مجله مهندسی بهداشت محیط، بهار ۱۴۰۱، سال ۹، شماره ۳: ۲۹۵-۳۱۲

بررسی اثربخشی گندزداهای مختلف درحذف ویروس کرونا: مطالعه مروری

مریم نوری گوشکی[۱]، مجید نوذری[۲*]

[۲،۱] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۰۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶

چکیده

زمینه و هدف: عفونت های ویروسی باعث ایجاد بیماری های مختلف و مرگ و میر در سرتاسر جهان شدند. در سالیان اخیر، ظهور ویروس کرونا باعث عفونت‌های شدید دستگاه تنفسی و منجر به یک نگرانی جهانی شده است. هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثربخشی گندزداهای مختلفی است که جهت کنترل ویروس کرونا مورد استفاده قرار گرفته اند.

مواد و روش ها: مطالعه حاضر یک مطالعه مروری نظامند است. جمع آوری داده‌ها از طریق جستجوی مقالات در پایگاه های اطلاعاتی شامل Springer، Google Scholar، Prospero، Cochrane، ISI، Scopus، Embase، PubMed و DOAJ بود. پس از جستجو و جمع آوری مقالات مرتبط با هدف، مقالات دسته بندی گردید. داده های مورد نیاز استخراج شد و در نهایت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها: بررسی مطالعات مختلف نشان داد که ویروس کرونا میتواند تا ۹ روز بر روی سطوح بی‌جان، عفونت زا باقی بماند. همچنین چند مطالعه وجود ویروس کرونا را در مدفوع گزارش نموده بودند. یافته های مستخرج از مقالات آشکار نمود که عفونت زایی ویروس کرونا روی سطوح توسط اتانول ۷۱-۶۲ درصد، پراکسید هیدروژن ۰/۵ درصد و هیپوکلریت سدیم ۰/۱ درصد در عرض ۱ دقیقه کاهش می‌یابد. همچنین، ویروس کرونا در فاضلاب سپتیک تانک توسط ۸۰۰ تا ۶۷۰۰ گرم بر مترمکعب هیپوکلریت سدیم در زمان تماس ۱/۵ ساعت غیرفعال می‌شود. علاوه بر این، ویروس کرونا در آئروسل های هوا تحت اشعه UVC در عرض ٤ تا ۹ ثانیه به میزان log ۵ کاهش می‌یابد.

نتیجه گیری: داروها و واکسن های مؤثری برای بیماری کووید-۱۹ تا به امروز ساخته شدند. با این وجود، به دلیل جهش‌های غیرمنتظره ویروس کرونا، شناسایی گندزداهای مؤثر برحذف سویه های مختلف ویروس کرونا از سطوح و محیط های مختلف می‌تواند اقدام مناسبی برای پیشگیری و جلوگیری از انتشار بیماری کووید-۱۹ باشد.

کلمات کلیدی: گندزداها، گندزدایی، ویروس کرونا، کووید-۱۹، فاضلاب، نانوذرات فلزی

***نویسنده مسئول:** گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران.

ایمیل: ***nozari.m@kmu.ac.ir*** - شماره تماس: ۰۹۳۸۳۹۲۱۸۱۹

مقدمه

عفونت های ویروســـی در جهان باعث ایجاد بیماری‌ها و مرگ و میر بسـیار شـده اند. به عنوان مثال در طی سـال های ۱۹۱۸ تا ۱۹۱۹ ویروس بسیار خطرناک و کشنده آنفلوانزای نوع A در تمام دنیا شـــایع شـــد. اغلب قربانیان این بیماری افراد بزرگسـال جوان و سالم بودند. بررسی‌های اخیر نشان داده که حدود ۱۰۰میلیون نفر بر اثر این بیماری کشـته شـده‌اند که این تعداد معادل ۵ درصد از جمعیت دنیا در آن سال‌ها بوده است. یکی دیگر از همه گیری‌هایی که از دهه هشـــتاد میلادی آغاز شـــده و تا به امروز ادامه دارد، بیماری ایدز اســـت. عامل این بیمـاری، ویروس نقص ایمنی انســـان (HIV یـا Human Immunodeficiency Virus) اســـت. این بیماری تا به امروز قربانیان زیادی را در جهان به خود اختصـــاص داده اســـت به طوری که فقط در ســـال ۲۰۱۸ حدود ۷۷۰ هزار نفر به علت این بیماری از دنیا رفتند [۱].

درحـال حاضـــر کشـــور ما و جهان با بحران همه گیری بیمـاری کووید-۱۹ (COVID-19) مواجه اســـت. این بیماری توســـط ســـارس-کروناویروس کووید (SARS-CoV) ایجاد می‌شـود. این ویروس یک ریبونوکلئیک اسـید ویروسـی تک رشـــته‌ای ســـو مثبت و زیرگونه ای از خانواده کروناویروس است. این بیماری در انسان عمدتاً تنفسی است، علائم بیماری می‌توانـد از ســـرماخوردگی معمولی تا عفونت های شـــدید تنفسی تحتانی، متغیر باشد [۲]. بیماری کرونا برای اولین بار در ۳۱ دسـامبر ۲۰۱۹ در شـهر ووهان، استان هوبئی، کشور چین شـناسـایی شـد. بر اسـاس گزارش سـازمان بهداشـت جهانی بیماری کرونا تا به امروز بیش از ۲۰۰ میلیون نفر را تحت تأثیر خود قرار داده اسـت و سبب مرگ بیش از ٤ میلیون نفر انسان در سـراسـر جهان شـده اسـت. راه های انتقال گزارش شـده بیماری کرونا عبارتند از: ۱) اسـتنشـاق مسـتقیم قطرات تولید شـــده توســـط افراد آلوده؛ ۲) تماس نزدیک با افراد آلوده؛ ۳) تماس با سطوح آلوده. همچنین بر اساس تحقیقات اخیر انتقال آئروســـل عوامل بیماری زا، به عنوان یک راه انتقال مهم اثبات شده است [۳].

تخلیه مدفوع بیماران آلوده به کرونا منجر به زنده ماندن و تداوم ویروس در فاضـــلاب می‌شـود. وجود ویروس کرونا در فاضـــلاب با چندین مطالعه در مناطق مختلف جغرافیایی تأیید شده است. انتقال ویروس از طریق فاضلاب، به ویژه فاضلاب بیمارسـتانی پیش بینی شـده اسـت. به همین دلیل، بسـیاری از دانشـمندان برای کنترل سریع و دقیق ویروس کرونا در محیط و محیط آبی، به ویژه فاضـــلاب بیمارسـتان متمرکز هسـتند تا بتواننـد توســـعـه ویروس را کنترل نموده و راه های مختلف انتقال آن را مشخص نمایند [٤].

با توجه به همه گیری و شدت مرگ و میر ناشی از بیماری کرونا، سـیسـتم های مراقبت های بهداشـتی در سطح جهان با چالش های بزرگی مواجه شـــده اند. بدین منظور راهبردهای مختلفی برای مقـابلـه با ویروس کرونا وجود دارد که شـــامل مداخلات غیر دارویی (پوشـیدن صـحیح ماسـک تنفسـی، بهداشـت دسـت، استفاده از تجهیزات حفاظت شخصی، حفظ فاصله اجتماعی، آزمایش تشخیص و ردیابی تماس) و استفاده از واکســـن اســـت. امـا بـه دلیل تغییرات جهش زا در ژنوم ویروســـی، گونـه هـای مختلف ویروس کرونا دائما در حال ظهور هسـتند و درک اثربخشـی مداخلات برکووید-۱۹چالش برانگیز است و نظریه های فعلی به شدت بر استفاده از بیوسید های (زیسـت کش های) شـیمیایی و درک عملکرد آن ها، به عنوان اقدامات کلیدی جهت مقابله با بیماری در شـــکســـتن چرخه عفونت متمرکز هســـتند [٥،٦]. بیوســـیدها شـــامل مواد شیمیایی با فعالیت گندزدایی و نگهدارنده هستند. بیوسیدها از نظر مکانیسـم عملکرد متفاوت هسـتند. اکثر بیوسـیدها از نظر شیمیایی لایه چربی بیرونی ویروس کرونا را هدف قرار داده و ذرات ویروسـی را غیرفعال می‌نمایند [۷]. استفاده طولانی مدت و بیش از حد از بیوسیدها روی فلور میکروبی، منجر به کاهش تعداد و تنوع میکروب های مفید می‌شـود و به طور مستقیم بر

عملکرد چرخه های غذایی تأثیر می‌گذارد. بنابراین شناخت کامل بیوسیدها و عملکرد ناشی از آن‌ها در طولانی مدت برای استفاده کنندگان نهایی (به عنوان مثال مراقبت های بهداشتی، صنعت و جامعه) حائز اهمیت است [۸،۹].

روش های گندزدایی مورد استفاده در محیط های بهداشتی شامل استریلیزاسیون بخار با فشار بالا، حرارت خشک، اشعه ماوراء بنفش، گاز اکسید اتیلن و پراکسید هیدروژن، پلاسما و مواد شیمیایی بیوسیدال هستند. سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA) بیوسیدهای شیمیایی مختلفی از جمله ترکیبات آمونیوم چهارتایی، پراکسید هیدروژن، پراستیک اسید، ایزوپروپانول، اتانول، هیپوکلریت سدیم، اکتانوئیک اسید و فنولیک اسید را برای کاهش انتقال ویروس کرونا برای استفاده داخلی و بالینی تأیید نموده است [۱۰]. بازده گندزداها تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله نوع ویروس، مواد آلی، pH، زمان تماس، غلظت بیوسید و غیره قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، بیوسیدهایی با غلظت زیاد (مانند الکل ها، فنول ها) در صورت رقیق شدن به سرعت کارایی خود را از دست می‌دهند. در حالیکه آن هایی که دارای غلظت پایین هستند (مانند ترکیبات آمونیوم چهارتایی، کلرهگزیدین، ارتوپتال آلدهید) فعالیت قابل توجهی را در رقیق سازی حفظ می‌نمایند. بنابراین بررسی راندمان حذف ویروس‌ها از لحاظ عواملی که آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند، حائز اهمیت است [۷].

Bedrosian و همکاران در سال ۲۰۲۰ راندمان گندزدای استیک اسید را در حذف ویروس کرونا از سطوح بررسی نمودند. محققان گزارش نمودند که اسید استیک با غلظت ٦ درصد پس از یک دقیقه زمان تماس، قابلیت زنده ماندن ویروس کرونا را تا ۳/۵ log۱۰ روی سطوح کاهش می‌دهد [۱۱]. نتایج مطالعه Al-Sayah در سال ۲۰۲۰ نشان داده است که برای غیرفعال سازی ویروس کرونا، متداولترین گندزدائی کننده‌ها اتانول ۷۰-٦۲ درصد، پراکسید هیدروژن ۰/۵ درصد و هیپوکلریت سدیم ۰/۱ درصد هستند [۱۲]. در مطالعه ای که Zhang و همکاران در سال ۲۰۲۰ استفاده از هیپوکلریت سدیم را برای گندزدایی فاضلاب بررسی نمودند. محققان متوجه شدند که دوز ۱۸۰۰میلی گرم بر لیتر هیپوکلریت سدیم برای حذف ویروس کرونا از فاضلاب سپتیک تانک بیمارستان کافی نبود. با این حال، آنها گزارش نمودند که با افزایش دوز هیپوکلریت سدیم به ٦۷۰۰ میلی گرم بر لیتر، ویروس کرونا دیگر در فاضلاب بیمارستان مشاهده نشد [۱۳]. در مطالعه Feng و همکاران در سال ۲۰۲۱ که حذف ویروس کرونا از آئروسل های هوا را با اشعه ماوراء بنفش بررسی نمودند. آنها گزارش نمودند که اشعه ماوراء بنفش با طول موج ۲۸۵-۲٦۰ نانومتر و شدت تابش ۲۵/۵ وات بر متر، تقریباً پس از ۱۰۰ دقیقه همه ویروس های کرونا موجود روی محیط کشت فیلتر فابریک را قادر است، حذف نماید [۳]. همچنین، در پژوهشی که Mahmood و همکاران در سال ۲۰۲۰ راندمان گندزدائی کننده‌های حاوی الکل را در اثر استفاده بیش از حد بر روی ویروس کرونا بررسی نمودند. پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که استفاده بیش از حد از گندزدائی کننده‌های حاوی الکل به تدریج منجر به جهش‌های طبیعی در میکروب‌ها می‌شود و می‌تواند به مسئله مقاومت ضد میکروبی کمک نماید، که در حال حاضر تهدید مهمی برای کشورهای در حال توسعه مانند هند، پاکستان و بنگلادش و قاره آفریقا است [۱٤].

نگرانی های زیادی در مورد حضور ویروس کرونا بر روی سطوح و محیط های مختلف و انتقال ویروس از آنها به انسان وجود دارد. در اکثر مطالعات انجام شده به صورت موردی به عملکرد یک نوع گندزدا در یک محیط پرداخته اند. در این مطالعه، مقالاتی که در آنها از انواع گندزداها (فیزیکی، شیمیایی، نانوذرات) برای حذف ویروس کرونا از محیط‌های مختلف (سطوح بی جان، فاضلاب، هوا) بررسی شده، مرور شد. نتایج مطالعه حاضر می‌تواند اطلاعات مفیدی در زمینه استفاده از انواع گندزداها بر علیه ویروس کرونا در اختیار

مسئولان بهداشتی و سایر افراد حاضر در خط مقدم مبارزه با بیماری کووید-۱۹ قرار دهد. به محققان نیز کمک خواهد نمود تا مطالعات آتی خود را در سمت و سوی کاستی های تحقیقاتی در این زمینه انجام دهند و شکاف دانش را پر نمایند.

روش کار

این تحقیق، یک مطالعه مروری نظامند است. در این مطالعه، جستجوی مقالات از ابتدای مهر ماه سال ۱۴۰۰ شروع و در فروردین ماه ۱۴۰۱ به اتمام رسید. کلیدواژه های مورد استفاده جهت جستجو در پایگاه های اطلاعاتی شامل Coronavirus، Chemical، Inactivation، Biocides، Disinfection، COVID-19، Persistence، Environment، Health-Care، Nanoparticles، Wastewater، SARS-COV-2، Variants و Disinfectants بود. پایگاه های اطلاعاتی نیز شامل Springer، Google Scholar، Prospero، Cochrane، ISI، Scopus، Embase، PubMed و DOAJ بود. معیارهای ورود به مطالعه که برای انتخاب هر مقاله جهت بررسی اعمال شد شامل مرتبط بودن با هدف مطالعه، کیفیت مناسب مطالب ارائه شده در مقاله و دردسترس پذیر بودن داده های مورد نیاز در مقاله بود. کتاب‌ها، پایان نامه ها، مقالات ارائه شده در کنفرانس ها، همایش‌ها و سمینارها و مقالات نامه به ادیتور از مطالعه خارج شدند. در این مطالعه فقط مقالاتی بررسی شدند که به زبان انگلیسی نوشته شده بودند. بعد از جستجوی مقالات و جمع آوری مقالات مرتبط با هدف مطالعه، به ترتیب عنوان، چکیده و متن مقالات بررسی شدند. داده های اصلی مرتبط با هدف مقاله؛ شناسایی، استخراج و دسته بندی گردید و در نهایت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در ابتدا، ۱۱۲ مقاله با جستجو در پایگاه های اطلاعاتی بر اساس کلیدواژه های مورد استفاده یافت شد. بعد از بررسی تعداد ۹۰ مقاله به دلیل تکراری بودن عنوان و عدم تطابق با معیارهای ورود یا تطابق با معیارهای خروج از بررسی حذف شدند. در نهایت ۲۲ مقاله جهت بررسی نهایی انتخاب شدند.

نتایج

بیوسیدها (زیست کش ها)

استفاده طولانی مدت و بیش از حد از بیوسیدها روی فلور میکروبی، منجر به کاهش تعداد و تنوع میکروب‌های مفید می‌شود و به طور مستقیم بر عملکرد چرخه‌های غذایی تأثیر می‌گذارد. از طرفی به دلیل چالش برانگیز بودن درک اثربخشی مداخلات بر کووید-۱۹، نظریه های فعلی به شدت بر استفاده بیوسیدهای شیمیایی متمرکز هستند. بنابراین شناخت کامل بیوسیدها و عملکرد ناشی از آن‌ها در طولانی مدت برای استفاده‌کنندگان نهایی (به عنوان مثال مراقبت‌های بهداشتی، صنعت و جامعه) حائز اهمیت است. در همین راستا، در جدول ۱ خواص عمومی، مکانیسم ویروس کشی، نقاط قوت و محدودیت‌های بیوسیدهای شیمیایی در برابر ویروس کرونا که از بررسی مطالعات استخراج شده، ارائه شده است.

جدول ۱: خواص عمومی، مکانیسم ویروس کشی، نقاط قوت و محدودیت‌های بیوسیدهای شیمیایی در برابر ویروس کرونا ۱۵, ۱۶

* دناتوره شدن فرایندی است که پروتئین، DNA و RNA به‌وسیله آن ساختار عملکردی خود را از دست می‌دهند.

نوع بیوسید	مکانیسم ویروس کشی	استفاده عمومی	محدودیت‌ها	نقاط قوت
الکل‌ها: ایزوپروپیل الکل(ایزوپروپانول) و اتیل الکل(اتانول)	- پوشش سلولی را مختل و پروتئین‌ها را منعقد و دناتوره* می‌کند. - ایزوپروپیل الکل چربی دوست است و غشای لیپیدی را مختل می‌کند.	- ضد عفونی کننده پوست (حدود ۷۰ درصد حجم) - ضدعفونی تجهیزات کوچک، به عنوان مثال، دماسنج، ابزارهای حیاتی	- اسپور کش نیست استفاده طولانی و مکرر - بر کیفیت موادی مانند پلاستیک تأثیر می‌گذارد. - قابل اشتعال	- بدون لکه - سمیت کم - بوی خفیف
سورفکتانت‌های کاتیونی: ترکیبات آمونیوم چهار تایی مانند بنزالکونیوم کلرید و دی دسیلد متیل آمونیوم کلرید	گروه های آمونیوم کاتیونی با سرهای آبدوست، اغلب با حل کردن، پوشش سلولی را مختل می‌کنند.	فومیت‌ها (وسایل و اشیاء آلوده)	برای دستیابی به MEC** به دمای گرم تر و دوره های طولانی تری نیاز دارند و میل ترکیبی کم در برابر ویروس های بدون پوشش دارند.	- غیر سمی - بدون رنگ و بو - تحمل بالا به مواد آلی
عامل اکسید کننده: هیپوکلریت سدیم	اکسیداسیون پوشش سلولی	- سفید کننده خانگی - در مناطق بالینی برای فومیت‌ها، سطوح غیر بحرانی آلوده به خون یا استفراغ استفاده می‌شود.	- حساس به حضور مواد آلی و مواد متخلخل - متغیر از ppm ۱۰۰۰ تا ppm ۱۰۰۰۰	- موثر در غلظت های پایین - ویروس‌های پوششی و غیر پوششی را غیرفعال می‌کند.
عامل اکسید کننده: آب اکسیژنه	رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل، مولکول‌های زیستی از جمله پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و لیپیدها را می‌شکافند یا پیوند عرضی می‌دهند.	ضد عفونی کننده پوست (۰/۱۲۵v/v درصد)؛ سطوح تماس (v/v ۳۵ درصد)	غلظت ۰/۵ درصد در برابر ویروس های پوشش دار و بدون پوشش مؤثر است.	- به فرم آب و اکسیژن تجزیه می‌شود. - مؤثر در برابر ویروس کرونا و گونه‌های جانشین - میتواند در فولاد ضد زنگ استفاده شود.
ترکیبات هالوژنه: پوویدون آیودین	- گیرنده اتصال ویروسی را مسدود می‌کند. - ید می‌تواند آنزیم های ویروسی که برای آزادسازی ویروس از میزبان ضروری هستند، مهار کند.	- پوویدون آیودین (۰/۲۳ درصد) برای گندزدائی سریع پوست، حفره دهان، بینی استفاده می‌شود - پوویدون آیودین در ضد عفونی کردن پوست قبل از عمل، ضد عفونی کننده های دست، اسکراب‌ها، پمادها به میزان ۷/۵ تا ۱۰ درصد استفاده می‌شود.	- می‌تواند سیتوکسیک (سمیت سلولی کشنده) باشد و باعث تحریک پوست شود. - یدوفور مخلوطی از ید و پلیمر پلی وینل پیرولیدون حامل است. - برای استفاده با محصولات سیلیکونی مناسب نیست.	- پوویدون آیودین محلول در آب، لکه‌ها را می‌تواند با شستشو از بین ببرد. - به صورت جایگزین یا در ترکیب با محصولات ضد عفونی کننده الکلی استفاده می‌شود.
آلدهیدها: گلوتارآلدئید، فرمالدئید و ارتو فتالدهید	آلکیلاسیون شیمیایی گروه های آمینو و سولفیدریل پروتئین‌ها و گروه‌های آمینه بازهای اسید نوکلئیک می‌باشد.	- گندزدایی ویروسی با طیف گسترده بالا - تولید واکسن - ضد عفونی کننده تجهیزات جراحی، آندوسکوپ‌ها، دیالیزورها.	- واکنش پذیری بالا - برای سلامتی خطرناک - تحریک کننده هستند. - به غیر از ارتو فتالدهید، در شرایط قلیایی واکنش پذیرتر هستند.	ارتو فتالدهید از نظر شیمیایی در محدوده pH برابر ۳ تا ۹ پایدار و غیر تحریک کننده است.

**کمترین غلظت بیوسیدکه تیتر ویروس را تا ۹۹/۹ درصد یا بیشتر در مقایسه با واکنش های کنترل کاهش می‌دهد.

عملکرد گندزداها بر ویروس کرونا و گونه های جایگزین

ویروس کرونا به عنوان یک ویروس پوشـــشـــی، به مواد شـــیمیـایی گنـدزدائی کننـده تجاری و روش های گندزدائی فیزیکی حسـاس است. با توجه به همه گیری و شدت مرگ و میر ناشـــی از ویروس کرونا و تغییرات جهش‌زایی که در ژنوم ویروســـی گونه‌های مختلف آن دائما در حال ظهور هســـتند، پژوهشگران عملکرد گندزداها را بر ویروس کرونا و گونه‌های جایگزین با اسـتفاده از سنجش‌های آزمایشگاهی مختلف مانند TCID (Tissue Culture Infectious Dose)، Plague و RT-PCR (Reverse transcription polymerase chain reaction) بررسـی و کاهش بار ویروسـی را به صـورت ضریبی از Log گزارش نموده انـد. در همین راســـتا، در جدول ۲ گندزداهای مختلف، شرایط استفاده گندزداها برای غیرفعال کردن ویروس کرونـا و گونه‌های جایگزین و میزان کاهش بار ویروســـی به همراه روش ســـنجش آزمایشـــگاهی مربوطه که از بررســـی مطالعات استخراج شده، ارائه شده است.

جدول۲: استفاده از گندزداهای مختلف برای غیرفعال کردن ویروس کرونا و گونه‌های جایگزین

انواع گندزداها	شرایط استفاده گندزداها	ویروس کرونا (SARS-COV-2) و گونه های جایگزین	میزان کاهش بار ویروسی و سنجش استفاده شده
اتانول	۷۰-۶۰ درصـد، ۱ دقیقه، سـطوح سـخت، سرامیک وکاشی چینی، آزمایش حامل.	hCoV (HCoV-229e)	Log ٤-۳، سنجش TCID50 ۱۷
پراکسید هیدروژن	۰/۵ درصد، ۱۵ دقیقه، آزمایش حامل سطح.	SARS-CoV-2	Log ٦، سنجش پلاک با استفاده از سلول های VeroE6 ۱۸
سدیم هیپوکلریت	۰/۱ درصـــد، ۱ دقـیـقـه، تســـت تـعـلـیـق. ٦ درصد، آزمایش حامل سطح.	SARS-CoV-2	Log ٤ ۱۹، سنجش TCID ۲۰
ایزوپروپیل الکل	۹۰-۷۰ درصـــد، ۳۰ ثـــانـــیـــه. ۸۰-۷۰ درصـد، ۱۵ ثانیه، کاشـی های سـرامیکی و چینی، آزمایش حامل.	SARS-CoV-1 hCoV (HCoV-229e)	Log ٤، سنجش TCID ۱۷
استیک اسید	٦ درصد، ۵ دقیقه، تست سوسپانسیون آبی.	SARS-CoV-2	Log ٤، سـنجش TCID50 بـا اسـتفـاده از سـلول‌های VeroE6 ۲۱
پوویدون آیوداین	۲/۵-۱ درصد، ۱۵ ثانیه، تست تعلیق دهان شویه.	SARS-CoV-2	Log ٤، سنجش TCID با استفاده از سلول‌های Vero76 ۲۲
گلوتارآلدهید	۰/۵ درصد، ۲ دقیقه، تست تعلیق.	SARS-CoV	Log ۳، سـنجش TCID با اسـتفاده از فیبروبلاسـت‌های ریه جنینی انسان ١٦
استریلیزاسیون با بخار	۱۲۱ درجه سـانتی گراد، ۵ دقیقه، ماسـک‌های پزشـکی، ماسک‌های تنفسی N95	ویروس کرونا پرندگان(H120)	Log ۲، سنجش RT-PCR ۲۲
حرارت	٥٦ درجه سانتیگراد، ۳۰ دقیقه، ٦٥ درجه سـانتیگراد، ۱۵ دقیقه، ۹۸ درجه سـانتیگراد ۲ دقیقه، تست تعلیق.	SARS-CoV-2	Log ۵، سـنجش TCID50 با اسـتفاده از سلول های Vero E6 ۲۳
اشعه UVC	۲٥٤ نانومتر، ٤ تا ۹ ثانیه، قطرات مرطوب و خشک.	SARS-CoV-2	Log ۵، سنجش Plague ۲٤
گاز ازن	ppm ۳۰، ٤۰ دقیقه، ppm ۱۰۰، ۳۰ دقیقه، ppm ۱۰۰۰، ۲۰ دقیقه، روی سطوح، آزمایش حامل.	hCoV 229E (HuCoV-229E)	کاهش ۹۵ درصد سلول های HEK-293 ، تصویر برداری با استفاده از سیستم IncuCyte ZOOM ۲۵

کاربرد فناوری نانو برای مهار ویروس کرونا

یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو جلوگیری از انتشار ویروس کرونا در محیط خارج از بدن و محدود کردن انتقال آن است. برای جلوگیری از انتقال ویروس از طریق سطوح آلوده، نانوپوشش با استفاده از نانوذرات فلزی مانند نقره، طلا، مس، اکسید روی و اکسید تیتانیوم طراحی شده است. در جدول ۳ نانومواد ضدویروسی رایج همراه با مکانیسم و مکانیسم تأثیرشان بر ویروس کرونا که از بررسی مطالعات استخراج شده، آورده شده است.

جدول ۳. نانومواد ضد ویروسی رایج همراه با مکانیسم و مکانیسم تأثیرشان بر ویروس کرونا

نانو مواد	مکانیسم	مکانیسم اثر بر ویروس کرونا
نانو ذرات نقره	۱- آزاد شدن یون نقره ۲- تغییر نفوذپذیری غشای میکروبی ۳- برهم‌کنش نانو ذرات نقره با پروتئین‌های داخل سلولی به ویژه پروتئین‌های غشایی حاوی گوگرد و DNA میکروبی ٤- اختلال در تقسیم سلولی که منجر به مرگ سلولی می‌شود [۲۶-۲۹].	ـــ مکانیسم ضد ویروسی نانوذرات نقره، در برابر HIV-1 و آنفولانزای نوع A اثبات شده است و از طریق اختلال در پیوندهای پروتئین Spike ممکن است منجر به غیرفعال شدن ویروس کرونا شود [۳۰-۳۲].
نانو ذرات طلا	- تماس نانو ذرات طلا با ویروس‌ها تأثیر قابل توجهی در غیرفعال کردن ویروس‌ها ندارد. مکانیسم پیشنهادی تولید گرما توسط تابش نور به نانوذرات طلا در یک طول موج مشخص است که به آن خاصیت فتوترمال پلاسمونیک (Plasmonic photothermal) گفته می‌شود و در نتیجه غشای ویروس تغییر می‌کند و قدرت اتصال ویروس به سطوح کاهش می‌یابد [۲۷، ۲۹].	- با توجه به تحقیقات منتشرشده در مورد واریانت ویروس کرونا، سطح نانوذرات طلا را می‌توان به گونه ای اصلاح کرد که پروتئین های سنبله ویروس کرونا را بهم متصل کنند و سبب غیرفعال شدن ویروس شوند [۳۲-۳٤].
نانو ذرات مس	ـــ یون‌های مس از طریق آزاد کردن گونه‌های اکسیژن فعال (Active Oxygen Species یا ROS) سبب آسیب به پروتئین‌ها و لیپیدهای پوششی می‌شوند [۲۶، ۲۷، ۲۹].	ـــ مکانیسم ضده ویروسی مس و رادیکال های آزاد می‌تواند به طور خاص گلیکوزیلاسیون الیگوساکارید را بر روی پروتئین Spike مورد هدف قرار دهد [۳۵].
نانو ذرات اکسید روی	۱- تجمع بین سلولی نانوذرات ۲- تولید ROS که در غشای سلولی تجمع می‌یابد و باعث آسیب به دیواره سلولی و افزایش نفوذپذیری غشا می‌شود ۳- آزاد شدن یون روی به داخل سلول و اختلال در همانندسازی RNA [۲۷، ۲۹، ۳۶].	صابون آمفیفیلیک (دوگانه دوست) که به طور مؤثر ویریون‌های (virions) ویروس کرونا را با حل کردن غشای لیپیدی آن‌ها از بین می‌برد، از این احتمال پشتیبانی می‌کند که نانوذراتی مانند اکسید روی ممکن است با هدف قرار دادن ساختارهای مشابه به غیرفعال شدن ویروسی دست یابند [۳۲، ۳۷].
نانوذرات اکسید تیتانیوم	- تولید ROS توسط نور ماوراء بنفش، به دلیل خواص فوتوکاتالیستی نانوذرات تیتانیوم. - فعالیت ضدویروسی در غیاب نور به دلیل جذب سلولی توسط نانوذرات و تخریب غشای آنها [۲۶، ۲۷، ۲۹].	مکانیسم تخریب نوری دی اکسید تیتانیوم در حضور طول موج ماوراء بنفش و رطوبت برای غیرفعال کردن ویروس کرونا مناسب است، فعل و انفعالات با نانوذرات و ROS تولید شده آنها با غشاهای ویروس کرونا ممکن است پروتئین‌های سطحی مانند گلیکوپروتئین سنبله ویروس کرونا را به خطر بیاندازد [۳۲، ۳۷، ۳۸].

گندزدایی فاضلاب

بر اساس گزارشاتی که تاکنون منتشر شده است، احتمال انتشار گسترده ویروس کرونا از طریق فاضلاب وجود دارد. خطر مواجهه از طریق مسیر دهانی- مدفوعی، به دلیل دفع مدفوع به فاضلاب در مناطقی با امکانات بهداشتی ناکافی برجسته شده است. به عنوان یک اقدام احتیاطی، تصفیه خانه‌ها بهتر است اضافه کردن یک مرحله گندزدایی نهایی (تصفیه پیشرفته) را برای کاهش بیشتر خطر ناشی از پاتوژن های

ویروسی مانند ویروس کرونا را قبل از تخلیه پساب به محیط در نظر بگیرند. در جدول ٤ روش‌های مختلف گندزدایی، اثر بخشی، مزایا، معایب و نگرانی های زیست محیطی روش های گندزدایی برای حذف ویروس کرونا از فاضلاب با بررسی مطالعات آورده شده است.

جدول٤: اثر بخشی، مزایا، معایب و نگرانی های زیست محیطی روش های مختلف گندزدایی برای حذف ویروس کرونا از فاضلاب [38]

روش های گندزدایی	اثربخشی	مزایا	معایب	نگرانی های زیست محیطی
پراستیک اسید [35, 39, 40]	– اکسیدان قوی تر از اسید هیپوکلرو یا دی اکسید کلر اما ضعیف تر از ازن می‌باشد. – غلظت‌های نسبتاً بالایی برای دستیابی به غیرفعال شدن ویروس در پساب فاضلاب (ppm ١٤٠–٢٠) مورد نیاز است ٤١ .	– تأثیر کمتری بر کیفیت فاضلاب (COD،pH و BOD). – قابل استفاده در غلظت، زمان تماس و دما بسیار کم – نقطه انجماد پایین و تا حد زیادی پایدار است.	بسیار واکنش پذیر و برای هر سطحی ایمن نیست (ممکن است فلزات نرم را خورده کند).	– اثرات زیست محیطی ناچیز –بدون محصولات جانبی ضد گندزدایی مضر(تجزیه به آب و اکسیژن) – سمیت کمتر بر آبزیان – بر سمیت پساب تأثیر نمی گذارد.
اسید پرفرمیک [42-45]	– مؤثرتر از اسید پراستیک در برابر ویروس‌ها می‌باشد. – گندزدایی با طیف گسترده دارد.	– عدم وجود محصولات جانبی گندزدائی مضر – قدرت اکسیداسیون بالا – در دماهای پایین تر به طور مؤثر کار می‌کند.	– ناپایدار و باید در دمای زیر ٢٠ درجه سانتیگراد نگهداری شود. – نیازمند ایمنی بالقوه، زیرا در دماها و غلظت های بالا قابل انفجار است، از نظر ترمودینامیکی حتی در شرایط خفیف ناپایدار است.	– محصولات جانبی (پراکسید هیدروژن و اسید فرمیک) برای جانوران آبزی سمی نیستند. – تحرک بسیار بالا در خاک
اشعه UV [46-48]	ـ دارای راندمان بالا غیرفعال سازی ویروسی	– بدون نیاز به افزودن مواد شیمیایی – غیر خورنده – انرژی مورد نیاز نسبتاً کم	– کدورت و رنگ مانع گندزدایی می‌شود. ـ باقی مانده ندارد. – نیاز به گندزدائی ثانویه – بدون اثر ضد عفونی مداوم	– عدم تشکیل محصولات جانبی ضد عفونی – خطرات بهداشت شغلی وجود دارد.
ازن زنی [49-51]	– اثر میکروب کشی بالاتر از کلر – اکسیدان بسیار قوی	– واکنش سریع – می‌تواند رنگ، بو را حذف کند – به عنوان بیوسید موثرتر از کلر، کلرامین و دی اکسید کلر – بسیار کارآمد برای غیر فعال سازی ویروسی	– کمترین پایداری در آب – مشکلات بهره برداری و نگهداری – تقاضای بالای ازن برای بسیاری از پساب‌ها – هزینه های بالای سرمایه، عملیاتی و نگهداری – نیاز به ضد عفونی ثانویه	– ممکن است سطح اسیدیته آب را افزایش دهد و مصرف بیش از حد ممکن است باعث بوی بد و آلودگی ثانویه شود. – ممکن است از طریق واکنش با برمید و یدید محصولات جانبی تشکیل شود. – عدم تشکیل محصولات جانبی هالوژنه
هیپوکلریت [52-55]	– طیف گسترده ای از فعالیت ضد میکروبی دارد. – ٨٠٠ تا ٦٧٠٠ گرم بر مترمکعب آن ویروس کرونا را در محیط آزمایش سپتیک تانک، در زمان تماس ١/٥ساعت غیرفعال می‌کند.	– بدون بقایای سمی – اثربخشی به سختی آب بستگی ندارد. – عملکرد سریع و پایدار – ارزان	– خورندگی بالا نسبت به فلزات – غیر فعال شدن توسط مواد آلی – انتشار بوی قوی – مصرف انرژی بالا	– اثرات زیست محیطی کم – تولید ماده سرطان زا حیوانی تری هالومتان – گاز سمی کلر را در واکنش با آمونیاک یا اسید آزاد می‌کند.
کلرآمین [38]	– غیرفعال شدن ویروسی کندتر از کلر آزاد است و ضعیف تر است.	– نسبتا پایدار ـ کلر را در مدت طولانی آزاد می‌کند. – کاهش تشکیل بیوفیلم از آنجایی که	پتانسیل اکسید کننده و ضد عفونی کمتر از کلر، اسید هیپوکلریت و یون هیپوکلریت است.	– اثرات زیست محیطی کم – سطوح پایین تر محصول جانبی (ممکن است نیتروزآمین هایی با

		سطوح باقیمانده در سراسر سیستم نسبتاً ثابت می‌ماند.		خاصیت سرطان زایی تولید شوند) – عدم تشکیل تری هالومتان
دی‌اکسید کلر [۱۳]	– در برابر طیف وسیعی از عوامل بیماری زا مؤثر است. – غیرفعال سازی موفقیت آمیز کروناویروس موش پس از قرار گرفتن در معرض ppm ۰/۱۶ بر دقیقه [۵۶] .	– بدون واکنش با نیتروژن آمونیاکی – مؤثر در محدوده pH بالا (۵ تا ۱۰) – هزینه های کمتر عملیات و آماده سازی – قابلیت اکسیژن‌زدایی، رنگ‌زدایی و بوی‌زدایی – محلول در دمای پایین	– گرانتر از کلر آزاد – با مواد آلی واکنش می‌دهد – نیاز به تهیه تازه (کمتر پایدار) – تشکیل محصول جانبی کلریت و کلرات – ممکن است در دماها و فشارهای بالا قابل انفجار باشد. – نور خورشید و اشعه ماوراء بنفش با واسطه تجزیه می‌شوند.	– عدم تشکیل محصولات جانبی بالقوه سمی مانند تری هالومتان‌ها – ممکن است ترکیبات آلی هالوژنه نامطلوب، محصولات جانبی معدنی (کلریت و کلرات) با کربن آلی محلول، میکروب‌ها و یون‌های معدنی تشکیل دهد.
اشعه خورشید [۵۷, ۵۸]	ـ نور خورشید شبیه سازی شده، ۹۰ درصد ویروس کرونا را در هر ۶/۸ دقیقه در بزاق شبیه سازی شده غیرفعال می‌کند [۵۹] .	ـ تمیز – هزینه عملیات کم	کیفیت آب، باید در نظر گرفته شود.	بدون نگرانی زیست محیطی

بحث

ویروس کرونا به عنوان یک ویروس پوشش دار می‌باشد که به مواد شیمیایی گندزدائی کننده تجاری و روش‌های گندزدائی فیزیکی حساس است [۶۰, ۶۱] . مطالعات اخیر ریبونکلوئید اسید ویروس کرونا را بر روی سطوح در بخش‌های ایزوله، ۲۸ روز پس از مواجه سطوح با ویروس از طریق روش‌های RT-PCR شناسایی نموده اند [۶۲, ۶۳] . با این حال، بعید است که ریبونکلوئید اسید ویروس کرونا بر روی سطوح تحت درمان، به دلیل ناتوانی در ورود به سلول‌های ریه انسان به عنوان یک خطر به عمل آید [۱۵] . اثربخشی ویروس کشی با آزمایش های کمی تعلیق تعیین می‌شود و تعیین اثر بیوسیدال بر ویروس کرونا همیشه امکان پذیر نیست، زیرا ویروس به سطح ایمنی زیستی ۳ یا بالاتر نیاز دارد [۲۵] . چارچوب کمیته اروپایی، گونه‌های جایگزین مناسب به منظور مطالعات گندزدایی برای بسیاری از میکروارگانیسم‌ها را مشخص می‌نماید. برای فعالیت ویروس کشی در برابر ویروس های پوششی از جمله ویروس کرونا ویروس واکسینیا (Vaccinia virus) را به عنوان ارگانیسم آزمایش مربوطه بر اساس این چارچوب مشخص نموده است [۶۳] . Marqués و همکاران، ویروس کرونا را بر روی سطوح در بخش‌های مراقبت‌های ویژه (۱۰log ۵/۲–۴/۴) و در بخش‌های عمومی (۱۰log ۴–۲/۸) گزارش نموده اند [۶۳] . در حالی‌که بار ویروسی ویروس کرونا بر روی فومیت‌ها (وسایل و اشیاء آلوده) به دنبال تماس مستقیم با افراد آلوده در حال حاضر ناشناخته است، اما بر اساس مطالعات مشخص شده است که ویروس بسته به جنس سطح، pH، دما و رطوبت تا ۹روز روی سطوح عفونی باقی می‌ماند (۱۹, ۲۰). به توصیه سازمان بهداشت جهانی (WHO)، گندزدائی سطوح و بهداشت دست در کنترل انتقال ویروس از اهمیت بالایی برخوردار است. راندمان گندزدائی کننده تحت تأثیر نوع ویروس، ماده آلی، تیتر ویروس، pH، تجمع ویروس، زمان تماس بیوسید و غلظت گندزدا است. به این ترتیب، تمیز کردن یک پیش نیاز ضروری برای گندزدائی، جهت حذف مواد آلی آلوده است. در محیط‌های مراقبت‌های بهداشتی، عوامل گندزدائی کننده مورد استفاده شامل استریلیزاسیون با فشار بخار بالا، گرمای خشک، اشعه ماوراء بنفش، گاز اکسید اتیلن و پراکسید هیدروژن، پلاسما و مواد شیمیایی بیوسید می‌باشند [۱۰] (جدول ۱ و ۲).

سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA)بیوسیدهای شیمیایی مختلفی از جمله ترکیبات آمونیوم چهارتایی، پراکسید هیدروژن، استیک اسید،

ایزوپروپانول، اتانول، سدیم هیپوکلریت و فنولیک را برای استفاده داخلی و بالینی به منظور کاهش انتقال ویروس کرونا تأیید نموده است (۸). غیرفعال شدن ویروس ناشی از اختلال در ساختار سلولی، تخریب پوشش لیپیدی، انعقاد پروتئین، اسید نوکلئیک و دناتوره شدن پروتئین است [۱۶] (جدول۱). براساس مطالعه Kampf و همکاران، اتانول ۷۰ درصد، هیپوکلریت سدیم ۰/۱ درصد و گلوتاردی آلدئید ۲ درصد در زمان تماس ۱ دقیقه بر روی سطح آلوده منجر به کاهش فعالیت ویروس کرونا، به میزان log۱۰ ۳ شدند [۵۴] . همچنین Bedrosian و همکاران، راندمان استیک اسید را جهت حذف ویروس کرونا مطالعه نمودند. محققان گزارش نمودند که غلظت اسید استیک ٦ درصد پس از یک دقیقه زمان تماس، قابلیت زنده ماندن ویروس کرونا را تا log۱۰ ۳/۵ روی سطوح کاهش می‌دهد [۱۱] . علاوه براین، در مطالعه AL-Sayah، اتانول۷۰-٦۲ درصد، پراکسید هیدروژن ۰/۵ درصد و هیپوکلریت سدیم ۰/۱ درصد را برای غیرفعال سازی ویروس کرونا با زمان تماس ۱ دقیقه گزارش نمودند [۱۲] . تحقیقات Storm و همکاران نیز نشان داده که ویروس کرونا در آئروسل‌های هوا تحت اشعه UVC با طول موج ۲٥٤ نانومتر در عرض ٤ تا ۹ ثانیه به میزان Log ۵ کاهش می‌یابد [۲٤] . مقایسه مطالعاتی که کارایی گندزداها را ارزیابی می‌نمایند، به دلیل تغییرات تجربی ذاتی و فقدان روش‌های استاندارد شده (از جمله مواد آزمایش، زمان‌های مختلف در معرض قرار گیری، بار ویروسی، مواد شیمیایی آزمایشی یا ترکیبات و بازدارنده آلی مورد استفاده) دشوار است [۲۰] .

در جدول ۳ نانو مواد ضد ویروسی رایج همراه با مکانیسم و مکانیسم تأثیرشان بر ویروس کرونا خلاصه شده است. یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو جلوگیری از انتشار ویروس کرونا در محیط خارج از بدن و محدود نمودن انتقال آن است [۲٦] . برای جلوگیری از انتقال ویروس از طریق سطوح آلوده، نانوپوشش با استفاده از نانوذرات فلزی مانند نقره، مس، طلا، اکسید روی و اکسید تیتانیوم طراحی شده است [٦٤، ٦٥] . نانو مواد را می‌توان در رنگ‌های پلیمری و پوشش‌های دستگاه‌های پزشکی، دیوارها و سطوح با تماس زیاد استفاده نمود [٦٦] . نانو گندزدائی‌کننده‌های مبتنی بر نانوذرات نقره در بیمارستان‌ها و سطوح با تماس بالا در مکان‌های عمومی استفاده می‌شوند [٦٥] . نانوذرات فلزی، مانند اکسیدهای فلزی و گرافن به دلیل خواص ضد ویروسی، ضد باکتریایی و ضد قارچی می‌توانند برای این کاربردها استفاده شوند. با توجه به نسبت سطح به حجم بالا، مقادیر کم می‌تواند به طور مؤثر ویروس را غیرفعال نماید [٦٦] . تولید ROS اضافی یک مکانیسم زیست‌کشی گسترده است که توسط بسیاری از ذرات اکسید فلز، مانند نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی از طریق فوتوکاتالیز ماوراء بنفش [٦٧-٧١] یا مستقیماً از اکسید آهن و مواد مبتنی بر مس، انجام می‌شود [٧٢-٧٥] . این مکانیسم باعث آسیب اکسیداتیو به غشاهای لیپیدی، کپسیدهای پروتئینی و مواد ژنتیکی ویروس‌ها می‌شود که توانایی آنها را برای ورود به میزبان و تکثیر مختل می‌نماید [٦٨، ٧٢، ٧٦-٧٨] . از آن جایی که ویروس کرونا یک RNA ویروسی تک رشته‌ای سو مثبت پوشش‌دار می‌باشد؛ بنابراین می‌تواند به تخریب نوری با واسطه ROS توسط دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی حساس باشد [۷۹، ۸۰] . طبق مطالعه اخیر انجام شده توسط Abo-zeid و همکاران پیش‌بینی می‌شود که اکسیدهای آهن می‌توانند مستقیماً با S1-RBD (S1 Receptor-Binding Domain) روی پروتئین Spike ویروس کرونا برهم‌کنش داشته باشند که منجر به تغییرات ساختاری برگشت‌ناپذیری می‌شود و از اتصال ویروسی جلوگیری می‌نمایند [۸۱] . براساس مطالعه Eguchi و همکاران و Yasuda و همکاران برای ترکیبات مس، رادیکال های هیدروکسیل تولید شده توسط یون های مس در واکنش های فنتون مانند می‌توانند پیوندهای ان-گلکوسید (N-glycosidic) را در باقیمانده های GlcNAc (N-Acetylglucosamine) بشکنند [۳۵، ۸۲] . باقیمانده‌های GlcNAc،

الیگوساکاریدهای محافظ گلیکان را به پروتئین سنبله متصل می‌کنند که ROS تولید شده توسط نانوذرات می‌تواند از طریق برش این الیگوساکاریدها بر روی ویروس کرونا تأثیر بگذارد [۸۳-۸۵]. در مجموع مکانیسم‌های با واسطه ROS، نقش حیاتی در اثر ضد ویروسی نانوذرات خاص دارند و ممکن است ویروس کرونا را از طریق آسیب اکسیداتیو به محافظ گلیکان، پروتئین‌ها و غشای لیپیدی آن غیرفعال نمایند [۳۲]. علاوه بر مکانیسم‌های ضدویروسی مبتنی بر ROS، نانوذرات از طریق فعل و انفعالات فیزیکی مستقیم و تشکیل پیوندهای شیمیایی با زنده ماندن ویروس تداخل می‌نمایند [۳۲]. براساس مطالعه Shang و همکاران، پروتئین Spike ویروس کرونا دارای مناطق پیوند دی سولفیدی برای اتصال به گیرنده ACE-2 (Angiotensin-Converting Enzyme 2) است [۳۳]. نانو ذرات نقره ممکن است با اتصال به این دی سولفید آسیب پذیر پروتئین Spike ویروس کرونا را غیرفعال نمایند [۳۲].

در جدول ٤ اثر بخشی، مزایا، معایب و نگرانی های زیست محیطی روش های مختلف گندزدایی برای حذف ویروس کرونا از فاضلاب آورده شده است. بر اساس گزارشاتی که تاکنون منتشر شده است، احتمال انتشار گسترده ویروس کرونا از طریق فاضلاب وجود دارد [۸۶]. خطر مواجه از طریق مسیر دهانی- مدفوعی، به دلیل دفع مدفوع به فاضلاب در مناطقی با امکانات بهداشتی ناکافی برجسته شده است [۸۷، ۸۸]. به نظر می‌رسد خطر انتقال ویروس کرونا از مدفوع یک فرد آلوده و مسیر مدفوعی دهانی کم باشد. در حالی که چندین مطالعه، ریبونکلوئید اسید ویروسی ویروس کرونا را در مدفوع بیماران در طول بیماری و پس از بهبودی شناسایی نموده اند [۸۹-۹۱]. سه مطالعه وجود ویروس عفونی کرونا را در مدفوع گزارش نموده اند [۹۲-۹٤]. با طراحی خوب و عملکرد خوب تصفیه خانه های فاضلاب و سیستم‌های بهداشتی در محل و با دفع قابل اعتماد در محل و تخلیه به یک تصفیه خانه لجن فاضلاب، خطر ناشی از عوامل بیماری زا مدفوع از جمله ویروس کرونا باید محدود شود [۹۵]. به عنوان یک اقدام احتیاطی، تصفیه خانه‌ها ممکن است اضافه نمودن یک مرحله گندزدایی نهایی (تصفیه پیشرفته) را برای کاهش بیشتر خطر ناشی از ویروس کرونا را قبل از تخلیه پساب به محیط در نظر بگیرند. این اقدامات برای غیرفعال سازی ویروس‌ها در پساب‌های فاضلاب و آب از طیف فیزیکی (تابش یونیزان توسط پرتوهای گاما و نور ماوراء بنفش، اکسیداسیون فتودینامیکی و گرما) تا مواد شیمیایی (کلر، دی‌اکسید کلر، ازن، ید، برم و کلرید برم) در دسترس هستند [۹۵].

مطالعات اثربخشی کلر را در برابر ویروس‌ها تأیید نمودند. جهت حذف ویروس‌ها معمولاً ۳۰ تا ۵۰ میلی گرم بر لیتر و ۱۵ تا ۲۵ میلی گرم بر لیتر کلر به ترتیب پس از تصفیه اولیه و ثانویه و پساب به فاضلاب اضافه می‌شود [۹٦]. باقیمانده کلر آزاد در محدوده ۰/۲ تا ۰/۵ میلی گرم بر لیتر برای فاضلاب شهری جهت گندزدایی ویروس های سندرم حاد تنفسی شدید کافی است [۵۲]. هیپوکلریت‌ها بیشترین کاربرد را به عنوان گندزدای کلر دارند. Sattar و همکاران گزارش نمودند که هیپوکلریت سدیم در حداقل غلظت کلر آزاد ppm ۵۰۰۰ می‌تواند سبب کاهش log ۳ ویروس کرونا در یک دقیقه شود [۹۷]. Zhang و همکاران متوجه شدند که دوز ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر هیپوکلریت سدیم برای حذف ویروس کرونا از فاضلاب سپتیک تانک بیمارستان کافی نبود. با این وجود، پس از افزایش دوز هیپوکلریت سدیم به ٦۷۰۰ میلی گرم بر لیتر ویروس کرونا مشاهده نشد [٤]. دی اکسید کلر به عنوان یک گندزدا کننده دارای چندین مزیت نسبت به کلر است. ممکن است جایگزینی برای کلر باشد و برای غیرفعال کردن ویروس ایده آل ترین باشد [۱۳]. دی اکسید کلر می‌تواند با جذب به پروتئین کپسومر ویروس‌ها با ریبونکلوئید اسید واکنش دهد و معمولاً به عنوان یک میکروب‌کش موثر تحت pH، دما و کدورت در تصفیه خانه‌های آب استفاده شود [۹۸]. طبق مطالعه Wang و همکاران دی اکسید کلر می‌تواند با موفقیت

ویروس کرونـا را تنهـا پس از ۳۰ دقیقـه گندزدائی با دوز ٤٠ میلی گرم بر لیتر غیرفعـال نمـایـد [۵۳] . همچنین، Kim و همکاران غیرفعال سـازی موفقیت آمیز ویروس کرونای موش را پس از قرار گیری در معرض مستقیم گاز دی اکسید کلر در غلظـت ۰/۱٦ میلی گرم برلیتر بر دقیقـه گزارش نمودنـد [۵۷] . کلرآمین دسـته دیگری از ترکیبات کلردار ترکیبی اسـت که اخیراً اسـتفـاده از آن افزایش یافته اسـت. علیرغم اینکه در مقایسـه با اسـید هیپوکلریت و یون کلرید، اکسـید کننده و گندزدائی کننده ضـعیف تری هسـتند و سرعت غیرفعال شدن ویروسـی کمتری دارند. همچنین دارای مزایایی مانند پایداری بهتر و آزادسـازی کلر در مدت زمان طولانی هسـتند [۹۹] . Kelly و Sanderson گزارش نمودنـد که ۰/۷ میلی گرم بر لیتر کلر ترکیبی در دوره تماس حداقل ٤ سـاعت منجر به غیرفعال شـدن ۹۹/۷ درصـد ویروس های روده در محیط آزمایش فاضـلاب شـد [۱۰۰] . حذف مواد آلی از فاضلاب از طریق پیش فیلتراسیون قبل از گندزدائی با کلر برای کاهش احتمال تشکیل تری هالومتان‌ها ممکن است یک راهبرد مؤثر برای دستیابی به سـطح گندزدایی مطلوب و همچنین ایمنی محیطی و بهداشتی باشد [۳۹] .

به طور کلی، کارایی ضـد عفونی اسـتیک اسـید نسـبت به میکروب هـای مختلف را می‌توان بـه صـورت بـاکتری> ویروس> هـاگ بـاکتری> کیسـت تـک یـاختـه رتبـه بندی نمود [۱۰۱] . بر اساس گزارش USEPA، استیک اسید در غلظت ۵ و ۱۵درصـد به طور کلی یک اکسـیدان قوی تر از اسـید هیپوکلرو یا دی اکسـید کلر اسـت، اما ضـعیف تر از ازن می‌باشـد [۱۰۲] . برای ویروس‌ها محدوده دوز اسـتیک اسـید گسـترده اسـت (ppm ۲۲۵۰-۱۲) و غلظت‌های نسـبتاً بالایی (ppm۱٤۰-۲۰) برای دسـتیابی به غیرفعال شـدن ویروس در پسـاب فاضـلاب مورد نیاز اسـت [۱۰۳،۱۰٤] . اگرچه اثر اسـتیک اسـید بر ویروس کرونا در محیط آبی آزمایش نشـده است. اما نشـان داده شـده که اسـتیک اسـید در برابر برخی دیگر از ویروس‌های بدون پوشـش (مانند نورو ویروس ها) که ظاهراً مقـاومت بالاتری نسـبت به ویروس‌های پوشـشـی دارند، اثربخشـی دارد [۱۰۱] . فرمیک اسـید همانند اسـتیک اسید دارای چندین مزیت نسبت به کلر است و در برابر ویروس‌ها مؤثرتر اسـت. آزمایش‌های گندزدایی نشان داده است که فرمیک اسید یک ضـد عفونی کننده قوی‌تر از اسـتیک اسـید اسـت [۱۰۵] . Karpova و همکاران دوز پایین ۰/۵ میلی گرم بر لیتر فرمیک اسـید را به مدت ۱۰ دقیقه برای ضـد عفونی کردن پسـاب و جلوگیری از رشـد مجدد میکروبی در ۲٤ سـاعت گزارش نمودند. با این حال، کارایی گندزدائی فرمیک اسـید به کیفیت پساب بستگی دارد [۱۰٦] .

ازن یک ضـد عفونی کننده قوی اسـت که می‌تواند کیفیت بیولوژیکی آب را در زمـان تمـاس کمتر، غلظـت و با راندمان بالاتر بهبود ببخشـد. نیمه عمر کوتاه ازن ممکن اسـت اجازه دهد آب تصـفیه شـده بدون هیچ گونه نگرانی زیست محیطی تخلیه به محیط شود [۵۰] . در حال حاضر هیچ گزارشی در مورد گندزدائی با ازن در محیط فاضـلاب در برابر ویروس کرونا نوع SARS-CoV-2 یافت نشـده اسـت، با این حال، انتظار می‌رود که در برابر ویروس کرونا مؤثر باشـد، زیرا ازن زنی با موفقیت در برابر ویروس کرونای نوع SARS-CoV-1 استفاده شده است [۵۰] .

گندزدایی فاضـلاب با واسطه نور خورشید یک گزینه قابل اجرا و امکـان پـذیر در بسـیـاری از انواع محیط هـای آبی اسـت [۵۸] . تحقیقـات اخیر از وزارت امنیـت داخلی ایالات متحده، اولین داده‌ها را در مورد تأثیر نور خورشید شبیه سازی شده بر بقای ویروس کرونا معلق در بزاق شبیه سازی شده یا محیط‌کشـت ارائه نموده اسـت. همچنین نشـان دادند که نور خورشـید ممکن اسـت تأثیر مسـتقیم بر بقای ویروس کرونا داشـته باشـد [۵۹] . در زیر نور خورشـید شـبیه سـازی شده ۹۰ درصـد ویروس کرونای عفونی در مدت ٦/۸ و ۱٤/۳ دقیقه به

ترتیب در بزاق شبیه سازی شده و محیط کشت غیرفعال می‌شود [۵۹].

نتیجه‌گیری

بررسی مطالعات نشان داد که ویروس کرونا می‌تواند تا ۹ روز بر روی سطوح بی جان، عفونت زا باقی بماند. همچنین نتایج بررسی مطالعات آشکار نمود که ایزوپروپیل الکل ۹۰-۷۰ درصد در زمان تماس ۳۰ ثانیه و پراکسید هیدروژن ۳-۱ درصد پس از ۱ دقیقه می‌توانند ویروس کرونا را غیر فعال نمایند. برای غیرفعال نمودن ویروس کرونا روی سطوح، رایج ترین گندزداهای مورد استفاده اتانول ۷۰-۶۰ درصد، پراکسید هیدروژن ۰/۵ درصد و هیپوکلریت سدیم ۰/۱ درصد بودند. علاوه بر این ویروس کرونا در آئروسل‌های هوا تحت اشعه UVC با طول موج ۲۵٤ نانومتر در عرض ٤ تا ۹ ثانیه به میزان log ۵ کاهش یافته بود. برای ضدعفونی نمودن دست، سازمان بهداشت جهانی استفاده از ایزوپروپیل الکل ۷۵ درصد یا اتانول ۸۰ درصد را به مدت ۳۰ ثانیه به منظور غیرفعال کردن ویروس کرونا توصیه نموده بود. نانوذرات مبتنی بر فلز نیز ممکن است برای از غیرفعالسازی ویروس کرونا، با هدف قرار دادن پروتئین‌های سنبله آن از طریق مهار رقابتی یا برش دی سولفید برای جلوگیری از ورود ویروس کرونا و آلوده کردن سلول‌ها، عمل نمایند. علاوه بر این، آسیب فیزیکی مستقیم به غشای ویروس‌های پوشش دار مانند ویروس کرونا توسط بسیاری نانوذرات نشان داده شده بود. همچنین ثابت شده بود که دی اکسید تیتانیوم، اکسید روی، اکسید آهن و ترکیبات مسی در پوشش های سطحی حالت جامد یا پلیمری، ویروس‌ها را به طور موثر غیرفعال می‌نمایند. احتمال انتشار گسترده ویروس کرونا از طریق فاضلاب وجود دارد. سه مطالعه وجود ویروس عفونی در مدفوع را گزارش نموده بودند. به عنوان یک اقدام احتیاطی، در تصفیه خانه‌ها اضافه نمودن یک مرحله گندزدایی نهایی برای کاهش بیشتر خطر ناشی از ویروس کرونا قبل از تخلیه لازم است. همچنین بر اساس مطالعات، اثربخشی کلر در برابر ویروس‌ها تأیید شده بود. باقیمانده کلر آزاد در محدوده ۰/۲ تا ۰/۵ میلی گرم بر لیتر برای فاضلاب شهری جهت گندزدایی ویروس های سندروم حاد تنفسی کافی بود. همچنین، غلظت ٦۷۰۰ تا ۸۰۰ گرم بر مترمکعب هیپوکلریت سدیم در فاضلاب سپتیک تانک در مدت زمان تماس ۱/۵ ساعت ویروس کرونا را غیرفعال نموده بود. دوز ٤۰ میلی گرم بر لیتر دی اکسید کلر نیز توانسته بود با موفقیت ویروس کرونا را تنها پس از ۳۰ دقیقه گندزدائی غیرفعال نماید. بنابراین می‌توان نتیجه گیری نمود که اگرچه داروها و واکسن های مؤثری برای بیماری کووید-۱۹ تا به امروز ساخته شدند. با این وجود، به دلیل جهش‌های غیرمنتظره ویروس کرونا، شناسایی گندزداهای مؤثر برحذف سویه های مختلف ویروس کرونا از سطوح و محیط های مختلف می‌تواند اقدام مناسبی برای پیشگیری و جلوگیری از انتشار بیماری کووید-۱۹ باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان لازم می‌دانند از دکتر مجید هاشمی، عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت کرمان به جهت راهنمایی های ارزنده ایشان در نگارش این مقاله، تشکر و قدردانی نمایند.

References

1. Mawar N, Sahay S, Pandit A, Mahajan U. The third phase of HIV pandemic: social consequences of HIV/AIDS stigma & discrimination & future needs. Indian Journal of Medical Research 2005;122(6): 471.
2. Hui DS, Azhar EI, Madani TA, et al. The continuing 2019-nCoV epidemic threat of novel coronaviruses to global health: The latest 2019 novel coronavirus outbreak in Wuhan, China. International journal of infectious diseases 2020;91: 264-6.
3. Feng Z, Cao S-J, Haghighat F. Removal of SARS-CoV-2 using UV+ Filter in built environment. Sustainable Cities and Society 2021;74: 103226.
4. Achak M, Bakri SA, Chhiti Y, et al. SARS-CoV-2 in hospital wastewater during outbreak of COVID-19: A review on detection, survival and disinfection technologies. Science of the Total Environment 2021;761: 143192.
5. Chu DK, Akl EA, Duda S, et al. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. The lancet 2020;395(10242): 1973-87.
6. Rowan NJ, Moral RA. Disposable face masks and reusable face coverings as non-pharmaceutical interventions (NPIs) to prevent transmission of SARS-CoV-2 variants that cause coronavirus disease (COVID-19): Role of new sustainable NPI design innovations and predictive mathematical modelling. Science of the Total Environment 2021;772: 145530.
7. Russell A. Introduction of biocides into clinical practice and the impact on antibiotic-resistant bacteria. Journal of Applied Microbiology 2002;92: 121S-35S.
8. Rowan NJ, Casey O. Empower Eco multiactor HUB: A triple helix (academia-industry-authority) approach to creating and sharing potentially disruptive tools for addressing novel and emerging new Green Deal opportunities under a United Nations Sustainable Development Goals framework. Current Opinion in Environmental Science & Health 2021;21: 100254.
9. Rowan NJ, Galanakis CM. Unlocking challenges and opportunities presented by COVID-19 pandemic for cross-cutting disruption in agri-food and green deal innovations: Quo Vadis? Science of the Total Environment 2020;748: 141362.
10. Rai NK, Ashok A, Akondi BR. Consequences of chemical impact of disinfectants: safe preventive measures against COVID-19. Critical reviews in toxicology 2020;50(6): 513-20.
11. Bedrosian N, Mitchell E, Rohm E, et al. A systematic review of surface contamination, stability, and disinfection data on SARS-CoV-2 (through July 10, 2020). Environmental Science & Technology 2020;55(7): 4162-73.
12. Al-Sayah MH. Chemical disinfectants of COVID-19: an overview. Journal of water and health 2020;18(5): 843-8.
13. Zhang D, Ling H, Huang X, et al. Potential spreading risks and disinfection challenges of medical wastewater by the presence of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) viral RNA in septic tanks of Fangcang Hospital. Science of the Total Environment 2020;741: 140445.
14. Mahmood A, Eqan M, Pervez S, et al. COVID-19 and frequent use of hand sanitizers; human health and environmental hazards by exposure pathways. Science of the Total Environment 2020;742: 140561.
15. Rowan NJ, Meade E, Garvey M. Efficacy of frontline chemical biocides and disinfection approaches for inactivating SARS-CoV-2 variants of concern that cause coronavirus disease with the emergence of opportunities for green eco-solutions. Current Opinion in Environmental Science & Health 2021;23: 100290.
16. Lin Q, Lim JY, Xue K, et al. Sanitizing agents for virus inactivation and disinfection. View 2020;1(2): e16.
17. Meyers C, Kass R, Goldenberg D, et al. Ethanol and isopropanol inactivation of human coronavirus on hard surfaces. Journal of Hospital Infection 2021;107: 45-9.
18. Mileto D, Mancon A, Staurenghi F, et al. Inactivation of SARS-CoV-2 in the liquid phase: are aqueous hydrogen peroxide and sodium percarbonate efficient decontamination agents? ACS Chemical Health & Safety 2021;28(4): 260-7.
19. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. Journal of hospital infection 2020;104(3): 246-51.
20. Pedreira A, Takın Y, Garcıa MR. A critical review of disinfection processes to control SARS-CoV-2 transmission in the food industry. Foods 2021;10(2): 283.
21. Lauritano D, Moreo G, Limongelli L, et al. Environmental disinfection strategies to prevent indirect transmission of SARS-CoV2 in healthcare settings. Applied Sciences 2020;10(18): 6291.
22. Bidra AS, Pelletier JS, Westover JB, et al. Comparison of in vitro inactivation of SARS CoV-2 with hydrogen peroxide and povidone-iodine oral antiseptic rinses. Journal of Prosthodontics 2020;29(7): 599-603.
23. Auerswald H, Yann S, Dul S, et al. Assessment of inactivation procedures for SARS-CoV-2. The Journal of General Virology 2021;102(3).
24. Storm N, McKay LG, Downs SN, et al. Rapid and complete inactivation of SARS-CoV-2 by ultraviolet-C irradiation. Scientific Reports 2020;10(1): 1-5.

25. Zucker I, Lester Y, Alter J, et al. Pseudoviruses for the assessment of coronavirus disinfection by ozone. Environmental chemistry letters 2021;19(2): 1779-85.

26. Aghamirza Moghim Aliabadi H, Eivazzadeh-Keihan R, Beig Parikhani A, et al. COVID-19: A systematic review and update on prevention, diagnosis, and treatment. MedComm 2022;3(1): e115.

27. Fernando S, Gunasekara T, Holton J. Antimicrobial nanoparticles: applications and mechanisms of action. 2018.

28. Kaweeteerawat C, Na Ubol P, Sangmuang S, et al. Mechanisms of antibiotic resistance in bacteria mediated by silver nanoparticles. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A 2017;80(23-24): 1276-89.

29. Weiss C, Carriere M, Fusco L, et al. Toward nanotechnology-enabled approaches against the COVID-19 pandemic. ACS nano 2020;14(6): 6383-406.

30. Kim J, Yeom M, Lee T, et al. Porous gold nanoparticles for attenuating infectivity of influenza A virus. Journal of nanobiotechnology 2020;18(1): 1-11.

31. Du T, Liang J, Dong N, et al. Glutathione-capped Ag2S nanoclusters inhibit coronavirus proliferation through blockage of viral RNA synthesis and budding. ACS Applied Materials & Interfaces 2018;10(5): 4369-78.

32. Lin N, Verma D, Saini N, et al. Antiviral nanoparticles for sanitizing surfaces: A roadmap to self-sterilizing against COVID-19. Nano Today 2021;40: 101267.

33. Shang J, Ye G, Shi K, et al. Structural basis of receptor recognition by SARS-CoV-2. Nature 2020;581(7807): 221-4.

34. Lan J, Ge J, Yu J, et al. Structure of the SARS-CoV-2 spike receptor-binding domain bound to the ACE2 receptor. Nature 2020;581(7807): 215-20.

35. Eguchi H, Ikeda Y, Koyota S, et al. Oxidative damage due to copper ion and hydrogen peroxide induces GlcNAc-specific cleavage of an Asn-linked oligosaccharide. The journal of biochemistry 2002;131(3): 477-84.

36. Sirelkhatim A, Mahmud S, Seeni A, et al. Review on zinc oxide nanoparticles: antibacterial activity and toxicity mechanism. Nano-micro letters 2015;7(3): 219-42.

37. Chin AW, Chu JT, Perera MR, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. The Lancet Microbe 2020;1(1): e10.

38. Bianchi M, Benvenuto D, Giovanetti M, et al. Sars-CoV-2 envelope and membrane proteins: structural differences linked to virus characteristics? BioMed Research International 2020;2020.

39. Kataki S, Chatterjee S, Vairale MG, et al. Concerns and strategies for wastewater treatment during COVID-19 pandemic to stop plausible transmission. Resources, Conservation and Recycling 2021;164: 105156.

40. Antonelli M, Turolla A, Mezzanotte V, Nurizzo C. Peracetic acid for secondary effluent disinfection: a comprehensive performance assessment. Water science and technology 2013;68(12): 2638-44.

41. Kim J, Huang C-H. Reactivity of peracetic acid with organic compounds: a critical review. ACS ES&T Water 2020;1(1): 15-33.

42. Rutala WA, Weber DJ. Disinfection and sterilization in health care facilities: what clinicians need to know. Clinical infectious diseases 2004;39(5): 702-9.

43. Lasik M, Dobrucka R, Konieczny P. Impedimetric test for rapid determination of performic acid (PFA) biocidal activity toward Echerichia coli. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria 2013;12(4): 385-94.

44. Ragazzo P, Chiucchini N, Piccolo V, Ostoich M. A new disinfection system for wastewater treatment: performic acid full-scale trial evaluations. Water science and technology 2013;67(11): 2476-87.

45. Chhetri RK, Thornberg D, Berner J, et al. Chemical disinfection of combined sewer overflow waters using performic acid or peracetic acids. Science of the Total Environment 2014;490: 1065-72.

46. Chhetri RK, Flagstad R, Munch ES, et al. Full scale evaluation of combined sewer overflows disinfection using performic acid in a sea-outfall pipe. Chemical Engineering Journal 2015;270: 133-9.

47. Zhang C-M, Xu L-M, Xu P-C, Wang XC. Elimination of viruses from domestic wastewater: requirements and technologies. World Journal of Microbiology and Biotechnology 2016;32(4): 1-9.

48. Organization WH. Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus: interim guidance, 23 April 2020. World Health Organization, 2020.

49. Walker CM, Ko G. Effect of ultraviolet germicidal irradiation on viral aerosols. Environmental science & technology 2007;41(15): 5460-5.

50. Tizaoui C. Ozone: a potential oxidant for COVID-19 virus (SARS-CoV-2). Ozone: science & engineering 2020;42(5): 378-85.

51. Zaied B, Rashid M, Nasrullah M, et al. A comprehensive review on contaminants removal from pharmaceutical wastewater by electrocoagulation process. Science of the Total Environment 2020;726: 138095.

52. Arslan A, Topkaya E, □zbay B, et al. Application of O_3/UV/H_2O_2 oxidation and process optimization for treatment of potato chips manufacturing wastewater. Water and Environment Journal 2017;31(1): 64-71.

53. Wang X-W, Li J-S, Jin M, et al. Study on the resistance of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus. Journal of virological methods 2005;126(1-2): 171-7.

54. Kampf G. Potential role of inanimate surfaces for the spread of coronaviruses and their inactivation with

disinfectant agents. Infection Prevention in Practice 2020;2(2): 100044.

55. Emmanuel E, Keck G, Blanchard J-M, et al. Toxicological effects of disinfections using sodium hypochlorite on aquatic organisms and its contribution to AOX formation in hospital wastewater. Environment international 2004;30(7): 891-900.

56. Sanekata T, Fukuda T, Miura T, et al. Evaluation of the antiviral activity of chlorine dioxide and sodium hypochlorite against feline calicivirus, human influenza virus, measles virus, canine distemper virus, human herpesvirus, human adenovirus, canine adenovirus and canine parvovirus. Biocontrol science 2010;15(2): 45-9.

57. Kim J, Shin B-H, Song KJ, et al. Virucidal effect of gaseous chlorine dioxide on murine coronavirus A59. 2016.

58. Nelson KL, Boehm AB, Davies-Colley RJ, et al. Sunlight-mediated inactivation of health-relevant microorganisms in water: a review of mechanisms and modeling approaches. Environmental Science: Processes & Impacts 2018;20(8): 1089-122.

59. Sagripanti JL, Lytle CD. Estimated inactivation of coronaviruses by solar radiation with special reference to COVID-19. Photochemistry and photobiology 2020;96(4): 731-7.

60. Al-Gheethi A, Al-Sahari M, Abdul Malek M, et al. Disinfection methods and survival of SARS-CoV-2 in the environment and contaminated materials: a bibliometric analysis. Sustainability 2020;12(18): 7378.

61. Xiling G, Yin C, Ling W, et al. In vitro inactivation of SARS-CoV-2 by commonly used disinfection products and methods. Scientific Reports 2021;11(1): 1-9.

62. Zhou Y, Zeng Y, Chen C. Presence of SARS-CoV-2 RNA in isolation ward environment 28 days after exposure. International Journal of Infectious Diseases 2020;97: 258-9.

63. Marquès M, Domingo JL. Contamination of inert surfaces by SARS-CoV-2: Persistence, stability and infectivity. A review. Environmental research 2021;193: 110559.

64. Steinhauer K, Meister TL, Todt D, et al. Virucidal efficacy of different formulations for hand and surface disinfection targeting SARS CoV-2. Journal of Hospital Infection 2021;112: 27-30.

65. Vaze N, Pyrgiotakis G, McDevitt J, et al. Inactivation of common hospital acquired pathogens on surfaces and in air utilizing engineered water nanostructures (EWNS) based nano-sanitizers. Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine 2019;18: 234-42.

66. Pemmada R, Zhu X, Dash M, et al. Science-based strategies of antiviral coatings with viricidal properties for the COVID-19 like pandemics. Materials 2020;13(18): 4041.

67. Vazquez-Munoz R, Lopez-Ribot JL. Nanotechnology as an alternative to reduce the spread of COVID-19. Challenges 2020;11(2): 15.

68. Park GW, Cho M, Cates EL, et al. Fluorinated TiO_2 as an ambient light-activated virucidal surface coating material for the control of human norovirus. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 2014;140: 315-20.

69. Hajkova P, Spatenka P, Horsky J, et al. Photocatalytic effect of TiO_2 films on viruses and bacteria. Plasma Processes and Polymers 2007;4(S1): S397-S401.

70. Jalvo B, Faraldos M, Bahamonde A, Rosal R. Antimicrobial and antibiofilm efficacy of self-cleaning surfaces functionalized by TiO_2 photocatalytic nanoparticles against Staphylococcus aureus and Pseudomonas putida. Journal of hazardous materials 2017;340: 160-70.

71. Ong CB, Ng LY, Mohammad AW. A review of ZnO nanoparticles as solar photocatalysts: Synthesis, mechanisms and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2018;81: 536-51.

72. Premanathan M, Karthikeyan K, Jeyasubramanian K, Manivannan G. Selective toxicity of ZnO nanoparticles toward Gram-positive bacteria and cancer cells by apoptosis through lipid peroxidation. Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine 2011;7(2): 184-92.

73. Qin T, Ma R, Yin Y, et al. Catalytic inactivation of influenza virus by iron oxide nanozyme. Theranostics 2019;9(23): 6920.

74. Kumar R, Nayak M, Sahoo GC, et al. Iron oxide nanoparticles based antiviral activity of H1N1 influenza A virus. Journal of Infection and Chemotherapy 2019;25(5): 325-9.

75. Burkitt MJ. A critical overview of the chemistry of copper-dependent low density lipoprotein oxidation: roles of lipid hydroperoxides, □-tocopherol, thiols, and ceruloplasmin. Archives of biochemistry and biophysics 2001;394(1): 117-35.

76. Chatterjee AK, Chakraborty R, Basu T. Mechanism of antibacterial activity of copper nanoparticles. Nanotechnology 2014;25(13): 135101.

77. Abdal Dayem A, Hossain MK, Lee SB, et al. The role of reactive oxygen species (ROS) in the biological activities of metallic nanoparticles. International journal of molecular sciences 2017;18(1): 120.

78. De Dicastillo CL, Correa MG, Martínez FB, et al. Antimicrobial effect of titanium dioxide nanoparticles. Antimicrobial Resistance-A One Health Perspective 2020.

79. Hong Y, Zeng J, Wang X, et al. Post-stress bacterial cell death mediated by reactive oxygen species. Proceedings of the National Academy of Sciences 2019;116(20): 10064-71.

80. Schoeman D, Fielding BC. Coronavirus envelope protein: current knowledge. Virology journal 2019;16(1): 1-22.

81. Abo-Zeid Y, Ismail NS, McLean GR, Hamdy NM. A molecular docking study repurposes FDA approved iron oxide nanoparticles to treat and control COVID-19 infection. European Journal of Pharmaceutical Sciences 2020;153: 105465.

82. Yasuda J, Eguchi H, Fujiwara N, et al. Reactive oxygen species modify oligosaccharides of glycoproteins in vivo: a study of a spontaneous acute hepatitis model rat (LEC rat). Biochemical and biophysical research communications 2006;342(1): 127-34.

83. Watanabe Y, Berndsen ZT, Raghwani J, et al. Vulnerabilities in coronavirus glycan shields despite extensive glycosylation. Nature communications 2020;11(1): 1-10.

84. Watanabe Y, Allen JD, Wrapp D, et al. Site-specific glycan analysis of the SARS-CoV-2 spike. Science 2020;369(6501): 330-3.

85. Watanabe Y, Bowden TA, Wilson IA, Crispin M. Exploitation of glycosylation in enveloped virus pathobiology. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects 2019;1863(10): 1480-97.

86. Naddeo V, Liu H. Editorial Perspectives: 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2): what is its fate in urban water cycle and how can the water research community respond? Environmental Science: Water Research & Technology 2020;6(5): 1213-6.

87. Quilliam RS, Weidmann M, Moresco V, et al. COVID-19: The environmental implications of shedding SARS-CoV-2 in human faeces. Environment International 2020;140: 105790.

88. Amirian ES. Potential fecal transmission of SARS-CoV-2: current evidence and implications for public health. International journal of infectious diseases 2020;95: 363-70.

89. Xiao F, Tang M, Zheng X, et al. Evidence for gastrointestinal infection of SARS-CoV-2. Gastroenterology 2020;158(6): 1831-3. e3.

90. Lin L, Jiang X, Zhang Z, et al. Gastrointestinal symptoms of 95 cases with SARS-CoV-2 infection. Gut 2020;69(6): 997-1001.

91. Wu Y, Guo C, Tang L, et al. Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. The lancet Gastroenterology & hepatology 2020;5(5): 434-5.

92. Wang W, Xu Y, Gao R, et al. Detection of SARS-CoV-2 in different types of clinical specimens. Jama 2020;323(18): 1843-4.

93. Zhang Y, Chen C, Zhu S, et al. Isolation of 2019-nCoV from a stool specimen of a laboratory-confirmed case of the coronavirus disease 2019 (COVID-19). China CDC Weekly 2020;2(8): 123-4.

94. Xiao F, Sun J, Xu Y, et al. Infectious SARS-CoV-2 in feces of patient with severe COVID-19. Emerging infectious diseases 2020;26(8): 1920.

95. Lahrich S, Laghrib F, Farahi A, et al. Review on the contamination of wastewater by COVID-19 virus: Impact and treatment. Science of the Total Environment 2021;751: 142325.

96. Wang J, Shen J, Ye D, et al. Disinfection technology of hospital wastes and wastewater: Suggestions for disinfection strategy during coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pandemic in China. Environmental pollution 2020;262: 114665.

97. Sattar S, Springthorpe V, Karim Y, Loro P. Chemical disinfection of non-porous inanimate surfaces experimentally contaminated with four human pathogenic viruses. Epidemiology & Infection 1989;102(3): 493-505.

98. Council NR, Committee SDW. Drinking Water and Health: Volume 1. 1977.

99. Organization WH. Guidelines for drinking-water quality: World Health Organization. Distribution and Sales, Geneva 2011;27.

100. Kelly S, Sanderson WW. The effect of chlorine in water on enteric viruses. American Journal of Public Health and the Nations Health 1958;48(10): 1323-34.

101. Kitis M. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. Environment international 2004;30(1): 47-55.

102. Pironti C, Dell'Annunziata F, Giugliano R, et al. Comparative analysis of peracetic acid (PAA) and permaleic acid (PMA) in disinfection processes. Science of the Total Environment 2021;797: 149206.

103. Rutala WA, Weber DJ. Disinfection and sterilization in health care facilities: an overview and current issues. Infectious Disease Clinics 2016;30(3): 609-37.

104. Lazarova V, Janex M, Fiksdal L, et al. Advanced wastewater disinfection technologies: short and long term efficiency. Water Science and Technology 1998;38(12): 109-17.

105. Luukkonen T, Heyninck T, Rämö J, Lassi U. Comparison of organic peracids in wastewater treatment: Disinfection, oxidation and corrosion. Water research 2015;85: 275-85.

106. Karpova T, Pekonen P, Gramstad R, et al. Performic acid for advanced wastewater disinfection. Water science and technology 2013;68(9): 2090-6.

Journal of Environmental Health Engineering, May 2022; Vol. 9, No. 3: 295-312

Investigating the Effectiveness of Different Disinfectants in Removing the Coronavirus: A Review Study

Maryam Nouri Goushki[1], Majid Nozari [2 *]

[1,2] Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran.

.

Email: nozari.m@sums.ac.ir

Received: 26 July 2022 ; Accepted: 17 September 2022

ABSTRACT

Background: Viral infections have caused various diseases and deaths worldwide. In recent years, the emergence of the coronavirus has caused severe respiratory tract infections and led to a global concern. This study aims to investigate the effectiveness of various disinfectants that have been used to control the coronavirus.

Methods: The present study is a systematic review. Data was collected through searching articles in databases, including Springer, Google Scholar, Prospero, Cochrane, ISI, Scopus, Embase, PubMed, and DOAJ. After searching and collecting articles related to the goal, the articles were categorized. The required data were extracted and finally analyzed.

Results: The review of various studies showed that the coronavirus could remain infectious on inanimate surfaces for 9 days. Also, some studies have reported the presence of the coronavirus in feces. The articles' findings revealed that the coronavirus infectivity on surfaces is reduced by 62-71% ethanol, 0.5% hydrogen peroxide, and 0.1% sodium hypochlorite at 1 min. Also, the coronavirus in septic tank wastewater is inactivated by 800 to 6700 g/m^3 of sodium hypochlorite at a contact time of 1.5 hours. In addition, the coronavirus in air aerosols is reduced under UVC radiation by 5 logs at 4 to 9 seconds.

Conclusion: Effective drugs and vaccines have been made for the covid-19 disease to date. However, due to the unexpected mutations of the coronavirus, identifying disinfectants effective in removing different strains of the coronavirus from different surfaces and environments can be a suitable measure to prevent the spread of the covid-19 disease.

Keywords: Disinfectants, Disinfection, Coronavirus, Covid-19, Wastewater, Metals nanoparticle