



Aplikasi Sinar Ultraviolet C terhadap Pertumbuhan Koloni *Candida albicans* Application of Ultraviolet C on the Growth of *Candida albicans* Colonies

Tira H. Skripsa, Gunawan Wibisono, Diah A. Purbaningrum, yoghi B. Prabowo, Rizky M. Boedi

Program Studi Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Email: tirahamdillahskripsa@lecturer.undip.ac.id

Received: November 5, 2025; Accepted: April 5, 2026; Published online: April 9, 2026

Abstract: Healthcare-associated infections (HAIs) often involve *Candida albicans* as the dominant pathogen. Various sterilization and disinfection procedures using autoclaves, chlorhexidine gluconate, alcohol, and ultraviolet exposure can be employed to reduce the risk. This study aimed to evaluate the effectiveness of Ultraviolet C (UV-C, 254 nm) in reducing the number of *C. albicans* colonies. This was an experimental laboratory study using a pre- and post-test control group design. A total of 120 Petri dishes containing *C. albicans* cultures were divided into three groups (one control and two treatment groups with varying durations of UV-C exposure). Colony reduction was calculated manually by comparing the control group with the treatment groups. Analysis was conducted on 1×10^4 CFU/mL and 1×10^5 CFU/mL suspensions. The results of the One-Way ANOVA showed a significant difference in the reduction of *C. albicans* colonies among the treatment groups. The longer the UV-C exposure duration, the greater the observed colony reduction. These findings reinforce the effectiveness of UV-C (254 nm) in reducing the viability of *C. albicans* with a duration-dependent response pattern. In conclusion, exposure to UV-C light (254 nm) is proven effective in reducing the number of *Candida albicans* colonies. The longer the duration of exposure, the greater the reduction in the colony count.

Keywords: *Candida albicans*; ultraviolet C (UV-C); healthcare-associated infections

Abstrak: Infeksi terkait pelayanan kesehatan (HAIs) kerap melibatkan *Candida albicans* sebagai patogen dominan. Terdapat berbagai prosedur sterilisasi dan disinfeksi menggunakan autoklaf, klorheksidin glukonat, alkohol, dan paparan ultraviolet untuk menekan risiko tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sinar ultraviolet spektrum C (UV-C, 254 nm) menurunkan jumlah koloni *C. albicans*. Jenis penelitian ialah eksperimental laboratorik dengan rancangan *pre- and post-test control group*. Sebanyak 120 cawan Petri berisi biakan *C. albicans* dibagi menjadi tiga kelompok (satu kontrol dan dua perlakuan dengan variasi durasi paparan UV-C). Penurunan jumlah koloni dihitung secara manual dengan membandingkan kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Analisis dilakukan pada suspensi 1×10^4 CFU/mL dan 1×10^5 CFU/mL. Hasil *One-Way ANOVA* menunjukkan perbedaan penurunan jumlah koloni *C. albicans* yang bermakna antar kelompok perlakuan. Semakin lama durasi paparan UV-C, semakin besar reduksi koloni yang diamati. Temuan ini menguatkan efektivitas UV-C (254 nm) dalam menurunkan viabilitas *C. albicans* dengan pola respons bergantung durasi paparan. Simpulan penelitian ini ialah paparan sinar UV-C (254 nm) terbukti efektif menurunkan jumlah koloni *Candida albicans*. Semakin lama durasi paparan, semakin banyak jumlah koloni yang berkurang.

Kata kunci: *Candida albicans*; ultraviolet C (UV-C); healthcare-associated infections

PENDAHULUAN

Infeksi terkait pelayanan kesehatan (*healthcare-associated infections/HAIs*) tetap menjadi tantangan global dan berdampak signifikan pada keselamatan pasien maupun tenaga kesehatan. Laporan global terbaru *World Health Organization* (WHO) menegaskan bahwa penguatan program pencegahan dan pengendalian infeksi (PPI) di fasilitas kesehatan masih menjadi prioritas dan berhubungan langsung dengan penurunan beban HAI dan resistensi antimikroba.¹ Dalam praktik kedokteran gigi, prosedur klinik kerap menghasilkan bioaerosol dan *splatter* yang memfasilitasi transmisi mikroorganisme, sehingga kebersihan permukaan dan disinfeksi lingkungan berperan penting dalam memutuskan rantai penularan.²

Candida albicans merupakan jamur oportunistik yang sering terlibat dalam HAI dan infeksi terkait perangkat, antara lain karena kemampuannya membentuk *biofilm* pada permukaan biotik maupun abiotik. *Biofilm* meningkatkan ketahanan terhadap antifungal dan respons imun inang, sehingga menyulitkan eradikasi dan meningkatkan risiko kekambuhan.³ Sifat toleransi lingkungan *Candida albicans* serta matriks *biofilm* yang menjadi penghalang difusi antimikroba memperkuat urgensi strategi pengendalian non-farmakologis yang efektif pada permukaan dan peralatan klinik.⁴

Disinfeksi berbasis ultraviolet spektrum C (UV-C; 200–280 nm, lazim 254 nm) telah lama digunakan sebagai teknologi germisidal pada air, udara, dan permukaan. Mekanisme utamanya ialah kerusakan asam nukleat melalui pembentukan *cyclobutane pyrimidine dimers* (CPD) dan foto produk terkait, yang menghambat replikasi mikroba. Rentang paling mematikan untuk aksi germisidal berada di sekitar 250–270 nm.⁵ Sejumlah studi in-vitro menunjukkan bahwa paparan UV-C mampu menurunkan viabilitas *Candida*, termasuk *Candida albicans*, dengan derajat inaktivasi yang bergantung pada dosis (intensitas × waktu). Paparan UV-C menurunkan jumlah koloni *Candida albicans* secara bermakna dan pada beberapa pengaturan, menunjukkan reduksi log yang tinggi pada durasi paparan tertentu.²

Di Indonesia, sinar UV-C belum lazim digunakan untuk sterilisasi dan disinfeksi. Penelitian Hariyadi mengenai efektivitas sinar UV-C sebagai disinfeksi membuktikan bahwa paparan sinar UV-C selama 120 detik menyebabkan tidak adanya pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Paparan sinar UV-C selama 30 detik dinyatakan sebagai standar waktu untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme, namun, belum diketahui apabila paparan sinar UV-C yang lebih singkat dari 120 detik dapat membunuh mikroorganisme. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan strategi variasi waktu, yaitu 50 detik, untuk mengetahui pengaruh durasi sinar UV-C dalam menghambat pertumbuhan atau bahkan membunuh *Candida albicans*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratoris secara *in vitro* dengan desain *pre-test and post-test control group* yang dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro pada bulan Juni hingga Juli 2021. Sampel yang digunakan ialah biakan *Candida albicans* yang diidentifikasi ulang melalui pewarnaan KOH 10%, dengan penentuan besar sampel minimal sebanyak delapan cawan per kelompok berdasarkan rumus Gomez dan Gomez (1995). Sebelum pengujian, seluruh peralatan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 15 psi untuk alat tahan panas, serta alkohol 70% untuk alat non-tahan panas, yang diikuti dengan penyiapan media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) steril. Suspensi *Candida albicans* disiapkan dengan melarutkan biakan murni ke dalam larutan NaCl, kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex* hingga mencapai konsentrasi awal 10⁸ CFU/mL. Suspensi tersebut selanjutnya diencerkan secara bertingkat untuk memperoleh variasi konsentrasi 10⁵, 10⁴, 10³, 10², dan 10¹ CFU/mL.

Tahap perlakuan dilakukan dengan memaparkan sinar UV-C pada tabung reaksi biakan dari jarak 25 cm dengan variasi durasi 30 detik dan 50 detik. Sebagai perbandingan, digunakan kontrol positif berupa biakan yang dipapar sinar UV dari *Bio-Safety Cabinet* (BSC) selama 5 detik. Pasca-perlakuan, sebanyak 100 µL biakan dari masing-masing tabung diinokulasikan ke cawan Petri berisi media SDA, diratakan dengan jarum ose steril, dan diinkubasi pada suhu 35°C selama 48

jam. Identifikasi pertumbuhan jamur dilakukan secara mikroskopis, dilanjutkan dengan penghitungan jumlah koloni *Candida albicans* secara manual di mana setiap koloni yang dihitung diberi tanda untuk mencegah duplikasi. Data yang terkumpul kemudian dianalisis secara statistik, diawali dengan uji prasyarat normalitas (Shapiro-Wilk) dan homogenitas (*Levene Test*). Jika data berdistribusi normal dan homogen, pengujian hipotesis dilanjutkan dengan uji parametrik One-Way Anova dan Post Hoc; namun jika tidak, data dianalisis menggunakan uji non-parametrik Kruskal-Wallis yang dilanjutkan dengan uji Mann-Whitney.

HASIL PENELITIAN

Tabel 1 memperlihatkan hasil perhitungan jumlah koloni *Candida albicans* pada semua perlakuan secara manual. Penyinaran UV-C 50 detik mengalami penurunan yang paling besar dibandingkan dengan penyinaran BSC 5 detik dan UV-C 30 detik pada seluruh konsentrasi. Pada konsentrasi 10^5 terlihat penurunan yang tajam setelah diberi perlakuan, sedangkan pada konsentrasi 10^4 juga mengalami penurunan setelah diberi perlakuan, tetapi tidak setajam konsentrasi 10^5 . Pada konsentrasi 10^3 , 10^2 , 10^1 hampir tidak terlihat penurunan. Selain itu, konsentrasi 10^5 dan 10^4 memiliki rerata yang mendekati kriteria hitung yaitu 30 koloni sampai 300 koloni, sehingga dapat dilakukan analisis.

Tabel 1. Hasil perhitungan rerata jumlah koloni *Candida albicans*

Konsentrasi suspensi <i>C. albicans</i>	Rerata \pm SD Tanpa penyinaran (Koloni)	Rerata \pm SD BSC 5 detik (Koloni)	Rerata \pm SD UV-C 30 detik (Koloni)	Rerata \pm SD UV-C 50 detik (Koloni)
10^5	359 \pm 3,25	184 \pm 14,91	195 \pm 22,19	156 \pm 18,72
10^4	50 \pm 7,53	19 \pm 1,73	24 \pm 4,86	17 \pm 3,73
10^3	3 \pm 2,42	3 \pm 2,49	1 \pm 1,36	2 \pm 1,51
10^2	1 \pm 0,76	0 \pm 0,52	1 \pm 0,53	0 \pm 0
10^1	0 \pm 0	0 \pm 0,74	0 \pm 0	0 \pm 0

Pada penelitian ini dilakukan analisis inferensial pada kelompok pengenceran 10^5 dan 10^4 CFU/mL untuk melihat sebaran data dengan uji normalitas menggunakan uji Saphiro-Wilk dan uji homogenitas. Tabel 2 memperlihatkan bahwa hasil uji normalitas pada konsentrasi 10^5 dan 10^4 mendapatkan nilai $p > 0,05$ sehingga dinyatakan data terdistribusi normal. Uji homogenitas menunjukkan nilai $p > 0,05$ pada seluruh kelompok perlakuan dan kelompok tanpa penyinaran, sehingga data dapat dinyatakan homogen. Oleh karena data terdistribusi normal dan homogen, maka dilanjutkan dengan uji *One Way Anova* untuk mengetahui perbedaan pengaruh penurunan jumlah koloni *Candida albicans* antar kelompok perlakuan.

Tabel 2. Hasil uji normalitas dan homogenitas konsentrasi 10^5 dan 10^4

Kelompok perlakuan	Uji normalitas	Uji homogenitas
Konsentrasi 10^5		
Tanpa penyinaran	0,937	0,462
BSC 5 detik	0,063	
UV-C 30 detik	0,827	
UV-C 50 detik	0,191	
Konsentrasi 10^4		
Tanpa penyinaran	0,322	0,108
BSC 5 detik	0,646	
UV-C 30 detik	0,120	
UV-C 50 detik	0,492	

Tabel 3 memperlihatkan hasil uji *One Way Anova* pada konsentrasi 10^5 dan 10^4 dengan nilai $p < 0,05$, yang menunjukkan terdapat perbedaan pada pengaruh penurunan jumlah koloni *Candida albicans* antar perlakuan. Analisis data dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Tukey HSD*.

Tabel 3. Hasil uji *One Way Anova* konsentrasi 10^5 dan 10^4

	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Konsentrasi 10^5					
Between groups	202413,125	3	67471,042	222,552	0,000
Within groups	8488,750	28	303,170		
Total	210901,875	31			
Konsentrasi 10^4					
Between groups	5580,125	3	1860,042	76,506	0,000
Within groups	680,750	28	24,313		
Total	6260,875	31			

Tabel 4 memperlihatkan bahwa hasil *Post Hoc Tukey HSD* pada konsentrasi 10^5 mendapatkan kelompok tanpa penyinaran dengan BSC 5 detik, tanpa penyinaran dengan UV-C 30 detik, tanpa penyinaran dengan UV-C 50 detik, penyinaran BSC 5 detik dengan UV-C 50 detik, serta penyinaran UV-C 30 detik dengan UV-C 50 detik memiliki nilai $p < 0,05$ yang menunjukkan terdapat perbedaan bermakna. Kelompok BSC 5 detik dengan UV-C 30 detik memiliki nilai $p > 0,05$, yang menunjukkan tidak terdapat perbedaan bermakna. Hasil *Post Hoc Tukey HSD* pada konsentrasi 10^4 mendapatkan bahwa kelompok tanpa penyinaran dengan BSC 5 detik, tanpa penyinaran dengan UV-C 30 detik, tanpa penyinaran dengan UV-C 50 detik, penyinaran UV-C 30 detik dengan UV-C 50 detik memiliki nilai $p < 0,05$ yang menunjukkan terdapat perbedaan bermakna. Kelompok BSC 5 detik dengan UV-C 30 detik, BSC 5 detik dengan UV-C 50 detik memiliki nilai $p > 0,05$ yang menunjukkan tidak terdapat perbedaan bermakna.

Tabel 4. Hasil uji *Post Hoc Tukey HSD* konsentrasi 10^5 dan 10^4

	Tanpa penyinaran	BSC 5 detik	UV-C 30 detik	UV-C 50 detik
Konsentrasi 10^5				
Tanpa penyinaran	-	-	-	-
BSC 5 detik	0,000	-	-	-
UV-C 30 detik	0,000	0,567	-	-
UV-C 50 detik	0,000	0,014	0,000	-
Konsentrasi 10^4				
Tanpa penyinaran	-	-	-	-
BSC 5 detik	0,000	-	-	-
UV-C 30 detik	0,000	0,185	-	-
UV-C 50 detik	0,000	0,871	0,039	-

BAHASAN

Penelitian ini mengungkapkan bahwa paparan sinar ultraviolet spektrum C (UV-C) selama 50 detik memberikan penurunan bermakna terhadap jumlah koloni *Candida albicans* dibandingkan dengan paparan selama 30 detik maupun paparan sinar UV dari *Bio-Safety Cabinet* (BSC) selama 5 detik. Temuan ini menunjukkan bahwa durasi paparan UV-C merupakan faktor kritis dalam efektivitas inaktivasi *Candida albicans*, terutama pada konsentrasi inokulum yang lebih tinggi, yaitu 10^5 dan 10^4 CFU/mL. Sebaliknya, pada konsentrasi inokulum yang lebih rendah (10^3 hingga 10^1 CFU/mL), penurunan jumlah koloni tidak menunjukkan perbedaan

bermakna, yang mengindikasikan adanya ambang batas konsentrasi mikroorganisme di mana paparan UV-C dapat memberikan efek germisidal yang optimal.

Mekanisme kerja germisidal sinar UV-C terutama melibatkan kerusakan asam nukleat mikroorganisme melalui pembentukan *cyclobutane pyrimidine dimers* (CPD) dan produk fotokimia terkait, yang secara langsung menghambat proses replikasi DNA dan RNA sehingga menyebabkan kematian sel.⁶ Spektrum UV-C yang digunakan dalam penelitian ini berada pada rentang panjang gelombang 200–280 nm, dengan puncak germisidal optimal pada 250–270 nm, yang sesuai dengan literatur mengenai efektivitas UV-C dalam menonaktifkan mikroorganisme. Penurunan viabilitas *Candida albicans* yang diamati sejalan dengan hasil studi-studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa paparan UV-C dapat secara efektif mengurangi jumlah koloni jamur ini dengan derajat inaktivasi yang bergantung pada dosis, yaitu kombinasi antara intensitas dan durasi paparan.^{7,8}

Hasil penelitian ini juga didukung oleh studi lokal yang dilakukan oleh Korten et al⁹ yang melaporkan bahwa paparan sinar ultraviolet efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli*. Penelitian saat ini memperluas pemahaman tersebut dengan menunjukkan bahwa durasi paparan yang lebih singkat, yaitu 50 detik, sudah cukup untuk menurunkan jumlah koloni *Candida albicans* secara bermakna. Hal ini menegaskan bahwa durasi paparan sinar UV-C merupakan variabel kunci yang dapat dioptimalkan untuk efisiensi desinfeksi tanpa mengorbankan efektivitas, yang sangat relevan dalam praktik klinik dan pengendalian infeksi di fasilitas kesehatan.

Candida albicans dikenal sebagai patogen oportunistik yang memiliki kemampuan membentuk biofilm, suatu struktur komunitas mikroorganisme yang melekat pada permukaan biotik maupun abiotik dan meningkatkan resistensi terhadap agen antimikroba serta respons imun inang. Biofilm ini menjadi penghalang fisik yang menghambat penetrasi antimikroba dan sinar UV-C, sehingga keberhasilan desinfeksi sangat bergantung pada kemampuan metode yang digunakan untuk menembus atau menghancurkan biofilm tersebut. Oleh karena itu, penggunaan metode non-farmakologis seperti desinfeksi berbasis UV-C menjadi sangat penting dalam memutus rantai penularan *Candida albicans*, terutama pada permukaan dan peralatan klinik yang berpotensi menjadi reservoir mikroorganisme ini. Penurunan jumlah koloni *Candida albicans* yang bermakna setelah paparan UV-C dalam penelitian ini mengindikasikan potensi teknologi ini sebagai strategi pencegahan infeksi terkait pelayanan kesehatan (HAI), yang sangat relevan dalam konteks pengendalian infeksi di lingkungan rumah sakit dan fasilitas medis lainnya.¹⁰

Efektivitas paparan UV-C dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jarak antara sumber UV-C dan permukaan target, intensitas sumber cahaya UV-C, sudut paparan, serta keberadaan bahan organik dan *biofilm* yang dapat menghambat penetrasi sinar UV.^{11,12} Penelitian Cadnum et al¹³ menunjukkan bahwa efektivitas UV-C dapat berkurang secara bermakna pada permukaan dengan kontur kompleks dan biofilm, sehingga tidak selalu efektif secara menyeluruh. Selain itu, Beck et al¹⁴ menegaskan bahwa efektivitas UV-C sangat bergantung pada jenis mikroorganisme dan kondisi lingkungan, dengan variasi hasil yang bermakna terkait penetrasi dan kerusakan asam nukleat. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun UV-C memiliki potensi besar sebagai metode desinfeksi, penerapan praktisnya harus mempertimbangkan kondisi lingkungan dan karakteristik mikroorganisme target. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan variasi parameter tersebut sangat diperlukan untuk mengoptimalkan protokol desinfeksi UV-C, termasuk pengujian di lingkungan klinik nyata guna memastikan aplikasi praktis dan keberlanjutan teknologi ini dalam pengendalian infeksi.

SIMPULAN

Paparan sinar UV-C mampu menurunkan jumlah koloni jamur *Candida albicans*. Paparan sinar UV-C selama 50 detik mampu menurunkan jumlah koloni *Candida albicans* lebih tinggi dibandingkan paparan sinar UV-C selama 30 detik, serta paparan sinar UV-C dengan BSC selama 5 detik, menurunkan jumlah koloni *Candida albicans* lebih tinggi dibandingkan paparan sinar UV-C selama 30 detik. Paparan sinar UV-C selama 50 detik secara bermakna mengurangi jumlah koloni *Candida albicans* pada konsentrasi tinggi, menunjukkan bahwa teknologi ini efektif sebagai metode

desinfeksi non-farmakologis yang potensial di fasilitas kesehatan. Implementasi UV-C dapat menjadi pelengkap penting dalam program pencegahan dan pengendalian infeksi, khususnya dalam praktik kedokteran gigi dan pelayanan kesehatan lainnya yang rentan terhadap transmisi mikroorganisme melalui bioaerosol dan permukaan. Pengembangan dan standarisasi protokol penggunaan UV-C yang efisien dan aman akan memperkuat langkah-langkah pencegahan infeksi di berbagai klinik.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan pada studi ini.

Sumber Dana

Sumber dana penelitian ini berasal dari hibah riset dosen pemula FK Undip Tahun 2021

DAFTAR PUSTAKA

1. World Health Organization. Global report on infection prevention and control 2024. 2024. Available from: <https://iris.who.int/>.
2. Van der Weijden F. Aerosol in the oral health-care setting: a misty topic. *Clinical Oral Investigations*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2023. p. 23–32. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05034-x>
3. Atriwal T, Azeem K, Husain FM, Hussain A, Khan MN, Alajmi MF, et al. Mechanistic understanding of *Candida albicans* biofilm formation and approaches for its inhibition. *Front Microbiol*. 2021;12:638609. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.638609>
4. Pereira R, dos Santos Fontenelle RO, de Brito EHS, de Moraes SM. Biofilm of *Candida albicans*: formation, regulation and resistance. *J Appl Microbiol*. 2021;131(1):11-22. Doi: <https://doi.org/10.1111/jam.14949>
5. Memarzadeh F. A Review of Recent Evidence for Utilizing Ultraviolet Irradiation Technology to Disinfect Both Indoor Air and Surfaces. *Applied Biosafety*. SAGE Publications Inc.; 2021. p. 52–6. Doi: <https://doi.org/10.1089/apb.20.0056>
6. Kowalski W. UVGI disinfection theory. In: *Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook*. Springer Berlin Heidelberg; 2009. p. 17–50. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-01999-9_2
7. Raeiszadeh M, Adeli B. A critical review on ultraviolet disinfection systems against COVID-19 outbreak: applicability, validation, and safety considerations. *ACS Photonics*. 2020;7(11):2941-51. Doi: <https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.0c01245>
8. Nerandzic MM, Cadnum JL, Pultz MJ, Donskey CJ. Evaluation of an automated ultraviolet radiation device for decontamination of *Clostridium difficile* and other healthcare-associated pathogens in hospital rooms. *BMC Infect Dis*. 2010;10:197. Doi: <https://doi.org/10.1186/1471-2334-10-197>
9. Koten DR, Widayawara G, Rahman A, Zain RK. Efektivitas sinar ultraviolet terhadap daya hambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* di laboratorium IMLTD. *Avicenna*. 2025;8(2):20. Doi: <https://doi.org/10.36419/avicenna.v8i2.1600>
10. Finkel JS, Mitchell AP. Genetic control of *Candida albicans* biofilm development. *Nat Rev Microbiol*. 2011;9(2):109-18. Doi: <https://doi.org/10.1038/nrmicro2475>
11. Nardell EA, Bucher SJ, Brickner PMW, Wang C, Vincent RBL, Becan-McBride K, et al. Safety of upper-room ultraviolet germicidal air disinfection for room occupants: results from the Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study. *Public Health Rep*. 2008;123(1):52–60. Doi: <https://doi.org/10.1177/003335490812300108>
12. Nerandzic MM, Thota P, Sankar C T, Jencson A, Cadnum JL, Ray AJ, et al. Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens in hospital rooms. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2015;36(2):192–7. Doi: <https://doi.org/10.1017/ice.2014.36>
13. Cadnum JL, Li DF, Redmond SN, John AR, Pearlmutter B, Donskey CJ. Effectiveness of ultraviolet-c light and a high-level disinfection cabinet for decontamination of n95 respirators. *Pathog Immun*. 2020;5(1):52–67. Doi: <https://doi.org/10.20411/pai.v5i1.372>
14. Beck SE, Rodriguez RA, Hawkins MA, Hargy TM, Larason TC, Linden KG. Comparison of UV-induced inactivation and RNA damage in MS2 phage across the germicidal UV spectrum. *Appl Environ Microbiol*. 2016;82(5):1468–74. Doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.02773-15>