

Tecnologías para la industria alimentaria

Luz ultravioleta



Ministerio
de Economía
República Argentina

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca

Tecnologías para la industria alimentaria

Altas presiones hidrostáticas

La integración de tecnología en la industria alimentaria es fundamental para aumentar la competitividad, optimizar procesos, reducir costos y garantizar productos de alta calidad. Por este motivo, desde la Dirección Nacional de Alimentos y Desarrollo Regional hemos elaborado esta ficha, que ofrece un análisis integral sobre el uso, la disponibilidad, las consideraciones normativas, la legislación aplicable y las oportunidades que esta tecnología presenta en mercados nacionales e internacionales. Esta herramienta busca proporcionar soluciones innovadoras adaptadas tanto a pequeñas como a grandes empresas.

ÍNDICE

Luz ultravioleta	03
Factores críticos del tratamiento	05
Aplicaciones y efectos	09
Legislación para su uso	11
Empresas que ofrecen la tecnología	13
Bibliografía	15

Luz ultravioleta



La luz ultravioleta (UV) tiene aplicaciones importantes en la industria de alimentos, especialmente en la desinfección y conservación. En la actualidad el sistema más utilizado es continuo y se compone de emisores de radiación encendidos en forma permanente que aplican luz UV sobre superficies, alimentos líquidos o sólidos. El principal uso de la técnica es el tratamiento de agua (Domínguez y Parzanese 2011).

La radiación UV como tecnología no térmica de conservación es un tratamiento simple, limpio, se realiza a bajas temperaturas y sin humectación del producto, requiere menos espacio que otros métodos, poco mantenimiento y tiene un bajo costo (Millán Villarroel et al. 2015). Es elegida por tratarse de un proceso que no altera las propiedades sensoriales y reduce el uso de sustancias químicas (Domínguez y Parzanese 2011).

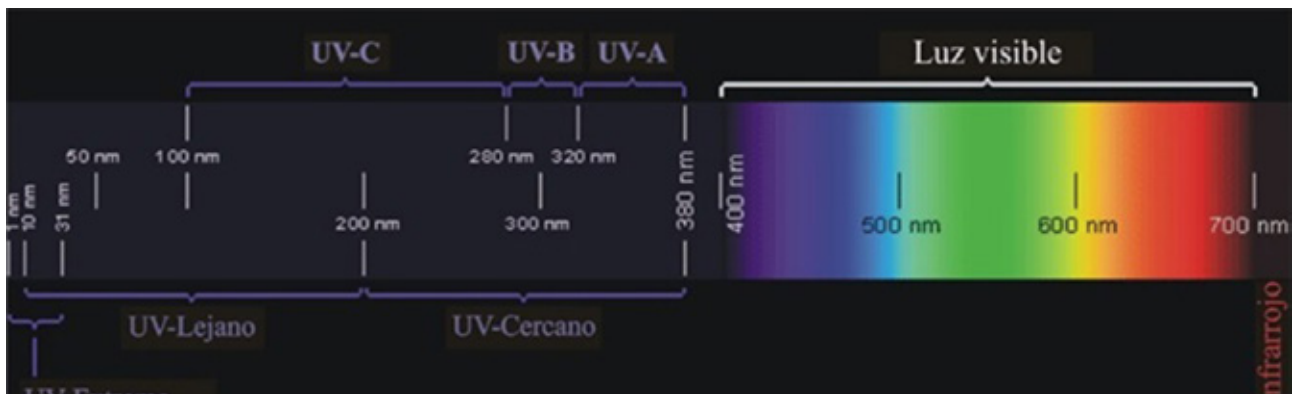
Las tecnologías emergentes ofrecen productos en su estado más natural, aumentan la permanencia en el mercado y reducen significativamente la carga total microbiana, principalmente los considerados patógenos y de putrefacción en los alimentos (Raybaudi-Massilia et al. 2006). Por lo tanto, existe la demanda en la industria de alimentos de tecnologías de procesamiento mínimo tales, como la alta presión, luz UV, irradiación, campos magnéticos oscilantes, entre otros. El interés por estas tecnologías es no sólo para obtener alimentos de alta calidad con características frescas, sino también, para proporcionar alimentos con funcionalidades mejoradas (Rawson et al. 2011).

El uso de la tecnología UV con fines de desinfección involucra a la región ultravioleta del espectro electromagnético con un rango de longitud de onda entre 100 y 400 nm. Éste puede subdividirse en:

- › UV-A (320-400 nm)
- › UV-B (280-320 nm)
- › UV-C (200-280 nm)
- › Vacío-UV (100-200 nm) (a veces considerada UV-C o UV-Extremo)

La luz UV-C posee el mayor efecto germicida, entre 250 y 270 nm, y la máxima eficiencia para la desinfección se sitúa específicamente a 254 nm, es una forma de radiación no ionizada que no penetra más allá de las superficies (Christen et al. 2013). La UV-C puede inactivar bacterias, hongos y virus (Fonseca 2006). El componente UV en el espectro de radiación electromagnética se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Componente ultravioleta del espectro electromagnético



Fuente: Millán Villarroel et al. 2015.

La luz ultravioleta es producida de manera artificial por lámparas de vapor de mercurio, de las que existen varios tipos dependiendo del uso y la potencia necesaria. Las lámparas típicamente usadas para la desinfección con UV-C consisten en tubos de cuarzo que contienen un gas inerte en su interior, como argón y pequeñas cantidades de mercurio (Pombo 2009).

Factores críticos del tratamiento



La eficiencia de esta tecnología dependerá de muchos factores intrínsecos y extrínsecos del alimento, afectando la acción antimicrobiana y conservante de este método.

- › **Tipo de lámpara:** las lámparas consisten en tubos de cuarzo que contienen un gas inerte en su interior, como argón y pequeñas cantidades de mercurio. Las fuentes de radiación usadas pueden ser clasificadas en lámparas de baja y media presión de descarga de mercurio (Pombo 2009).
- › **Dosis de destrucción microbiana:** el número de microorganismos inactivado depende principalmente de la dosis pudiendo compensar un menor tiempo de exposición con una mayor irradiación. La dosis necesaria para conseguir inactivaciones del 99, 99,9 y 99,99% son, respectivamente: 2, 3 y 4 veces la dosis (D10) para un 90% de inactivación o un 10% de supervivencia. En la mayoría de los casos las dosis usadas abarcan un intervalo desde los 0,2 hasta los 20 kJ/m² (Pombo 2009).

Un punto muy importante que se debe tomar en cuenta es la aplicación de la dosis apropiada para asegurar la inocuidad del alimento y evitar la posibilidad de deterioro (Del Campo-Sacre 2009). La radiación UV- C produce cambios fotoquímicos, cuyos efectos pueden variar según la especie de microorganismo que se trate. El mecanismo de acción letal depende de su absorción por el ADN, pudiendo detener el crecimiento celular y provocar la muerte. Una dosis inadecuada podría sobre contaminarlo con otros microorganismos patógenos, debido a un proceso conocido como fotoreactivación¹ (Domínguez y Parzanese 2011).

1. Se trata de un proceso de reparación directa del ADN catalizado por una reacción enzimática, en la que dos dímeros de pirimidina unidos covalentemente (producto de una fotolesión previa), son monomerizados y restaurados tras ser expuestos a luz visible (Lara et al. 2018).

La radiación emitida se mide en Watts (W) y la intensidad de la radiación en W/m².

Para una desinfección eficaz es importante conocer la dosis de radiación necesaria para reducir la carga del microorganismo, la cual es el producto entre la intensidad de la radiación (I), expresada como energía por unidad de área y el tiempo de residencia o contacto con la luz UV (t) en segundos.

La intensidad de irradiación (mW/cm²), se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{I \cdot t}{1000}$$

D: dosis de irradiación aplicada (kJ/m²)

I: intensidad de irradiación bajo el área de emisión de luz UV-C (W/m²)

t: tiempo de exposición (s)

También suele expresarse en mJ/cm² = μW s/cm²

La resistencia de los organismos a la luz ultravioleta es variada. El ambiente en el que se encuentran también influye en la dosis necesaria para su destrucción. La relación entre la dosis y la destrucción de un microorganismo por tratamiento con luz UV puede verse de la siguiente forma:

$$N = N_0 e^{-KD}$$

Donde:

N₀ = Número inicial de microorganismos

N = Número de microorganismos después del tratamiento K = Constante de velocidad de inactivación

D = Dosis

- › **Tiempo de acción:** el tiempo de exposición es vital para asegurar un buen desempeño. El tiempo de aplicación oscila entre 1 y 5 minutos, período que no incrementa significativamente la temperatura del tejido (1-3°C), ni produce alteraciones o favorece los procesos deteriorativos del producto (Rivera-Pastrana et al. 2007). El tiempo de exposición a la luz ultravioleta dependerá no solo de la dosis que se desea alcanzar, sino de la capacidad del fruto para resistir este tratamiento (si posee una cutícula gruesa, cera protectora, superficie lisa o rugosa, entre otras) (Millán Villarreal et al. 2015).

- › **Distancia entre el producto y la lámpara de luz ultravioleta:** utilizar UV-C como desinfectante, el equipo debe estar localizado lo más cerca posible al producto en el sistema de proceso, debido a que la distancia es inversamente proporcional a la intensidad (Suárez 2001). El estudio de Márquez y Pretell (2013) reportó la utilización de distancias de 12,5 cm en el tratamiento de mango variedad “Kent”, piña variedad “Golden” y Mamey (*Mammea americana*) mínimamente procesados.
- › **Tipo de producto:** la evidencia sugiere que la matriz propia del alimento, juega un papel importante en el daño causado por la irradiación UV-C en el ADN de los microorganismos, ya que dosis similares de UV-C tienen efectos diferentes en el crecimiento de una misma especie microbiana (Rivera-Pastrana et al. 2007). Por ello, resulta relevante la evaluación de esta tecnología en cada producto en particular y así poder definir las condiciones óptimas de aplicación y los posibles cambios en calidad. La constitución del objeto o material que es irradiado, influye de forma muy importante en la eficacia del tratamiento (Suárez 2001). Además, la composición química, el pH, los sólidos disueltos (°Brix), y la actividad de agua tienen que ser considerados como obstáculos que pueden modificar la eficacia de la radiación UV en la inactivación microbiana (Rodrigues y Narciso 2012).
- › **Microorganismos:** cada especie microbiana tiene un grado de resistencia característico a la radiación ultravioleta. Este factor depende de la fase de crecimiento y del estado fisiológico de las células microbianas. Algunas bacterias, virus y mohos requieren niveles relativamente bajos de luz UV para ser destruidos. Cuando hay organismos como las esporas de los mohos, la dosis debe ser respectivamente mayor que la necesaria para bacterias (Del Campo-Sacre 2009).

La formación de cápsulas y el agrupamiento de las bacterias aumentan su resistencia a la radiación UV. Para destruir las esporas microbianas, es necesaria una exposición de una duración de dos a cinco veces mayor que la necesaria para destruir las células vegetativas correspondientes. En general las levaduras están dotadas de una resistencia de dos a cinco veces mayor que las bacterias, aunque algunas se destruyen fácilmente. La resistencia de los mohos es de diez a cincuenta veces mayor que la de las bacterias, los mohos pigmentados a su vez, son más resistentes que los no pigmentados, y las esporas más resistentes que el micelio (Suárez 2001).

En general la resistencia a la irradiación UV-C está en el orden: Gram negativos < Gram-positivos < levaduras < esporas bacterianas < hongos < virus (Adams y Moss 1995).

- › **Longitud de onda utilizada:** la de mayor efecto bactericida son las cercanas a 260 nm. Las lámparas UV de baja presión irradian alrededor del 95% de su energía a una longitud de onda de 253,7 nm; lo cual es coincidentemente cercano al pico de absorción para el ADN (260-265 nm) en el que se tiene alta efectividad germicida. La

longitud de onda óptima para la inactivación de *E. coli*, es de aproximadamente 265 nm, la cual es alrededor del 15% más eficaz que el pico de UV-C de 254 nm (Millán Villarroel et al. 2015).

A modo de ejemplo, en la tabla 1 se muestran los resultados de un estudio realizado sobre inactivación microbiana mediante el uso de luz UV en frutos enteros y las especificaciones de cada proceso.

Tabla 1. Inactivación microbiana mediante el uso de luz UV en frutos enteros

Sustrato tratado Fruta entera	Microorganismo	Inóculo inicial	Tiempo de exposición	Dosis de exposición	Distancia (cm)	Reducción microbiana	Referencia
Mora azul	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	10 ⁹ UFC/mL	1, 5 y 10 min	20 mW/cm ²	0,9	5,83 log UFC/g	Kim y Hung (2012)
Fresa	<i>Botrytis cinerea</i>	10 ⁴ conidios/mL	NI	0,25 - 4,00 kJ/m ²	25	NR	Nigro et al. (2000)
Pera	<i>Escherichia coli</i>	4,5 ± 1,2x10 ⁹ UFC/mL	4 min	7,56 kJ/m ²	NR	3,70 ± 0,13 log UFC/g	Syamala-devi et al. (2012)
Durazno	<i>Escherichia coli</i>	4,5 ± 1,2x10 ⁹ UFC/mL	4 min	7,56 kJ/m ²	NR	2,91 ± 0,28 log UFC/g	Syamala-devi et al. (2012)
Manzanas	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	NI	NI	1,5 a 24 mW/cm ²	NR	3,3 log UFC/g	Yaun et al. (2004)
Tomates	<i>Escherichia coli</i> ATCC 11775	NI	NI	2,9 - 57,6 kJ/m ²	NR	2,7 log UFC/ mL	Bermúdez y Barbosa (2013)
Peras	<i>Penicillium expansum</i>	1,6x10 ⁷ UFC/mL	NI	1,7 kJ/m ²	NR	2,8 log UFC/ mL	Syamala-devi et al. (2013)
Aguacate	<i>Escherichia coli</i> <i>Listeria innocua</i> <i>Salmonella spp.</i>	10 ⁷ UFC/mL	30 s	0,5; 1,0 y 3,0 kJ/m ²	15	1,0 - 3,5 log 1,0 - 3,5 log 5,0 log	Nunes et al. (2011)

NR: no reportado. UFC: unidades formadoras de colonias.

Fuente: Millán Villarroel et al. (2015)

Aplicaciones y efectos



Esta técnica se emplea para desinfectar aire, purificación de agua y superficies de materiales con posible contaminación biológica. En la industria alimentaria se utiliza para eliminar la contaminación microbiológica superficial en el producto, envases, frascos, tapas y de esta manera, ampliar la vida del producto (Domínguez y Parzanese 2011)..

En alimentos sólidos entre los que se pueden mencionar frutas, verduras, pescados y en líquidos como jugos y agua. En una revisión, los estudios -realizados en frutas y hortalizas- demostraron que la aplicación de luz UV-C influye directamente sobre los parámetros de calidad e higiene, produciendo alimentos microbiológicamente seguros para el consumo humano. Y sugieren que el enfoque más adecuado para la aplicación industrial del tratamiento con luz UV es la combinación con otros tratamientos, buscando el establecimiento e interacciones sinérgicas entre ellos (Millán Villarroel et al. 2015). Sin embargo, otro ensayo llevado a cabo en frutilla encontró que una dosis elevada (20 cm de la fuente y 7,5 min) los cultivos de bacterias coliformes y levaduras mostraron un crecimiento microbiano exponencial frente a las demás muestras (prueba realizada por duplicado), lo que prueba la antítesis de la teoría que entre mayor fuese la dosis de rayos UV-C (Lara, et al. 2018).

Las pruebas realizadas por Martín (sin fecha) arrojaron resultados muy efectivos y satisfactorios, logrando una reducción de ocho unidades logarítmicas de microorganismos aerobios mesófilos, obtenidos a partir de un cultivo con los microorganismos encontrados en la superficie de cáscaras de naranja. De esta manera, la autora recomienda la luz UV-c como opción de tratamiento poscosecha para la conservación de vegetales, al igual que otros investigadores (Rivera et al. 2007; Pombo 2009).

Otro grupo potencial es el de las harinas y cereales, donde la luz UV-C podría reducir la carga microbiana, especialmente la descontaminación de patógenos como *Bacillus cereus* (Domínguez L. y Parzanese M., 2011). También se emplea en acuicultura por ejemplo para protección del flujo y de la recirculación en acuarios de agua dulce o salada (Mis peces, sin fecha).

Hay evidencias del efecto positivo del tratamiento de UV-C en aumentar las propiedades nutraceuticas de los alimentos y la síntesis de compuestos que actúan con los mecanismos de defensa natural de los vegetales expuestos a estrés (Cisneros-Zevallos 2003). Un estudio en frutas tropicales mínimamente procesadas sometidas a irradiación UV-C causó un importante estrés inicial (hormesis) sobre las células, induciendo el aumento del contenido de compuestos fenólicos totales. Donde la tendencia de incremento del contenido de

fenoles totales fue mantenida durante el almacenamiento, encontrándose valores de 54,23; 56,32 y 177,43 mg ácido gálico/100 g para las rebanadas de mango, trozos de piña y tiras de mamey tratadas con 14 kJ/ m², respectivamente (Márquez y Pretell 2013).

Sistema de desinfección de agua por radiación UV puede incluir lo siguiente:

- › Una cámara de exposición de material anticorrosivo (acero inoxidable), el cual alberga el sistema.
- › Lámparas ultravioleta.
- › Limpiadores mecánicos, limpiadores ultrasónicos u otros mecanismos de auto limpieza.
- › Sensores conectados a sistemas de alarma para el monitoreo de la intensidad de la luz ultravioleta.
- › Dispositivo de control de velocidad de flujo y temperatura.
- › Dispositivo de control de funcionamiento de las lámparas (dosis, fallas de encendido, etc.).
- › Balasto (ordena el flujo de electrones).

(Domínguez y Parzanese 2011).

Legislación para su uso



Argentina

El Código Alimentario Argentino contempla brevemente el uso de UV en agua de bebida envasada o agua potabilizada envasada en el Capítulo XII. El Artículo 983 (Resolución Conjunta SCS y SAGyP N° 33/2023) menciona que los tratamientos permitidos a fin de conservar o mejorar sus características físicas, químicas, microbiológicas o sensoriales se permiten los siguientes tipos de tratamientos: decantación y/o filtración, separación de elementos inestables, eliminación de arsénico, vanadio, flúor, manganeso, nitratos, la cloración, aireación, ozonización, radiación ultravioleta, ósmosis inversa, absorción por carbón, pasaje por resinas de intercambio y filtros de retención microbiana, así como otra operación que autorice la autoridad sanitaria competente.

Lo mismo aplica en el Artículo 985 para aguas minerales y el Artículo 1017 para soda en sifones (Ministerio de Salud, 2024).

Colombia

En Colombia, el uso de UVC está reglamentado bajo la NTC 3525 solo para la desinfección de aguas (Lara et al., 2018).

Estados Unidos

Para el año de 1986, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA), aprobó la radiación con UVC de frutas y verduras, y posteriormente, para 1997 la Organización Mundial de la Salud (OMS), avaló nuevamente el uso de UVC en alimentos en concordancia con la FDA y el Organismo Internacional de Energía Atómica. En el título 21 del Code of Federal Regulations, perteneciente al Food and Drugs Act de 1906, se permite el uso de radiación ultravioleta para el proceso y tratamiento de alimentos, siempre que se utilicen, como fuente de radiación, lámparas de mercurio de baja presión que emitan el 90% de la emisión a una longitud de onda de 253,7 nanómetros.

El uso de la radiación UV ha sido aprobado como control en el tratamiento superficial de alimentos, esterilización del agua usada para la producción de alimentos y reducción de patógenos y otros microorganismos en jugos (Food and Drug Administration, 2024).

Unión Europea

En la Norma General del Codex para los Alimentos Irradiados, Codex STAN 106- 1983, rev. 1-2003 (FAO, 2024) no se considera a la radiación UV-C. Sólo se establecen los límites y parámetros para la irradiación ionizante (generada por rayos gamma, X o electrones que funcionen a una energía igual o inferior a 10 MeV). Se están realizando investigaciones a cargo de la European Food Safety Authority sobre la seguridad del uso de luz UV-C en alimentos.

Empresas que ofrecen la tecnología



Existen varias empresas dedicadas al tratamiento de aguas utilizando esta tecnología, ya que se trata de la aplicación más difundida y desarrollada en el país. Entre ellas se encuentran:

Empresa	Equipamiento Luz UV-C	Página web y contacto
<p>Philips</p>	<p>Los sistemas UV pueden utilizarse para desinfectar el agua en una amplia variedad de aplicaciones, como el agua potable, las aguas residuales, el agua de procesos, las piscinas y los estanques.</p>	<p>https://www.lighting.philips.com.ar/eas-aplicacion/specialist-applications/uv-disinfection/agua</p> <p>Telefono 0800-333-0324</p> <p>Horarios de Atención De Lunes a Viernes de 9 a 19 hs. y Sábados de 10 a 14 hs.</p>
<p>Orbital Ingeniería</p>	<p>Son fabricantes de todos los equipos que comercializamos e importadores directos de insumos. Mediante análisis de laboratorios y configuraciones con simuladores y planos específicos, nuestros ingenieros especializados desarrollan equipos a medida y con tecnología de última generación. Se puede optar por equipos con capacidades desde los 1.500 litros por hora (l/h) a 10.000 l/h y superiores.</p> <p>Comercializa dos tipos de equipos: -Esterilizador por rayos UV</p> <div data-bbox="550 1579 949 1859" data-label="Image"> </div> <p>Fuente: www.orbitalingenieria.com.ar</p> <p>-Unidad Integral Esterilizadora (UIE): que se compone de un Esterilizador de Rayos Ultravioleta (UV) al que se le agrega un Ionizador de Plata (Ag).</p>	<p>https://orbitalingenieria.com.ar/</p> <p>Telefonos (0351) 475 1236 (0351) 589 0454 (011) 6009 0454</p> <p>Horarios de Atención LUNES-JUEVES (9-18hs) VIERNES (9-17hs)</p>

<p>Cuben</p>	<p>El tunel de esterilización U.V. tiene múltiples aplicaciones en la industria alimenticia y se utiliza para ampliar la vida del producto, eliminando la contaminación microbiológica superficial en el producto, envases, frascos o tapas.</p>	<p>https://www.tienda.cuben.com.ar/productos/tunel-u-v-panificados/</p>
<p>Atlantium, Illuminating Water Technologies</p>	<p>Empresa de origen israelita, que comercializa su tecnología en el país.</p> <p>La tecnología HOD UV de Atlantium se basa en lámparas de media presión, más cortas y potentes que las de baja presión. Los sistemas UV HOD están diseñados con un mecanismo de amplificación óptica que recicla los fotones UV dentro de una cámara de desinfección fabricada en cuarzo, lo que los hace aún más eficientes energéticamente que los sistemas de baja presión</p>	<p>https://atlantium.com/</p>

Bibliografía



- › Adams M, Moss M. (1995). Food microbiology. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp. 398
- › Cisneros-Zevallos L. (2003). The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding value of fresh fruits and vegetables. *J. Food Sci.* 68(5):1560-1564
- › FAO (2024). Norma General Para Los Alimentos Irradiados. Codex STAN 106-1983. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B106-1983%252FCXS_106s.pdf
- › Christen L, Lai C, Hartmann B, Hartmann P, Geddes D. (2013). Ultraviolet-C radiation: a novel pasteurization method for donor human milk. *PLoS One.* 8(6):e68120
- › Del Campo-Sacre J. (2009). Inactivación de esporas de *Aspergillus* mediante la combinación de radiación ultravioleta de onda corta y agentes antimicrobianos en néctar de durazno. Puebla, México: Universidad de las Américas, Departamento de Ingeniería Química y Alimentos [Disertación Grado Ingeniero de Alimentos], pp. 136.
- › Domínguez L y Parzanese M. (2011). Luz ultravioleta en la conservación de alimentos. *Alimentos Argentinos.* 52(2):70-76
- › Food and Drug Administration. (2024). Electronic Code of Federal Regulations. Ultraviolet radiation for the processing and treatment of food. 21 CFR 179.39 <https://www.ecfr.gov/current/title-21/part-179/section-179.39>
- › Fonseca J, Rushing J. (2006). Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biol. Technol.* 40(3):256-26
- › Lara, G., Navarro, M. y Altamiranda, J. (2018). Estudio de fotoreactivación en cultivos microbiológicos obtenidos de carga microbiana de la superficie de fresas sometidas a diferentes dosis de luz ultravioleta de onda corta UV-C. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales.* 5(1), 32-40. doi: <http://dx.doi.org/10.23850/24220582.1148>

- › Mis peces, el portal de la acuicultura (sin fecha). La desinfección por luz UV en acuicultura: rápida y eficiente para inactivar el 99,9% de la población de los patógenos más peligrosos. <https://www.mispeces.com/reportajes/La-desinfeccion-por-luz-UV-en-acuicultura-rapida-y-eficiente-para-inactivar-el-999-de-la-poblacion-de-los-patogenos-mas-peligrosos/>
- › Márquez L, Pretell C. (2013). Irradiación UV-C en frutas tropicales mínimamente procesadas. *Sci. Agropecu.* 4(3):147-161
- › Martín, V (sin fecha). Rediseño y evaluación de un equipo de radiación UV-C para alimentos de origen vegetal. [Licenciatura en Bromatología, Universidad Nacional de Cuyo]. Biblioteca digital. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/13929/tesis-brom.-martin-vanesa-2019.pdf
- › Millán Villarroel y col. (2015). Luz Ultravioleta: Inactivación Microbiana en frutas. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela.* Vol. 27 No 3: 454-469.
- › Ministerio de Salud, ANMAT (2024). Código Alimentario Argentino. Capítulo XII. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo_xii_aguas_actualiz_2024-04.pdf
- › Pombo M. 2009. Irradiación de frutillas con UV-C: efecto sobre la síntesis de proteínas, degradación de la pared celular y mecanismos de defensa. San Martín: Universidad Nacional de San Martín, Laboratorio de Bioquímica y Fisiología de la Maduración y Senescencia [Disertación Doctorado], pp. 120.
- › Raybaudi- Massilia et al. 2006
- › Rawson A, Patras A, Tiwari B, Noci F, Koutchma T, Brunton N. 2011. Effect of thermal and no thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. *Food Res. Int.* 44(7):1875- 1887.
- › Rivera-Pastrana D, Gardea-Béjar A, Martínez-Téllez Miguel A, Rivera-Domínguez M, González Aguilar G. (2007). Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. *Rev. Fitotec. Mex.* 30(4):361-372.
- › Rodrigues S, Narciso F. (2012). *Advances in Fruit Processing Technologies.* CRC Press Taylor & Francis Group, Florida, USA, pp. 472.
- › Suárez R. (2001). Conservación de alimentos. *Rev. Invenio.* 4(6):85-124.



**Ministerio
de Economía**
República Argentina

**Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca**