

UV-LEDs: el futuro de la pasteurización

Los diodos emisores de luz (LED) son dispositivos electrónicos compuestos por un chip semiconductor, que permiten el paso de corriente en un solo sentido que al ser polarizados emite un haz de luz. Su uso se ha enfocado principalmente a la iluminación, debido a que ofrece un ahorro energético superior al 50% en comparación a lámparas industriales de haluro o halogenuro metálicos. Sin embargo, en los últimos años se han visto posibilidades en utilizar LEDs en el rango ultravioleta, entre 100 y 400 nm, como posible alternativa de esterilización y pasteurización de superficies, alimentos y bebidas (Hsu et al., 2021).

Los UV-LEDs son una tecnología emergente que tiene un gran potencial ya que son más pequeños, livianos y menos frágiles que las lámparas tradicionales de luz UV. Además, brindan eficiencia energética, presentan una mayor vida útil, viabilidad económica, y no contienen mercurio (Raeiszadeh y Adeli, 2020). Debido a su reducido tamaño, inferior a 1mm², se pueden realizar diferentes conformaciones o diseños que pueden emitir desde diferentes ángulos y longitudes de onda en comparación con las fuentes de luz UV tubulares tradicionales (Chen, Loeb y Kim, 2017).

La categoría de UV-LED, cubre un amplio espectro y gama de aplicaciones que incluye desde purificadores de aire, purificadores de agua, desinfección, esterilización y pasteurización de alimentos y bebidas (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de aplicación de UV-LED según longitud de onda

		UVA	UVB	UVC
Longitud de onda	de	400-315 nm	315-280 nm	280-100 nm
Aplicación		Purificación de aire, radioterapia y fototerapia médica.	Cuidado de la salud, crecimiento de plantas.	Esterilización de superficies, purificación de agua y aire, pasteurización de alimentos y bebidas.
Capacidad de absorción	de	Fuerte absorción (puede traspasar la mayoría de vidrio transparente plástico).	Absorción intermedia (puede ser absorbida por el vidrio).	Poca absorción.

En lo que concierne su uso para esterilización de superficies, este se vio acrecentado con la epidemia del coronavirus (COVID-19) (Gerchman, Mamane, Friedman y Mandelboim, 2020) principalmente para la desinfección de áreas comunes en hospitales (Scott, Joshi y McGinn, 2022). Donde diversos estudios demostraron que la integración de chips de UVC-LED de alta potencia (1.88 W) tenían la capacidad de esterilizar superficies (plástico, acero inoxidable, vidrio y papel) de manera eficiente y rápida, logrando una tasa de inactivación del 99.9% en diversos microorganismos en cortos periodos de tiempo, de 1 a 60 s (Luo et al., 2022).

Por otra parte, su uso también se ha evaluado en el tratamiento de agua para la remoción de microorganismos patógenos, virus y hongos (Keshavarzfathy, Hosoi, Oguma y Taghipour, 2021). Demostrando un gran impacto en la eficiencia en la eliminación de microorganismos, al igual que un menor consumo de energía y menor impacto ambiental en comparación a tratamientos mediante altas temperaturas (Oguma, Rattanakul y Bolton, 2016). Es importante resaltar que la eficiencia de estos tratamientos se ve determinada por la conformación de los LED en los tanques de tratamiento y la profundidad de absorción de la luz UV.

Este último efecto, también se ha observado en el tratamiento mediante UV-LED para alimentos y bebidas. Donde se ha aplicado luz basada en UV-LED para la descontaminación de filetes de pechuga de pollo (Soro, Whyte, Bolton y Tiwari, 2021), y distintas frutas y verduras (arándanos, zanahorias, lechugas, tomates, manzanas, pimientos, brócoli, mango, entre otras).

De igual forma, el uso de luz UV mediante LED se ha evaluado en jugos clarificados, exhibiendo altas tasas de inactivación de microorganismos patógenos, la retención de compuestos bioactivos termosensibles, como vitaminas y polifenoles, al igual que propiedades sensoriales como color, aroma y sabor (Popović y Koutchma, 2021). Sin embargo, son limitados los estudios en bebidas no clarificadas (Pierscianowski et al., 2021), lo cual abre una gran área de investigación para poder escalar estos tratamientos a una variedad de productos.

En conclusión, como tecnología emergente los UV-LED presentan gran potencial como tratamiento de pasteurización y esterilización, no solo en la eficiencia energética, vida útil y viabilidad, pero también como método de conservación de propiedades sensoriales y bioactivas en alimentos y bebidas. Pero a pesar de las ventajas que presenta esta tecnología, existen todavía limitaciones en su aplicación a nivel industrial debido a la falta de normas nacionales e internacionales y la ausencia de regulaciones para su estandarización.

Referencias

Chen, J., Loeb, S., & Kim, J.-H. (2017). LED revolution: Fundamentals and prospects for UV disinfection applications. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 3(2), 188-202. <https://doi.org/10.1039/C6EW00241B>

Dyshlyuk, L., Babich, O., Prosekov, A., Ivanova, S., Pavsky, V., & Chaplygina, T. (2020). The effect of postharvest ultraviolet irradiation on the content of antioxidant compounds and the activity

of antioxidant enzymes in tomato. *Heliyon*, 6(1), e03288. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03288>

Gerchman, Y., Mamane, H., Friedman, N., & Mandelboim, M. (2020). UV-LED disinfection of Coronavirus: Wavelength effect. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology*, 212, 112044. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2020.112044>

Hsu, T.-C., Teng, Y.-T., Yeh, Y.-W., Fan, X., Chu, K.-H., Lin, S.-H., Yeh, K.-K., Lee, P.-T., Lin, Y., Chen, Z., Wu, T., & Kuo, H.-C. (2021). Perspectives on UVC LED: Its Progress and Application. *Photonics*, 8(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/photonics8060196>

Keshavarzfathy, M., Hosoi, Y., Oguma, K., & Taghipour, F. (2021). Experimental and computational evaluation of a flow-through UV-LED reactor for MS2 and adenovirus inactivation. *Chemical Engineering Journal*, 407, 127058. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127058>

Lee, M.-J., Son, J. E., & Oh, M.-M. (2014). Growth and phenolic compounds of *Lactuca sativa* L. grown in a closed-type plant production system with UV-A, -B, or -C lamp. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(2), 197-204. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6227>

Luo, W., Li, T., Li, Y., Wang, H., Yuan, Y., Liu, S., Wang, W., Wang, Q., Kang, J., & Wang, X. (2022). Watts-level ultraviolet-C LED integrated light sources for efficient surface and air sterilization. *Journal of Semiconductors*, 43(7), 072301. <https://doi.org/10.1088/1674-4926/43/7/072301>

Oguma, K., Rattanakul, S., & Bolton, J. R. (2016). Application of UV Light-Emitting Diodes to Adenovirus in Water. *Journal of Environmental Engineering*, 142(3), 04015082. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001061](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001061)

Pierscianowski, J., Popović, V., Biancaniello, M., Bissonnette, S., Zhu, Y., & Koutchma, T. (2021). Continuous-flow UV-C processing of kale juice for the inactivation of *E. coli* and assessment of quality parameters. *Food Research International*, 140, 110085. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110085>

Popović, V., & Koutchma, T. (2021). Characterizing the Performance of a Continuous-Flow UV-LED System for Treatment of Juices and Beverages Using Multiple Wavelengths. *Food Engineering Reviews*, 13(3), 686-695. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09266-5>

Raeiszadeh, M., & Adeli, B. (2020). A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID-19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations. *ACS Photonics*, acsphotronics.0c01245. <https://doi.org/10.1021/acsphotronics.0c01245>

Scott, R., Joshi, L. T., & McGinn, C. (2022). Hospital surface disinfection using ultraviolet germicidal irradiation technology: A review. *Healthcare Technology Letters*, 9(3), 25-33. <https://doi.org/10.1049/htl2.12032>

Soro, A. B., Whyte, P., Bolton, D. J., & Tiwari, B. K. (2021). Application of a LED-UV based light technology for decontamination of chicken breast fillets: Impact on microbiota and quality attributes. *LWT*, 145, 111297. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111297>

Autores:

Mtra. Christelle Pihen

Licenciada en Ingeniería de Alimentos por la Universidad de las Américas Puebla 2016. Maestra en Ingeniería en Procesos por la Universidad de Colima 2019. Actualmente es candidata a Doctora en Ciencia de Alimentos en la Universidad de las Américas Puebla.

christelle.pihenmz@udlap.mx

Dra. Nelly Ramírez-Corona

Doctora en Ingeniería Química por el Instituto Tecnológico de Celaya y profesora titular del Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental de la UDLAP desde 2007. Ha publicado más de 60 publicaciones científicas en el área de ingeniería química y de alimentos. Es investigadora nacional (SNI) nivel 1, miembro del Consejo Directivo de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química.

nelly.ramirez@udlap.mx

Dr. Aurelio López-Malo

Doctor en Química (Alimentos) por la Universidad de Buenos Aires (Argentina) y profesor del Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental de la UDLAP desde 1987. Ha publicado más de 250 artículos científicos en revistas indizadas de prestigio internacional en el área de ciencia y tecnología de alimentos. Desde 1998 es profesor investigador, miembro del sistema nacional de investigadores de CONACYT, actualmente SNI nivel 3 y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias.

aurelio.lopezm@udlap.mx