

## مصونیت از بیماری کرونا ویروس؟ نور فرابنفش، شمشیری دو پهلوی در آزمایشگاه شیمی

الهه کشاورز\*<sup>1</sup>، هادی صدیق<sup>2</sup>

<sup>1</sup>پردیس بنت الهدی صدر، دانشگاه فرهنگیان، رشت، ایران

<sup>2</sup>واحد توسعه تحقیقات بالینی رازی، بیمارستان رازی، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران

Email: keshavarz@cfu.ac.ir

### چکیده

کرونا ویروسها خانواده بزرگی از ویروسهای RNA دار تک رشته‌ای هستند. بزرگسالانی که به عفونت کوید 19 مبتلا می‌شوند، می‌توانند طیف وسیعی از بیماری و شدت بیماری را ایجاد کنند. اقدامات احتیاطی استاندارد برای مقابله با این بیماری شامل بهداشت دست و استفاده از تجهیزات محافظ شخصی مانند لباس‌های آزمایشگاهی، دستکش و محافظت از چشم است. در صنعت از امواج فرابنفش برای گندزدایی استفاده می‌شود. بیشترین اثر ضد میکروبی فرابنفش در طول موج‌های کوتاه مشاهده می‌شود، که به دلیل جذب شدید انرژی توسط بازهای آلی موجود در نوکلئیک اسید میکروب است. انرژی مورد نیاز برای گندزدایی توسط لامپ‌های فرابنفش تجاری متداول تامین می‌شود. این لامپ‌ها در آزمایشگاه‌های شیمی پژوهشی و صنعتی برای شناسایی ترکیب‌های شیمیایی و انواع واکنش‌های فوتوشیمیایی بکار می‌رود. لامپ‌های متداول موجود در آزمایشگاه برای انسان ایمن نیستند تا بتوانند در طولانی مدت تابش داشته و برای ضدعفونی کردن آزمایشگاه استفاده شوند. برای ضدعفونی کردن محیط آزمایشگاه با نور فرابنفش باید منتظر زمان بود تا استفاده از این پرتو در محدوده باریکی از طول موج 200 الی 222 نانومتر گسترش یافته و ورژنی ایمن از لامپ فرابنفش توسعه پیدا کند که بتوان از خواص ضد میکروبی آن بدون آثار تخریبی بر پوست و چشم انسان استفاده کرد.

**کلید واژه:** کرونا ویروس، آزمایشگاه شیمی، فرابنفش با انرژی بالا، گندزدایی با فرابنفش

## Immunity to Coronavirus Disease?

### Ultraviolet Light, Double-edged Sword in Chemistry Laboratory

Elahe Keshavarz<sup>1\*</sup>, Hadi Sedigh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Science Department, Farhangian University, Rasht, Iran

\*Corresponding author: keshavarz@cfu.ac.ir

<sup>2</sup>Razi Clinical Research Development Unit, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran

#### Abstract

Coronaviruses or CoVs are a large family of single-stranded RNA viruses. Adults with Quid 19 infection can develop a wide range of illnesses and severity. Standard precautions for handling the disease include hand hygiene and the use of personal protective equipment such as laboratory clothing, gloves and eye protection. In industry, ultraviolet light is used to disinfect. The highest antimicrobial effect of ultraviolet radiation is observed in short wavelengths, which is due to the intense absorption of energy by the organic bases in the nucleic acid of the microbe. The energy required for disinfection is provided by conventional commercial ultraviolet lamps. These lamps are used daily in research and industrial chemistry laboratories to identify chemical compounds and a variety of photochemical reactions. Conventional lamps in the chemistry lab are not safe for humans to be able to radiate in the long run. Therefore, laboratory users cannot use these lamps to disinfect the laboratory. In order to disinfect the environment of the laboratory with ultraviolet light, it is necessary to wait for time for the use of this beam to expand in a narrow range of 200 to 222 nm and develop safe version of the ultraviolet lamp to be commercially developed so that its antimicrobial properties can be used without destructive effects on human skin and eyes.

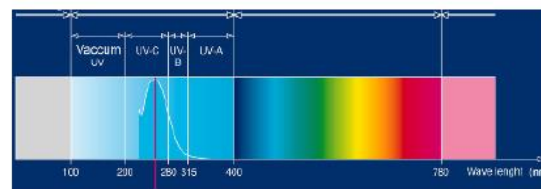
**Keywords:** Coronavirus, Chemical Laboratory, UVC, Ultraviolet Light Disinfection

## مقدمه

کردن وسایل و سطوح کار و هوا استفاده می‌شود (5). در پژوهشی از تابش فرابنفش جهت کنترل پاتوژن‌های منتقله توسط هوا در فضای داخلی ساختمان استفاده شد. در این پژوهش از لامپ‌های UVGI<sup>3</sup> تجاری یا همان لامپ‌های بخار جیوه با فشار کم که طول موج 253/37 نانومتر دارند استفاده شد. دستگاه طراحی شده در این پژوهش با غیرفعال سازی 92/5 درصد از ریز اندامگان موجود در هوای عبوری از آن به عنوان یک روش گندزدایی برای هوای محل‌های سربسته مورد استفاده قرار گرفت [6].

از طرفی پرتودهی یکی از روش‌های فیزیکی گندزدایی آب محسوب می‌شود. پرتو فرابنفش از طریق لامپ‌های جیوه با فشار پایین، متوسط و بالا بوسیله آب جذب شده و ریزاندامگان که باکتری‌ها و ویروس هستند با دریافت این امواج غیر فعال می‌شوند. با کمک این پرتو در کنار استفاده از هیدروژن پروکسید، ترکیبات آلی کلردار از بین خواهند رفت [7]. اشیریشیالکی از جمله باکتری‌هایی است که شاخص آلودگی مدفوعی آب بوده و برای انسان آلودگی ایجاد می‌کند. در پژوهشی کارآیی پرتو فرابنفش در گندزدایی اشیریشیالکی از محیط‌های آبی بررسی گردید. به طور کلی نتیجه مطالعه، نشانگر مؤثر بودن پرتو فرابنفش به عنوان روشی مؤثر در گندزدایی اشیریشیالکی از محیط‌های آبی بود [8]. در پژوهشی از تصفیه خانه شهید محلاتی تهران به عنوان نمونه‌ای برای استقرار سامانه گندزدایی فاضلاب با پرتوهای فرابنفش با کمک لامپ‌های کم فشار بخار جیوه‌ای استفاده شد. بهره‌برداری از سامانه در شرایط مختلف نشان داد که بار میکروبی بر حسب مجموع کلیفرم‌ها یا کلیفرم‌های مدفوعی توسط امواج فرابنفش کاهش می‌یابد [1]. تتراسایکلین‌ها از میان انواع مختلف آنتی بیوتیک‌ها دومین گروه شایع از نظر تولید و مصرف در دنیا هستند که ورود آن‌ها به فاضلاب خانگی به آلودگی منابع آب منجر می‌شود. وجود این آنتی بیوتیک در محیط از جمله محیط آبی سبب بروز آلرژی‌های ساده و مسمومیت مستقیم و توسعه پاتوژن‌های مقاوم به آنتی

تاثیر نور خورشید در غیرفعال سازی میکروب‌های بیماری زا برای اولین بار توسط داونز<sup>1</sup> و بلونت<sup>2</sup> در سال 1878 میلادی کشف گردید [1]. امروزه امواج فرابنفش جایگاه ویژه‌ای در گندزدایی هوا، آب و فاضلاب دارد [2]. منبع تولیدکننده امواج فرابنفش خورشید است. تابش فرابنفش بخشی از طیف الکترومغناطیسی است که بین ناحیه مرئی و ایکس قرار دارد و طول موج‌های 100 الی 400 نانومتر را شامل می‌شود (شکل 1). منابع دیگر امواج فرابنفش لامپ‌های فلوروسنت، بخار جیوه، دستگاه‌های جوش کاری، لوله‌های پلاسما و لیزرها شد [3]. پرتو فرابنفش از پرتوهای غیر یون ساز است و اولین بار در سال 1940 به عنوان عامل قطع انتقال عفونت از طریق هوا اعلام شد. پرتو فرابنفش از نظر طول موج و عملکرد به سه دسته تقسیم می‌شوند: 1) UVC که طول موج آن در گستره 200 الی 290 نانومتر است و دارای بیشترین سطح انرژی و میکروب‌کش است 2) UVB با طول موج بین 290 الی 320 نانومتر که طیف تولید ویتامین D است 3) UVA با گستره طول موج 320 الی 400 نانومتر که طول موج خورشیدی است [4].



شکل 1. نمایی از گستره طیف امواج الکترومغناطیس در محدوده فرابنفش و مرئی

با توجه به اثرگذاری پرتو فرابنفش با انرژی بالا (UVC)، از این پرتو برای کاربردهای مختلفی مانند گندزدایی پساب آزمایشگاه‌ها، سیستم‌های تهویه هوا و حتی استخرها و آکواریوم و در مراحل مختلف صنایع غذایی استفاده می‌شود. همچنین از UVC در امور طبی و بیمارستانی برای استریلیزه

هر سیستم ضدعفونی کننده‌ای که اساس عمل آن بکارگیری پرتو فرابنفش<sup>3</sup> (UltraViolet Germicidal Irradiation) است

<sup>1</sup> Downs

<sup>2</sup> Blunt

حاصل از آن از حداقل ریسک برای سلامتی انسان برخوردار است. از سویی پرتو فرابنفش با عدم امکان واکنش با مواد آلی موجود در آب، رنگ، عطر و طعم آب را حفظ می‌کند و با عدم نیاز به حمل و نگهداری و کار با مواد شیمیایی سمی، ایمنی مصرف کنندگان را حفظ می‌کند. همچنین واحدهای فرابنفش، نسبت به دستگاه‌های مولد مواد شیمیایی پیچیدگی کمتری داشته و بنابراین از سادگی و هزینه پایین در کاربری و نگهداری برخوردارند [8].

علاو بر محاسن فراوان پرتو فرابنفش در گندزدایی، بکارگیری لامپ‌های فرابنفش متداول در مکانی که انسان حضور دارد، با توجه به استانداردهای موجود و با عنایت به اثر مخرب پرتو فرابنفش بر انسان، بدون تمهیدات خاص امکان پذیر نخواهد بود و لازم است از صفحات موازی کننده در مقابل لامپ استفاده شود تا پرتوهای فرابنفش به صورت موازی با صفحات خارج شوند و انسان در مقابل پرتو ساطع شده قرار نگیرد. در واقع هنگامی که از لامپ‌های فرابنفش متداول برای ضدعفونی کردن هوا استفاده می‌شود، برای جلوگیری از تاثیر مخرب امواج بر انسان، این فرایند در قالب سیستم‌های به شرح زیر انجام می‌شود:

- 1- سیستم‌های درون مجرای<sup>4</sup> که لامپ فرابنفش در کانال- های هوا قرار گرفته و هوای عبوری را ضدعفونی می‌سازد. 2-
- سیستم درون محیطی<sup>5</sup> یا سقفی که لامپ فرابنفش در اتاق نصب شده و هنگامی که ریز اندامگان در معرض تابش فرابنفش قرار می‌گیرند غیر فعال می‌شوند. سیستم‌های ضدعفونی کننده فرابنفش درون محیطی به طور معمول در سه مدل دیواری، سقفی و گوشه‌ای وجود دارند که عملکرد صحیح آن‌ها به دو عامل بستگی دارد: مسیر حرکت ریزاندامگان که خود به الگوی جریان هوا وابسته است و توزیع میدان تابش لامپ که توسط تعداد، مدل، توان و چیدمان لامپ کنترل می‌شود [13].

برخی از کاربردهای نور فرابنفش در آزمایشگاه شیمی

بیوتیک می‌شود که به طور بالقوه سلامت انسان و محیط زیست را تهدید می‌کند. در پژوهشی نشان داده شد که فرایند اکسیداسیون پیشرفته اولتراسونیک/ تابش فرابنفش/ پراکسید هیدروژن در حذف آنتی بیوتیک تتراسایکلین از محلول‌های آبی مؤثر است [9]. وجود آلاینده‌های آلی مقاوم مانند آفت- کش‌ها در منابع آب‌های سطحی، زیرزمینی و آب شرب و عدم توانایی فرایندهای معمول تصفیه آب در زدودن این آلاینده‌ها، به طراحی فرایندهای اکسایش پیشرفته منجر شده است. آفت کش دیازینون در طیف وسیعی برای دفع حشرات خانگی و آفت‌های باغ‌ها استفاده می‌شود. در پژوهشی زدودن آفت کش دیازینون از محیط‌های آبی با کمک نانو ذرات روی اکسید و پرتو فرابنفش انجام گرفت [10]. در پژوهش دیگری میزان اثربخشی حذف مالاتیون از آب با استفاده از لامپ فرابنفش با فشار متوسط بررسی گردید. نتیجه پژوهش نشان داد که پرتو فرابنفش در شرایط بهینه در کاهش سم مالاتیون موجود در آب اثر بخش است [11]. همچنین برای کاهش آلودگی میکروبی زعفران به علت تماس مستقیم با دست و خاک، از اثر دما و پرتو فرابنفش و از اثر توأم هر دو استفاده شده است [12]. اثر ضدباکتری پرتو فرابنفش در مدت زمان- های مختلف بر رشد اشیریشیاکلی و باسیلوس سرنوس جهت جلوگیری از ایجاد فساد مواد غذایی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. طول موج مورد استفاده در این پژوهش 254 نانومتر بوده است. نتایج نشان داد که تعداد کلنی‌های اشیریشیاکلی پس از 80 ثانیه قرار گرفتن در مجاورت پرتو فرابنفش به صفر نزدیک می‌شود و نیز با افزایش مدت زمان پرتو دهی و در غیاب نور مرئی تعداد ریز اندامگان بیشتر کاهش می‌یابد [4].

#### تابش فرابنفش در مقایسه با مواد شیمیایی

پژوهش‌های فراوان انجام شده درباره پرتو فرابنفش و خواص ویژه آن نشان می‌دهد که نور فرابنفش طیف وسیعی از باکتری، ویروس و میکروب‌های موجود در آب و هوا را نابود می‌سازد و با توجه به قابل اغماض بودن ترکیبات جانبی

<sup>5</sup> Upper-Room UVGI (IR-UVGI)

<sup>4</sup> In-Duct UVCI (ID-UVGI)

گونه از کرونا ویروس‌های انسانی شناسایی شده اند که شامل دو گونه HCoV-NL63 و HCoV-229E متعلق به جنس  $\alpha$ -CoVs، و 5 گونه دیگر از جنس  $\beta$ -CoVs شامل: HCoV-HKU1، HCoV-OC43، سندرم تنفسی حاد با بروز ناگهانی یا کرونا ویروس سارس (Severe acute coronavirus or SARS- respiratory syndrome (Middle East CoV، سندرم تنفسی خاورمیانه (Middle East respiratory syndrome coronavirus or MERS-CoV) و جدیدترین کرونا ویروس انسانی که با عنوان کرونا ویروس سارس-2 (SARS-CoV-2) شناخته می شود. سازمان بهداشت جهانی (WHO) نام بیماری گسترش یافته از این ویروس را بیماری کروناس ویروس 2019 (Coronavirus disease 2019 or COVID-19) نام گذاری کرد [16, 17].

در میان  $\beta$ -CoVs، ویروس‌های SARS، MERS و اخیراً SARS-CoV-2 بعنوان ویروس‌های مشترک بین انسان و دام که باعث ایجاد اپیدمی در انسان شده اند شناخته می شوند [18]. تظاهرات بالینی COVID-19 متنوع است و تا به امروز تمام ابعاد بالینی واقعی آن به طور کامل توصیف نشده است. بزرگسالانی که به عفونت COVID-19 مبتلا هستند می‌توانند طیف وسیعی از بیماری و شدت بیماری ایجاد کنند، از بیماری بدون علامت تا خفیف، متوسط یا شدید. علائم اصلی بروز این بیماری عبارتند از: تب، سرفه، سردرد، خستگی، ضعف و تنگی نفس یا مشکل در تنفس، در حالی که گلودرد، درد عضلانی، گیجی، تولید خلط، ترشحات بینی، درد قفسه سینه، التهاب ملتحمه، اسهال، حالت تهوع و استفراغ کمتر دیده می‌شود [19-21]. به طور معمول عوامل مختلفی از جمله ویژگی‌های ساختاری، جنبه‌های ویروسی (مانند لود ویروس، محل گیرنده ویروس)، عوامل محیطی و الگوهای رفتاری می‌توانند بر انتقال ویروس‌ها تأثیر بگذارند [18]. در همین راستا، کای<sup>۷</sup> و همکاران نشان دادند که افراد آلوده بدون علامت به عنوان ناقل ممکن است SARS-CoV-2 را از طریق رهاسازی ویروس در قطرات هوایی و ایجاد آلودگی از

بکارگیری لامپ‌های فرابنفش در مقیاس آزمایشگاهی برای انجام واکنش‌های فوتوشیمیایی متداول است [14]. واکنش فوتوکاتالیزوری به معنای شتاب دادن به واکنش شیمیایی در حضور نور و کاتالیست است. اصول اولیه فرایند فوتوکاتالیزوری قرارگیری در معرض تابش فرابنفش است [15]. لامپ‌های با محدوده طول موج‌های کوتاه برای واکنش‌های اکسیداسیون فوتوشیمیایی مناسب است که در واکنشگاه فوتوشیمیایی نصب می‌شود [14]. همچنین در آزمایشگاه‌های سنتز و تشخیص مواد شیمیایی، به طور معمول از کروماتوگرافی لایه نازک<sup>۶</sup> برای تشخیص و تعیین مقدار ماده شیمیایی استفاده می‌شود. ساختمان مواد جدا شده بر روی صفحه کروماتوگرافی لایه نازک با استفاده از نور فرابنفش با طول موج‌های کوتاه رویت شده و تعیین می‌شود.

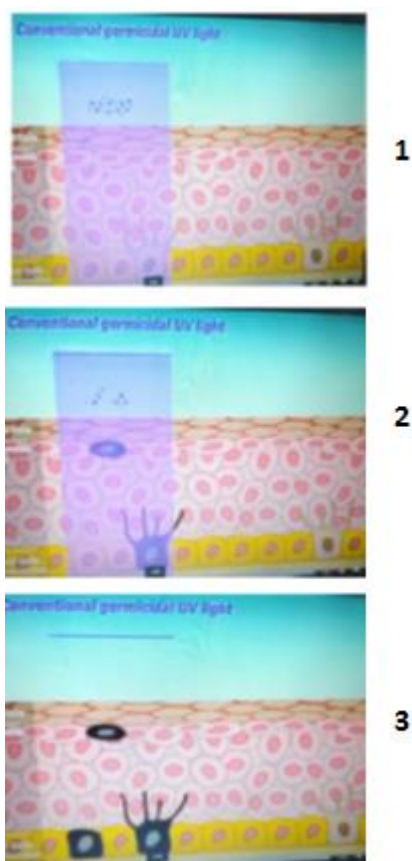
#### ویروس کرونای جدید و راه انتقال به انسان

شیوع و انتقال ویروس‌ها مراتبی از نگرانی را به همراه خود دارد. انتقال شخص به شخص ویروس، به ویژه در حالت پاندمیک آن باعث نگرانی زیادی از جهت شیوع و کشتار است. کرونا ویروس‌ها (Coronaviruses or CoVs) خانواده بزرگی از ویروس‌های RNA دار تک رشته‌ای می‌باشند که اولین بار در دهه 1960 کشف گردیدند. برخی از کرونا ویروس‌ها اغلب باعث عفونت همزمان انسان و حیوانات شامل شتر، دام‌های اهلی، گربه‌ها و خفاش‌ها می‌شوند. کرونا ویروس‌های انسانی (Human coronaviruses or HCoVs) به طور معمول تظاهراتی مشابه سرماخوردگی تا فرم‌های شدید تر مثل نمونیه و برونشیت ایجاد می‌نمایند. بدون شک در بیماران دچار نقص سیستم ایمنی، سالمندان و کودکان بیمار، کرونا ویروس‌های انسانی می‌توانند بصورت عفونت‌های تهدید کننده حیات و همچنین مشکلات گوارشی و نورولوژیک بروز نمایند [16, 17].

کرونا ویروس‌های شناخته شده در 4 جنس مختلف شامل  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$ - $\delta$ -CoV طبقه‌بندی شده اند. تا به امروز هفت

<sup>6</sup> Thin Layer Chromatography (TLC)

<sup>7</sup> Cai



شکل 2. حذف ریزاندامگان به کمک نور UVC متداول (طول موج 254 نانومتر) و اثر مخرب بر پوست انسان (28)

در مطالعه‌ای با کمک مشاهدات بیوفیزیکی ثابت شد که تک موج نور فرابنفش (207 نانومتر) باکتری‌ها را به طور مؤثر می‌کشد، اما دارای سمیت یا جهش‌زایی برای سلول‌های انسان نخواهد بود. بنابراین نور فرابنفش با طول موج 207 نانومتر دارای توانایی بالقوه برای ایمنی و کاهش سرعت عفونت محل جراحی، جایی که مقاومت دارویی وجود دارد، است. در این روش از لامپ اگزایمر<sup>10</sup> با طول موج 207 نانومتر که واجد یک فیلتر برای حذف طول موج‌های بالاتر است استفاده گردید [29]. در واقع با توجه به محدوده بسیار کوتاه نور فرابنفش با طول موج 207 نانومتر، تابش نمی‌تواند به قشر قرنیه و سیتوپلاسم سلول‌های انسان نفوذ کند (لایه بیرونی و

طریق تماس با اشیاء گسترش دهند. یکی از یافته‌های مهم این مطالعه، احتمال آلودگی موارد COVID-19 شناسایی شده از طریق ناقلین بدون علامت بوده است [22]. در همین راستا، روت<sup>8</sup> و همکاران نیز نشان دادند که خطر انتقال احتمالا در دوره انکوباسیون بیماران بدون علامت رخ داده است [23]. وانگ تو<sup>9</sup> و همکاران اظهار داشتند که نمونه‌های بزاق بیماران COVID-19 دارای ویروس زنده است و این واقعیت بیانگر میزان احتمال زیادی از انتقال ویروس از طریق بزاق است. بنابراین می‌توان پیشنهاد کرد که خطر انتقال SARS-CoV-2 از طریق بزاق به طور مستقیم یا غیرمستقیم حتی در بین بیماران بدون علائم تنفسی از یک مسیر انتقال دیگر بیشتر است. بنابراین تشخیص زودهنگام و ایزوله کردن افراد دارای عفونت در کاهش انتقال ویروس بخصوص در مکان‌های شلوغ بسیار مؤثر است [24].

### جدیدترین یافته‌ها در خصوص استفاده از تابش فرابنفش در حذف ریزاندامگان

یکی از راه‌های پیشنهادی برای گندزدایی هوا در فضاهای عمومی، استفاده از نور UVC (254 نانومتر) است. در پژوهشی از حساسیت ویروس آنفلونزا (PR-8 و H<sub>1</sub>N<sub>1</sub>) در برابر پرتو فرابنفش با انرژی بالا برای جلوگیری از انتقال آنفلونزا از طریق هوا استفاده گردید [25]. علاوه بر کشف رویکرد مستقیم غیرفعال سازی پاتوژن‌های هوازی توسط خاصیت ضد میکروبی UVC، استفاده از آن در مکان‌های عمومی به دلیل آن که منابع نور فرابنفش متداول، سرطان‌زا و مسبب آب مروارید است محدود است [26]. پرتو فرابنفش با انرژی بالا برای انسان سرطان‌زا محسوب می‌شود [3]. برخورد چشم با امواج فرابنفش منجر به ایجاد آب مروارید و آسیب به شبکه چشم می‌شود. در هر دو آسیب مفروض است که امواج فرابنفش باعث تشکیل رادیکال‌های آزاد شده که منجر به تغییر پروتئین سلول و لیپید پراکسیداسیون می‌شود [27].

<sup>8</sup> Rothe

<sup>9</sup> Wang To

<sup>10</sup> Excimer lamp



الی 222 نانومتر به طور مؤثر باکتری‌ها را علاوه بر مقاومت دارویی آن‌ها می‌کشد، استفاده گردید [31]. در پژوهش دیگری برای اولین بار ثابت شد که far-UVC به طور مؤثر ویروس‌های هوازی آنفلونزای H<sub>1</sub>N<sub>1</sub> را با دوز بسیار پایین (2 mJ/cm<sup>2</sup>) و با طول موج 222 نانومتر تا بیش از 99٪ غیرفعال می‌سازد. بنابراین با تابش دوز بسیار پایین از نور far-UVC در مکان‌های عمومی سر بسته پخش واسطه‌های هوازی بیماری‌های میکروبی می‌تواند کاهش یابد [26]. امید می‌رود که فناوری مورد نظر تجاری سازی شود<sup>11</sup> تا از پخش آنفلونزای فصلی در مکان‌های عمومی جلوگیری شود (32).

### نتیجه‌گیری

متاسفانه در برخی موارد کاربران آزمایشگاهی از لامپ‌های فرابنفش با طول موج 254 نانومتر (لامپ فرابنفش موجود در آزمایشگاه) برای گندزدایی سطوح و هوای اتاق آزمایشگاه و در امان ماندن از بیماری کرونا ویروس استفاده می‌کنند، در حالی که لامپ‌های متداول برای انسان ایمن نیستند تا بتوانند در طولانی مدت مورد استفاده قرار گیرند، زیرا نور فرابنفش باعث سرطان و آب‌مرورید می‌شود. بدیهی است با توجه به لزوم رعایت شرایط حاکم بر استفاده‌ی ایمن از لامپ‌های متداول فرابنفش موجود در آزمایشگاه‌ها و عدم امکان فراهم کردن سیستم‌های درون محیطی ایمن در اغلب آزمایشگاه‌های آموزشی و پژوهشی و نیز عدم اطمینان کاربران آزمایشگاهی از فراهم بودن بهترین اثر تابش فرابنفش برای کاهش و غیر فعالسازی درصد بالایی از انواع ویروس‌ها (حتی با رعایت شرایط ایمن نصب لامپ‌های فرابنفش)، بکارگیری لامپ‌های متداول مخاطرات جدی را برای کاربران آزمایشگاه‌ها به دنبال خواهد داشت. بنابراین به منظور ضد عفونی کردن محیط‌های بسته‌ای مانند آزمایشگاه‌های آموزشی و پژوهشی با نور فرابنفش باید منتظر زمان بود تا ورژنی ایمن از لامپ فرابنفش با طول موج 200 الی 222 به صورت تجاری توسعه پیدا کند و باکتری‌ها و ویروس‌ها را نابود کند، اما نتواند از

مرده پوست، ضخامت با محدوده 15 الی 20 میکرومتر دارد). برعکس، نور فرابنفش با طول موج 207 نانومتر می‌تواند به باکتری‌ها و ویروس‌ها که اندازه بسیار کوچک‌تری دارند نفوذ کرده و آن‌ها را منهدم کند [30].



شکل 3. حذف ریزاندامگان به کمک نور far-UVC و اثر غیر مخرب بر پوست انسان (28)

در راستای تکمیل مطالعات پیشین، استفاده از پرتو فرابنفش دارای طول موج 222 نانومتر گسترش پیدا کرد و این نتیجه حاصل شد که در ناحیه far-UVC محدوده‌ی باریکی از طول موج 200 الی 222 نانومتر وجود دارد که برای باکتری‌ها مخرب و اما برای سلول‌های بافت انسان غیر مخرب است. در این مطالعه از لامپ اگزیم (Kr-Cl) که با طول موج 200

<sup>11</sup> A far-UVC-light future: A new weapon in the fight against superbugs (Prof. Brenner)

میکرو ارگانیزم‌های موجود در هوا، مجله پژوهش حکیم، 1383، 7 (2)، 46-41.

[7] قادرزاده، فرخنده، هاشم‌آبادی، سید حسن. بررسی شبیه سازی CFD راکتورهای گندزدایی پرتو فرابنفش آب، نشریه مهندسی شیمی ایران، 1391، 11 (65)، 19-11.

[8] علیخانی، محمدیوسف، سیدین خراسانی، مسعود، پیری دوگانه، هادی، شیرزاد سیببنی، مهدی. بررسی کارایی پرتو فرابنفش در گندزدایی اشیریشیاکلی از محیط‌های آبی: مطالعه سینتیکی، مجله دانشگاه، علوم پزشکی اردبیل، 1390، 11(2)، 165-158.

[9] یزدانی، محسن، نجف‌پور، علی اصغر، دهقان، علی اکبر، علیدادی، حسین، دنکوب، محمود، زنگی، ریحانه، ساقی، معصومه، نوایی فیض آبادی، علی اصغر. بررسی کارایی فرایند اکسیداسیون پیشرفته اولتراسونیک/تابش فرابنفش/پراکسید هیدروژن در حذف آنتی بیوتیک تتراسایکلین از محلول آبی، مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، 1397، 25 (1)، 150-143.

[10] دهقانی، محمدهادی، فدایی، عبدالمجید. بررسی کارایی فرایند نانو ذرات اکسید روی و فرابنفش برای حذف آفت کش دیازینون از محیط‌های آبی، آب و فاضلاب، 1394، 1، 18-12.

[11] دهقانی، محمدهادی، گودینی، کاظم، ناصری، سیمین، شایقی، منصور، علیمحمدی، محمود. میزان اثربخشی حذف مالاتیون از آب با استفاده از پرتوهای فرابنفش، مجله دانشگاه علوم پزشکی بابل، 1390، 14 (1)، 13-7.

[12] خیامی، مسعود، رضوی روحانی، سید مهدی، سیالی، زهرا. اثر دما و پرتو فرابنفش در کاهش تعداد باکتری‌های کلیفرم در زعفران، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، 10 (2)، 50-43.

[13] امجدی، محمد. شبیه‌سازی فرایند ضد عفونی سازی هوا با استفاده از لامپ‌های فرابنفش سقفی، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، 1391.

[14] مرادی، مهرداد. تجزیه فوتوشیمیایی فورفورال در محیط آبی با استفاده از اکسیدکننده‌های پرسولفات و پریدات، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه شیمی کاربردی، دانشگاه بوعلی سینای همدان، 1394.

[15] Durgalakshmi D., et al. Green Photocatalysts, Environmental Chemistry, Chapter 1: Principles and Mechanisms of Green Photocatalysis, Springer Nature Switzerland AG 2020.

لایه‌های بیرونی محافظ پوست و چشم انسان عبور کند و بدین وسیله یک راه مؤثر و مقرون به صرفه برای جنگ با اپیدمی ناشی از بیماری کرونا و ویروس شود و در مکان‌های پرجمعیت مانند کلاس‌های درس، آزمایشگاه‌ها، اتاق انتظار پزشکان، مدارس، فرودگاه‌ها، اتاق عمل و هر جایی که احتمال وجود ویروس‌های هوازی وجود دارد مورد استفاده قرار گیرد (34، 33). تا فرارسیدن آن زمان لازم است، اقدامات احتیاطی استاندارد برای مقابله با کرونا ویروس شامل بهداشت دست و استفاده از تجهیزات محافظ شخصی مانند کت‌های آزمایشگاهی، دستکش و محافظت از چشم با دقت بکار گرفته شود (35).

**تشکر:** بدین وسیله از راهنمایی‌های بی‌دریغ سرکار خانم دکتر ربابه صیادی، عضو محترم هیات علمی دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت قدردانی می‌شود.

## منابع

- [1] دباغ، رضا. کارایی پرتوهای فرابنفش در کاهش بار میکروبی تصفیه خانه فاضلاب شهید محلاتی تهران، آب و فاضلاب، 1388، 1، 66-59.
- [2] مصداقی‌نیا، علیرضا، واعظی، فروغ، دهقانی‌فرد، عماد، محوی، امیرحسین و علی محمدی، محمود. پایش شدت پرتودهی لامپ فرابنفش بدون رادیومتر. مجله سلامت و محیط، 1387، 1(1)، 35-29.
- [3] قطبی راوندی، محمدرضا، خانجانی، نرگس، ندری، فرشاد، ندری، امیر، ندری، حامد، احمدیان، محمد، طولابی، علی، کریمی بمی، عزت. ارزیابی شدت روشنایی و تابش فرابنفش در کتابخانه‌های دانشگاه علوم پزشکی کرمان. فصلنامه سلامت کار در ایران، 1390، 8 (4)، 35-29.
- [4] یلمه، محمود، حبیبی نجفی، محمدباقر، نجف‌زاده، محمود. ارزیابی اثر پرتو فرابنفش بر رشد اشیریشیاکلی و باسیلوس سرئوس جدا شده از شیرخام و مرغ خام، نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، 1394، 11(4)، 324-319.

[5] <https://ec.europa.eu/health/scientific-committees/scheer/opinions-en>

[6] ندافی، کاظم، موسوی، غلامرضا، نظم‌آرا، شاهرخ. امکان سنجی کاربرد سیستم پرتوتابی میکروب کشی فرابنفش در غیرفعال سازی



Surgical Site Infections. I: *In Vitro* Studies, *PLOS ONE*, **2013**. 8, 10, e76968.

[30] Buonanno M., et al. 207 nm UV Light- A Promising Tool for safe Low- Cost Reduction of Surgical site Infections. II: In- Vivo safety studies, *PLOS ONE*, **2016**. 11(6), 1/12.

[31] Buonanno M., et al. Germicidal Efficacy and Mammalian skin safety of 222 nm UV Light, *Radiat Res*. **2017**. 187(4), 483- 491.

(32) Wallace J. UV Sterilization: Far-UVC light kills airborne flu viruses without danger to humans. **2018**.

<https://www.laserfocusworld.com/lasers-sources/article/16555364/uv-sterilization-faruvc-light-kills-airborne-flu-viruses-without-danger-to-humans>

(33) MacMillan A. This UV Lamp Could Prevent the Flu Virus From Spreading in PublicPlaces. **2018**.

<https://finance.yahoo.com/news/uv-lamp-could-prevent-flu-203352390.html>

(34) Cantor C. Could a New Ultraviolet Technology Fight the Spread of Coronavirus? *April*, **2020**.

<https://news.columbia.edu/ultraviolet-technology-virus-covid-19-UV-light>

(35) CDC Interim Laboratory Biosafety Guidelines for Handling and Processing Specimens Associated with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *March*, **2020**: Available at: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/lab/lab-biosafety-guidelines.html>.

[16] Guo YR., et al. The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak - an update on the status. *Mil Med Res*. **2020**. 7(1): 11.

[17] Hu B., et al. Bat origin of human coronaviruses. *Virology*. **2020**. 12(1): 221.

[18] Louten J., Virus Transmission and Epidemiology. *Essential Human Virology*. **2016**. 71-92.

[19] Huang C., et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. **2020**. 395(10223): 497-506.

[20] Liu K., et al. Clinical features of COVID-19 in elderly patients: A comparison with young and middle-aged patients. *J. Infect*. **2020**.

[21] Chen N., et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet*. **2020**. 395(10223): 507-513.

[22] Cai J., et al. Indirect Virus Transmission in Cluster of COVID-19 Cases, Wenzhou, China, 2020. *Emerging infectious diseases*. **2020**. 26(6).

[23] Rothe C., et al. Transmission of 2019-nCoV Infection from an Asymptomatic Contact in Germany. *N Engl J Med*. **2020**. 382(10): 970-971.

[24] Kai-Wang To KK., et al. Consistent detection of 2019 novel coronavirus in saliva. *Clin Infect Dis*. **2020**.

[25] McDevitt JJ., et al. Aerosol Susceptibility of Influenza Virus to UV-C Light. *Applied and Environmental Microbiology*, **2012**. 1666-1669.

[26] Welch D., et al. Far – UVC Light: A new tool to control the spread of airborne – mediated microbial diseases, *Scientific Reports*, **2018**. 8, 2752.

[27] صحرانورد، یاسر، امید، لیلیا، کرمی، معصومه، کلاتتری، صبا. بررسی تأثیر تجهیزات حفاظت چشمی در حفاظت شاغلین از پرتوهای فرسرخ و فرابنفش، مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، 1394، 3 (2)، 96-91.

(28) Brenner DJ. A New Weapon in the Fight Against Superbugs, *TED*. 2017. [https://www.ted.com/talks/david\\_brenner\\_a\\_new\\_weapon\\_in\\_the\\_fight\\_against\\_superbugs/transcript?language=en](https://www.ted.com/talks/david_brenner_a_new_weapon_in_the_fight_against_superbugs/transcript?language=en)

[29] Buonanno M., et al. 207nm UV Light – A Promising Tool for safe Low – Cost Reduction of