

EFFECTO DE LA IRRADIACIÓN UV-C SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, Y MICROBIOLÓGICAS EN MANGO MÍNIMAMENTE PROCESADO

(EFFECT OF UV-C IRRADIATION ON PHYSICOCHEMICAL, AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN MINIMALLY PROCESSED MANGO)

Evelyn Pérez

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Programa Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

yuruani1105@gmail.com

Recibido: 26-11-2020/ Aceptado: 11-12-2020

RESUMEN

La tecnología de los métodos combinados permite reducir la intensidad del tratamiento térmico y mantener las propiedades organolépticas en el producto final mediante una combinación de obstáculos que aseguran la estabilidad y seguridad microbiana. En esta revisión, se presentan los principios, factores y mecanismos de acción que afectan la actividad antimicrobiana y la aplicación de la luz ultravioleta como alternativa en la conservación de Mango mínimamente procesado. Se utilizan dosis que abarcan un intervalo desde 0,2 hasta 20 kJ/m² y la distancia entre el producto y la lámpara varía desde 10 hasta 40 cm por un lapso de 30s para luego ser almacenadas a 5°C con una humedad relativa de 85 – 90% durante 20 días. La inactivación microbiana por luz ultravioleta se produce mediante la absorción directa de la energía ultravioleta por el microorganismo y una reacción fotoquímica intracelular resultante que cambia la estructura bioquímica de las moléculas (probablemente en las nucleoproteínas) que son esenciales para la supervivencia del microorganismo. Este tratamiento es útil como alternativa para prolongar la vida útil de los productos, debido a que requiere cortos tiempos de exposición y no afecta significativamente las características fisicoquímicas y sensoriales de las frutas frescas.

Palabras clave: tecnología emergente, inactivación microbiana, vida útil.

ABSTRACT

The technology of the combined methods allows to reduce the intensity of the heat treatment and to maintain the organoleptic properties in the final product by means of a combination of obstacles that ensure microbial stability and safety. In this review, the principles, factors and mechanisms of action that affect antimicrobial activity and the application of ultraviolet light as an alternative in the conservation of minimally processed Mango are presented. Doses ranging from 0.2 to 20 kJ / m² are used and the distance between the product and the lamp varies from 10 to 40 cm for a period of 30s and is then stored at 5 ° C with a relative humidity of 85 - 90% for 20 days. Microbial inactivation by ultraviolet light occurs through the direct absorption of ultraviolet energy by the microorganism and a resulting intracellular photochemical reaction that changes the biochemical structure of the molecules (probably nucleoproteins) that are essential for the survival of the microorganism. This treatment is useful as an alternative to prolong the shelf life of the products, since it requires short exposure times and does not significantly affect the physicochemical and sensory characteristics of fresh fruits.

Keywords: Emerging technology, microbial inactivation, useful life.

INTRODUCCIÓN

Los vegetales mínimamente procesados son definidos como cualquier fruta u hortaliza que ha sido alterada físicamente (selección, lavado, pelado, deshuesado y/o cortado) a partir de su forma original, pero que mantiene su estado fresco, sin procesamiento riguroso, tratados con agentes desinfectantes, estabilizadores de color, retenedores de firmeza y envasados en bolsas o bandejas creando una atmósfera modificada en su interior. Son conservados, distribuidos y comercializados bajo refrigeración (2 - 5 °C) y están listos para ser consumidos durante 7 a 14 días, según el producto y técnica de conservación empleada (Olivas y Barbosa, 2005; Robles *et al.*, (2007). Sin embargo, los alimentos mínimamente procesados, al incluir operaciones que alteran la integridad del tejido del producto, pueden inducir a un estrés deteriorativo. Consecuentemente se da inicio al pardeamiento enzimático, ablandamiento del tejido, la pérdida de peso, el desarrollo indeseable de olores y sabores.

Es importante señalar que los tratamientos térmicos favorecen el control de los microorganismos, pero causan cambios en la calidad visual y sensorial del producto con

pérdidas de color, firmeza y aumento de algunos compuestos bioactivos (fenoles, flavonoides, fitolexinas y otros) (Shama, 2007) citado por González *et al.*, (2007).

En este sentido, Sabine. (2017), expresa que las preocupaciones por la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente en los países desarrollados están impulsando la demanda de frutas y verduras orgánicas. Las frutas tropicales orgánicas, que continúan siendo un mercado selectivo actualmente, siguen registrando tasas de crecimiento muy elevadas y se prevé que serán objeto de un creciente interés por parte de los consumidores, no sólo en los mercados de países desarrollados como los Estados Unidos y la Unión Europea, sino también en economías emergentes como China.

A pesar de sus bondades, los frutos mínimamente procesados enfrentan una problemática en lo relacionado a su conservación, debido a que los daños mecánicos infligidos durante su procesado promueven la aceleración de cambios metabólicos naturales como la respiración, que hacen que los frutos sean más vulnerables a la proliferación microbiana y a la pérdida de atributos de calidad. (Oms, 2008).

Como respuesta a este panorama, se están implementando tecnologías de conservación no térmicas o combinadas (Allende *et al.*, 2006a), cuyo objetivo es minimizar pérdidas nutricionales, cambios morfológicos, añadir valor, asegurar la inocuidad, minimizar la destrucción de compuestos termolábiles y producir cambios leves en los perfiles sensoriales. Algunos de estos sistemas de conservación físicos hacen alusión a las altas presiones hidrostáticas, pulsos eléctricos de alta intensidad, campos magnéticos oscilantes e irradiaciones con fuentes ionizantes o no ionizantes, como la luz ultravioleta (UV) (Begum *et al.*, 2009).

La radiación no ionizante tiene un potencial real entre los métodos físicos para el control de enfermedades postcosecha. Así pues, dosis bajas de luz ultravioleta de onda corta (UV-C, 190-280 nm de longitud de onda) pueden controlar muchas de las fermentaciones en el almacenamiento de frutas y vegetales, (Korsten, 2006); (Terry y Joyce, 2003), ya que el blanco de la irradiación UV-C en pequeñas dosis es el ADN de

microorganismos. Por esta razón, el tratamiento con UV-C ha sido usado como un germicida o agente mutagénico. Además la irradiación UV-C puede estimular varios procesos biológicos como la respiración, biosíntesis de flavonoides y fitoalexinas, y la suscitación de proteínas relacionadas con la patogénesis, todos ellos implicados en la resistencia de la planta a enfermedades y factores ambientales (Marti y Guizzardi, 1998; Terry y Joyce, 2003).

Algunos estudios demuestran resultados prometedores acerca del uso de irradiación UV-C, como una técnica de conservación de alimentos no térmica. La exposición postcosecha de diferentes cultivos a bajas dosis de irradiación muestran una mejora en el almacenamiento (Allothman *et al.*, 2009). La inactivación microbiana en frutas por luz ultravioleta induce mecanismos de defensa en el tejido metabólicamente activo de frutas y hortalizas (Millán *et al.*, 2015). Los efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas generan la inducción de mecanismos de defensa (resistencia a diferentes patógenos) e inactiva las enzimas relacionadas con los procesos de maduración y senescencia (González *et al.*, 2007). El Efecto del tratamiento postcosecha de mangos ataulfo con UV-C en la sobrevivencia de *Escherichia coli enteropatógena*, ha demostrado una disminución de la bacteria de forma más efectiva en la superficie de los frutos a lo largo del tiempo de almacenamiento (Tapia *et al.*, s.f). Sin embargo, (González *et al.*, 2007) encontraron una reducción en el contenido de β -caroteno en mangos cortados, posiblemente como resultado del estrés oxidativo inducido por la aplicación de radiación UV-C.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, a través de la presente investigación se pretendió efectuar una revisión actualizada, enfocada en describir el efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, y microbiológicas en mango mínimamente procesado.

Calidad microbiológica del mango mínimamente procesado

Aunque la composición, las propiedades fisicoquímicas y la naturaleza del fruto entero que se va a procesar determinan en gran medida la predisposición al ataque de un tipo u otro de microorganismos, será el proceso de elaboración y, en especial, las fases de pelado y corte las que determinen la contaminación de los frutos mínimamente procesados con microorganismos alterantes y/o patógenos (Nguyen y Carlin, 1994).

La flora alterante presente en los frutos mínimamente procesados está compuesta por bacterias, hongos y levaduras (Díaz *et al.*, 2005). La mayoría de las bacterias descritas son gram negativas del grupo *Pseudomonas* y de las *Enterobacterias*. También pueden encontrarse bacterias pectinolíticas, como *Erwinia carotovora*, o ácido lácticas, como *Leuconostoc mesenteroides* y *Lactobacillus spp.* Entre los hongos destacan los del género *Penicillium*, *Aspergillus*, *Sclerotinia*, *Botrytis* y *Rhizopus*, y en las levaduras los géneros *Candida*, *Cryptococcus*, *Torulaspory* *Trichosporum*. (Hernández *et al.*, sf.)

En este sentido, los pre tratamientos con UV-C en frutas y hortalizas pueden ser utilizados para reducir la carga de bacterias patógenas, mohos, levaduras y virus, y mantener atributos de calidad prescindiendo del uso de tratamientos térmicos severos y adición de compuestos sintéticos (Guerrero y Barbosa, 2004). A través de diferentes trabajos de investigación se observa que la radiación UV-C reduce en general la carga microbiana inicial del producto en rangos de 0,6 a 1 log UFC (unidades formadoras de colonias) g-1 en comparación con muestras no tratadas.

Así mismo, en mango fresco cortado, las aplicaciones de 1 y 3 min de irradiación UV-C fueron efectivas en disminuir el índice de oscurecimiento y la actividad de polifenoloxidasas, mientras que las dosis altas incrementaron ambos efectos; los tiempos de 3 y 5 min resultaron óptimos para reducir el crecimiento microbiano, y para mantener la calidad del fruto durante 14 días en almacenamiento a 5 °C (González *et al.*, 2006).

Por otra parte, dosis de irradiación UV-C de 7 kJ/m² permiten obtener mejores características fisicoquímicas en mango y mamey y dosis 14 kJ/m² en piña, mínimamente

procesadas durante 15 días de almacenamiento a 5°C. La dosis de irradiación UV-C de 14 kJ/m² permite obtener las mayores características antioxidantes y el menor recuento microbiano en las frutas tropicales, mango, piña y mamey, mínimamente procesadas, según lo reportado por Márquez y Pretell, (2013).

Microflora alterante de la calidad presente en la piel de mango

En relación con el mango, (Ngarmsak *et al.* 2006) observaron mayor contaminación microbiana en la cicatriz del pedúnculo que en la piel. Así, la carga de microorganismos mesófilos aerobios y de hongos y levaduras en piel es de 3.5 y 2.5 log ufc/g, respectivamente, y en la cicatriz del pedúnculo, de 4.0 y 3.5 log ufc/g, respectivamente. Narciso y Plotto (2005), también destacaron que la carga microbiológica en mangos enteros (cv. “Keitt”) era mayor después de dos días de conservación a 15 °C que tras 10 días. Este hecho fue explicado teniendo en cuenta que las poblaciones microbianas son dinámicas viéndose influidas por los cambios ambientales a los que está sometida la fruta así como a la diferencia en el grado de madurez de los frutos.

En general, el mango mínimamente procesado, después de una conservación refrigerada de 4 a 5 °C durante siete a 10 días, tienen una población total de entre 10⁵ a 10⁶ microorganismos aerobios mesófilos por gramo de producto y de 10³ a 10⁶ hongos y levaduras por gramo de fruta.(Hernández *et al.*, sf.).

Inactivación de microorganismos por uv-c

La irradiación UV-C se utiliza como alternativa para la esterilización química, porque reduce el crecimiento de microorganismos en superficies inertes y en frutos. (Stevens *et al.*, 1998a y b). Citado por (González *et al.*, 2007). El componente UV de la luz solar es la causa principal de muerte de microorganismos en el ambiente exterior, donde la velocidad de mortalidad varía entre patógenos, dosis aplicadas y tiempos de exposición; el tiempo puede variar de unos segundos a minutos para producir la muerte de 90 a 99 % de virus o bacterias. Algunas bacterias ambientales y esporas suelen ser más resistentes y

**EFFECTO DE LA IRRADIACIÓN UV-C SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, Y
MICROBIOLÓGICAS EN MANGO MÍNIMAMENTE PROCESADO**

sobrevivir a exposiciones mayores. El Cuadro 1 muestra las dosis mínimas y máximas de inactivación de algunos microorganismos.

Tabla 1. Dosis mínimas y máximas requeridas para inhibir en 100% a diferentes microorganismos.

Microorganismos	Intervalo germicida	
	Dosis Mínima (10^3 kgf s^{-2})	Dosis máxima (10^3 kgf s^{-2})
Algas	0.220	4.200
Bacteria (vegetativo)	0.025	0.264
Bacteria (espora)	0.220	0.462
Hongos	0.110	3.300
Virus	0.045	4.400
Levadura	0.066	0.176

Fuente: adaptado de Guerrero y Barbosa, (2004). Citado por (González *et al.*, 2007).

El mecanismo directo de acción de la irradiación UV-C en la inactivación microbiana reside en el daño que causa al ADN y generar así mutaciones que bloquean la replicación celular, (Snowball y Hornsey, 1988). Citado por (González *et al.*, 2007)

Aplicaciones y efectos bioquímicos de la irradiación uv-c en mango

Algunas dosis de luz ultravioleta pueden provocar daños en frutos, como es el caso de dosis de $1,0 \text{ kJ/m}^2$, esta indujo daños en fresas frescas en las que se buscaba controlar la

descomposición causada por *Botrytis cinerea*. Según lo reportado por Baka *et al.* (1999), citado por (González *et al.*, 2007).

Así mismo, González *et al.* (2006) observaron una disminución significativa en el deterioro causado por *Penicillium* en mangos frescos cortados y un aumento en los niveles de fenoles totales y flavonoides en el tejido, después del tratamiento con UV-C.

En otro estudio con mango entero, (González *et al.*, 2007a) reportaron un aumento en la actividad de PAL y en los contenidos de fenoles y flavonoides totales, como resultado de la exposición a la irradiación UV-C a dosis de 0.25 y 0.5 kgf s⁻², atribuible a la activación de una respuesta de defensa antiestrés.

Por otra parte, Márquez y Pretell (2013), reportaron que dosis de irradiación UV-C de 14 kJ/m² permite obtener mayores características antioxidantes y menor recuento microbiano en frutas tropicales como mango, piña y mamey mínimamente procesadas. Además la exposición postcosecha de diferentes cultivos a bajas dosis de irradiación muestran una mejora en el almacenamiento (Alothman *et al.* 2009). También se ha reportado que la exposición a dosis bajas de UV-C retrasa la maduración y la senescencia de manzanas, tomates, naranjas, uvas de mesa, mango y duraznos (González *et al.*, 2007).

Es importante destacar que al 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).

Del mismo modo, Márquez y Pretell (2013) reportaron la utilización de distancias de 12,5 cm en el tratamiento de mango (*Mangifera indica L.*) variedad “Kent”, piña (*Ananascomosus*) variedad “Golden” y Mamey. Mientras que González *et al.* (2007a) utilizaron para mangos enteros de variedad “Haden” una distancia de 15 cm. Demostrando así que la distancia, y la intensidad de luz expuesta tiene un efecto directo sobre la superficie la fruta expuesta.

Así pues, es importante tomar en cuenta la dosis y el tiempo de la irradiación UV-C a utilizarse en el Mango mínimamente procesado, ya que de ello depende la calidad de la fruta y la reducción del crecimiento microbiano.

Ventajas de la aplicación de la radiación ultravioleta de ondas cortas uv-c en mango mínimamente procesado

La luz ultravioleta es una radiación no ionizante con una longitud de onda de 100 a 400 nm; se clasifica en tres tipos: UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) y UV-C (200-280 nm). La irradiación UV-C tiene su máximo pico de emisión a 254 nm y se ha comprobado que es en esta longitud de onda donde presenta su mayor acción germicida, por lo que ha sido ampliamente estudiada en varios tejidos vegetales (Artés y Allende, 2005).

El tratamiento con UV-C ofrece varias ventajas a los procesadores de alimentos, ya que no deja residuos, no tiene restricciones legales, es fácil de usar y es letal para la mayoría de los tipos de microorganismos (Bintsis *et al.*, 2000). Además, no requiere de medidas de seguridad de alto costo para ser implementado (Yaun *et al.*, 2004). Sobre la forma en que actúa, (Lado y Yousef, 2002) informaron que la radiación UV-C de 0,5 a 20 kJ m⁻² inhibe el crecimiento microbiano mediante la inducción de la formación de dímeros de pirimidina que alteran la hélice de ADN y bloquean la replicación celular microbiana. La dosis efectiva de UV-C depende del tipo de hortaliza tratada y en el caso de dosis demasiadas altas pueden causar efectos nocivos en la calidad del producto. (Perkins *et al.*, 2008).

Otra ventaja que subyace en la eficacia de la radiación UV-C parece ser su independencia de la temperatura en el rango 5-37 °C, aunque depende de la irradiación incidente (Bintsis *et al.*, 2000; Gardner y Shama, 2000). En los últimos años se han realizado estudios para determinar el efecto de la radiación UV-C en diferentes frutas y hortalizas, con el objetivo de reducir la carga microbiana superficial (Escalona *et al.*, 2010); Martínez *et al.*, (2011), controlar enfermedades (Pan *et al.*, 2004), frenar los procesos

relacionados con la maduración (Barka *et al.*, 2000) y también para estudiar cómo el estrés de esta radiación afecta el desarrollo de daño por frío en algunos productos sensibles (Vicente *et al.*, 2005). Sin embargo, (González *et al.*, 2007) Citado por Márquez y Petrell, (2013), encontraron una reducción en el contenido de β -caroteno en mangos cortados, posiblemente como resultado del estrés oxidativo inducido por la aplicación de radiación UV-C.

Finalmente, Rodríguez y Narciso (2012), han encontrado niveles de fluencia UV-C de aproximadamente 4-5 kJ/m² que tienen el efecto más beneficioso sobre la vida útil y la calidad de frutos de mango. Beaulieu (2007) y Lamikanra *et al.*, (2005) informaron que las frutas procesadas con luz UV-C conservan su aroma y sabor al igual que las muestras control que no fueron tratadas.

CONCLUSIONES

La efectividad del tratamiento de irradiación con UV-C en la fruta del mango depende de muchos factores, como la dosis administrada, la fuente de luz, la especie, el grado de madurez entre otras.

Las aplicaciones potenciales de esta tecnología en el mango incluyen el retraso de la maduración durante el almacenamiento, reducción de desórdenes fisiológicos, y aumento de fitoalexinas, antioxidantes o vitaminas. El tratamiento de UV-C podría considerarse como una herramienta complementaria a la refrigeración y al envasado para preservar la calidad organoléptica y nutricional, y aumentar la comercialización de alimentos mínimamente procesados.

Sin embargo los resultados obtenidos hasta el momento, sugieren que el enfoque más adecuado para la aplicación industrial del tratamiento con luz UV en mango es la combinación con otros tratamientos, buscando el establecimiento de interacciones sinérgicas entre ellos.

Diferentes autores sugieren que pretratamientos moderados con UV-C en mango podrían ser utilizados como herramienta para promover compuestos fenólicos con capacidad antioxidante, al mismo tiempo de ofrecer al mercado productos microbiológicamente estables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alothman, M.; Bhat, R.; Karim, A. (2009). UV Radiation induced Changes of Antioxidant Capacity of Fresh-Cut Tropical Fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10: 512-516.
- Allende, A., Tomás-Barberán, F. A., & Gil, M. I. (2006a). Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 513-519.
- Artés, F. Allende, A. (2005). Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf-life of minimally fresh processed leafy vegetables. *Eur. J. Hort. Sci.* 70:231-245.
- Barka EA, Kalantari S, Makhlof J, Arul J. 2000. Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 667 - 671.
- Beaulieu, J. 2007. Effect of UV irradiation on cut cantaloupe: terpenoids and esters. *J. Food Sci.* 72(4):272-281.
- Begum, M. Hocking, A. Miskelly, D. (2009). Inactivation of food spoilage fungi by ultra violet (UVC) irradiation. *International Journal of Food Microbiology*, 129, 74-77.
- Bintsis T, Litopoulou, E. Robinson, R. 2000. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry-a critical review. *Journal of Science and Food Agriculture*, 80: 637 - 645.
- Díaz, M. Acedo, F. García, G. 2005, "Principales microorganismos patógenos y de deterioro", en González-Aguilar, G., A. A. Gardea, F. Cuamea-Navarro (eds.), *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., CIAD, Sonora, México, cap. 10, pp. 217-239.
- Escalona, V. Aguayo, E. Martínez, G., Artés F. 2010. UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach. *Postharvest Biology and Technology*, 56: 223 - 231.

- Gardner, D. Shama, G. 2000. Modeling UV-induced inactivation of microorganisms on surfaces. *Journal of Food Protection*, 63: 63 - 70.
- González, A. Villegas, M. Cuamea, F. Ayala, J. (2006) Efecto de la irradiación UV-C sobre la calidad de mango fresco cortado. In: I Simposio Ibero-Americano de Vegetales Frescos Cortados. G A González-Aguilar y F Cuamea- Navarro (eds). pp: 59-64.
- González A. Rivera, D. Pastrana A. Gardea M. Martínez, M. 2007. Efectos Bioquímicos Postcosecha de la Irradiación UV-C en Frutas y Hortalizas. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 30 (4): 361 – 372, 2007.
- González, G. Zavaleta, R. Tiznado, E. 2007a. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 45(1):108-116.
- Guerrero, B. Barbosa, G. (2004) Review: Advantages and limitations on processing foods by UV light. *Food Sci. Technol. Internatl.* 10:137-147.
- Hernández, Y. Lobo, M. González, M. sf. Cambios Microbiológicos y Sensoriales de Frutos Frescos Cortados de Origen Tropical: Piña Papaya y Mango. [Conduchado en: <https://www.researchgate.net/publication/299544763>]
- Korsten L. 2006. Advances in Control of Postharvest Disease in Tropical Fresh Produce. *Int. J. Ofpostharvest Technology and Innovation.* 48-61.
- Lado, B. Yousef, A. 2002. Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. *Microbes and Infection*, 4: 433 - 440.
- Lamikanra, O. Kueneman, D. Ukuku, D. Bett-Garber, K. 2005. Effect of processing under ultraviolet light on the shelf life of fresh-cut cantaloupe melon. *J. Food Sci.* 70(9):C534-C539.
- Márquez L, Pretell C. 2013. Irradiación UV-C en frutas tropicales mínimamente procesadas. *Sci. Agropecu.* 4(3):147-161.
- Marti, M. y Guizzardi, M. 1998. The Postharvest Phase: Emerging Technologies far the Centro! of Fungal Diseases. *Phytoparasitica* 26(1):59-66.
- Martínez, G. Gómez, P. Artés F, Artés H. 2011. Moderate UV-C pretreatment as a quality enhancement tool in freshcut Bimi® broccoli. *Postharvest Biology and Technology*, 62: 327 - 337.
- Millán, D. Romero, L. Brito, M. Ramos A. 2015. Luz Ultravioleta: Inactivación Microbiana en Frutas. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela.* Vol. 27 N° 3: 454-469.

- Narciso, J. Plotto A. 2005. "A comparison of sanitation systems for fresh-cut mango", en *HortTechnology*, 15(4):837-842.
- Ngarmsak, M. Delaquis, P. Toivonen, T. Ngarmsak, B. Ooraikul, G. Mazza, 2006a, "Microbiology of fresh-cut mangoes prepared from fruit sanitised in hot chlorinated water", en *Food Science and Technology International*, 12(2):95-103.
- Nguyen C. Carlin, F. 1994, "The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables" en *Critical Reviews in Food Science*, 34:341-401.
- Olivas G, Barbosa-Cánovas G. 2005. Edible coatings for fresh-cut fruits. *Critical reviews in food science and nutrition* 45:657-670.
- Oms G. 2008. Alternativas de envasado de peras y melón frescos cortados en atmosfera modificada. [Tesis Doctoral]. [Lleida, España]: Universidad de Lleida: 2008. 354p.
- Pan J, Vicente AR, Martínez GA, Chaves AR, Civello PM. 2004. Combined use of UV-C illumination and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 1831 - 1838.
- Perkins, P. Collins, J. Howard, L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biology and Technology*, 47: 280 - 285.
- Robles, M. Gorinstein, S. Martín O. Astiazarán, H. González, G. Cruz, R. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia* 32(4): 227-232.
- Rodriguez, S, Narciso, F. 2012. *Advances in Fruit Processing Technologies*. CRC Press Taylor & Francis Group, Florida, USA, pp. 472.
- Sabine Altendorf. fao. 2017. *Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales 1. Perspectivas, retos y oportunidades a corto plazo en un mercado global pujante*. [Artículo en línea]. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Tropical_Fruits_Spanish2017.pdf [consulta]: 2020, abril 01]
- Suárez R. 2001. Conservación de alimentos por irradiación. *Rev. Invenio*. 4(6):85-124.
- Tapia Y. Magaña, N. Trejo, A. Eslava, C. Calderón, M. Ramírez, R. Díaz, G. Wachter, C. s.f. Efecto del Tratamiento Postcosecha de Mangos Ataulfo en la Sobrevivencia de *Escherichia Coli* Enteropatógena. Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D.F. 1:1

**EFFECTO DE LA IRRADIACIÓN UV-C SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, Y
MICROBIOLÓGICAS EN MANGO MÍNIMAMENTE PROCESADO**

- Terry, L. y Joyce, D. 2003. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. *Postharvest Biology and Technology* 32(1): 1-13
- Vicente, R. Pineda, C. Lemoine, L. Civello, P. Martínez, G. Chaves, A. 2005. UV-C treatments reduce decay, keep quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology and Technology*, 35: 69 - 78.
- Yaun B, Summer S, Eifert J, Marcy J. 2004. Inhibition of Pathogens on Fresh Produce by Ultraviolet Energy. *International Journal of Food Microbiology*, 90: 1 - 8.