابق با استاندارد ISO 10993-5، زنده ماندن سلول بالاتر از ۸۰٪ نشاندهنده عدم سمیت، زنده ماندن در ۸۰-۶۰٪ حالت ضعیف ، ۶۰-۴۰٪ متوسط و ۴۰-۰٪ سمیت قوی را گزارش می نماید.
در فیلتر NF برای هر دو نوع سلول انسانی سمیت سلولی گزارش نشده است. این نتایج همچنین از طریق تجزیه و تحلیل میکروسکوپی فلورسانس زنده / مرده تأیید



شکل ۱۰. سازگاری سلولی فیلترهای ماسک صورت MB و NF قبل و بعد از پاشش و غوطه‌وری: (a) زنده بودن نسبی سلول های HaCaT و HUVEC توسط روش CCK-8 و (b) تصاویر سلول های فلورسنت زنده / مرده با کشت ۷۲ ساعت. طول هر مقیاس ۱۰۰ میکرومتر است. از محیط خالی و ۵٪ DMSO به ترتیب به عنوان شاهد منفی (NC) و شاهد مثبت استفاده شده است.

شده است (شکل b۱۰).

بنابراین نتیجه گیری شده است که هر دو فیلتر برای مواجهه با پوست بی ضرر هستند در حالی که فیلتر MB ممکن است برای سلول‌های عروقی در طی زمان استفاده طولانی مدت در حد بسیار کمی سمی باشد.

نتیجه گیری:

با توجه به شیوع بیماری همه‌گیر COVID-19 و به خصوص به دلیل کمبود ماسک صورت در سراسر جهان بسیار مطلوب است که راهی برای استفاده مجدد از ماسک‌های تنفسی با حداقل احتمال خطر پیدا شود. در این راستا پارامترهای مهم و قابل بررسی در عملکرد فیلترهای تنفسی که به عنوان ماسک استفاده می‌شود، جهت استفاده مجدد مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

در این مقاله، یک ارزیابی مقایسه‌ای در مورد قابلیت استفاده مجدد دو نوع فیلتر ماسک صورت با استفاده از روش پاکسازی با اتانول از طریق پاشش و غوطه‌وری انجام شده است. فیلتر MB قبل و بعد از پاکسازی توسط اتانول، نفوذپذیری هوای بهتری را نشان می‌دهد (دو برابر فیلتر NF) و این امر می‌تواند به دلیل تخلخل بالاتر فیلتر MB باشد که تا ۹۶ ~ ثبت شده است. در فیلتر NF تخلخل کمتری وجود داشته (≳۸۰٪) و قبل و بعد از پاکسازی با اتانول می تواند مستقیماً با افت فشار همراه باشد (بالاتر از ۱۸۳ Pa).

به دلیل نفوذ پذیری خوب هوا، افت فشار و خصوصیات مورفولوژیکی صرف نظر از پاکسازی با اتانول ، هر دو نوع فیلتر دارای معیارهای اساسی استفاده از ماسک صورت هستند. با این حال، با توجه به پارامتر بازدهی فیلتراسیون، در حالی که فیلتر MB به دلیل کاهش فیلتراسیون بعد از پاکسازی با اتانول، اغلب برای یکبار استفاده موثر بمی باشد (~۶۴)، فیلتر NF به دلیل بازدهی ثابت فیلتراسیون (۹۹ ~ ۹۷٪) ممکن است برای چندین بار استفاده معتبر باشد.

به طور کل با توجه به نیاز شدید ماسک تنفسی بهترین گزینه برای تهیه لایه های فیلتراسیون جهت استفاده در ماسک، لایه های ملت بلون و نیز لایه های تهیه شده از الیاف نانو می باشد که در بار اول استفاده بهترین عملکرد در هر دو ماسک مشاهده شده است و در ارتباط با استفاده مجدد از ماسک ها نیاز به پاکسازی با اتانول می باشد که هر یک از پارامترهای موثر در عملکرد ماسک ها به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته و اغلب تا یک محدوده خاص برای هر دو ماسک استفاده از اتانول قابل قبول بوده و از یک محدوده ای به بعد ماسک حاوی نانوالیاف جهت استفاده مکرر ترجیح داده شده است.

* مدیریت واحد تحقیق و توسعه شرکت صنعتی لایی ساز

منبع:

Reusability Comparison of Melt-Blown vs Nanofiber Face Mask Filters for Use in the Coronavirus Pandemic
ACS Appl. Nano Mater. 2020, 3, 7231−7241