



Agroindustrial Science

Agroind Sci 1 (2011)

Escuela de Ingeniería
Agroindustrial

Universidad Nacional de Trujillo

Efecto de la dilución de chicha de maíz (*Zea mays*) y caudal de ingreso a un sistema de irradiación ultravioleta en el contenido de bacterias mesófilas

Effect of the corn chicha dilution and volume flow input to an ultraviolet irradiation system in the mesophilic bacteria content

Víctor Vásquez V.^{a,*}, Marlon Acevedo R.^{b,*}, Carlos Alva Ch.^{b,*}, Eduardo Calderón V.^{b,*}, Paolo Carranza M.^{b,*}, Yoseph Carrera D.^{b,*}, Miluska Cojal V.^{b,*}, Cynthia Espejo I.^{b,*}, Jaqueline Hernández V.^{b,*}, Iván Tello A.^{b,*}, Julia Vásquez A.^{b,*}

a. Departamento de Ciencias Agroindustriales (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n Trujillo Perú

b. Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo Perú

Recibido 22 Abril 2010; aceptado 5 Julio 2010

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la dilución y caudal de entrada de la chicha de maíz en la mortalidad de bacterias mesófilas viables. Se utilizó un equipo de irradiación ultravioleta UV, construido de tubo de PVC de 2 pulgadas con un fluorescente UV colocado concéntricamente al tubo de PVC. Se introdujo al equipo chicha sin diluir (1/0) y diluida con agua destilada al 50% (1/1), con dos caudales (83 y 166 mL/s). La experiencia se evaluó a través de 4 tratamientos con dos repeticiones (8 unidades experimentales), configurándose un diseño factorial incompleto, con 2 factores ($k=2$), 2 niveles para cada factor y 2 replicas para cada experimento. Con los caudales de entrada de chicha de maíz de 166 y 83 mL/s con diluciones (1/1) y (1/0), se produjo una disminución de 3.5 a 4.0 veces respectivamente en el contenido de bacterias mesófilas viables.

Palabras clave: Chicha de maíz, irradiación ultravioleta, bacterias mesófilas.

ABSTRACT

The effect of dilution and the inflow of corn chicha in the mortality of viable mesophilic bacteria were evaluated. An UV ultraviolet irradiation equipment, constructed of 2 inches PVC pipe with a UV fluorescent placed concentrically to the PVC pipe was used. Undiluted chicha (1/0) and water diluted at 50% (1/1) with two volumes (83 and 166 mL/s) were introduced to the equipment. The experiment was evaluated through 4 treatments with two replications (8 experimental units), providing an incomplete factorial design with 2 factors ($k = 2$), 2 levels for each factor and 2 replicates for each experiment. With the input flows of corn chicha of 166 and 83 mL/s with (1/1) and (1/0) dilutions, there was a decrease from 3.5 to 4.0 times respectively in the content of viable mesophilic bacteria.

Keywords: Corn chicha, ultraviolet irradiation, mesophilic bacteria.

1. Introducción

La chicha de maíz (*Zea mays*) o chicha de jora, es una bebida alcohólica originaria del Perú, que se elabora

artesanalmente y se consume además en otros países de América del Sur, es obtenida por fermentación de los

azúcares contenidos en el mosto de malta de maíz (Manrique, 1987).

Su elaboración implica dos pasos: el primero la germinación y secado de los granos y el segundo paso la molienda y cocción, a lo que sigue la fermentación, la cual se realiza con o sin adición de azúcar de caña o chancaca (azúcar no refinada). Al propiciar que los granos germinen y crezcan para obtener la jora, también llamada *winapu* (del quechua *winay* que significa crecer), se desencadena el proceso enzimático del malteado, que no solo desdobra el almidón, sino que prepara el futuro sabor de la chicha. Esta varía según la técnica y las plantas aromáticas empleadas, que es propio en cada familia y lugar.

La chicha es un producto tradicional, que en el Perú ha perdido gran parte de sus consumidores por la competencia de bebidas como la cerveza, y ron; asimismo por su imagen de ser consumido por clases modestas, o por ser un producto informal. Como producción artesanal, se elabora en cántaros de barro o botijas, lo que causa temor por parte de los consumidores potenciales, debido a la posible presencia de una flora microbiana no adecuada, que puede ser consumida junto con la bebida, debido a que el producto generalmente no es pasteurizado, pudiendo producirse un producto contaminado potencialmente peligroso.

La operación de la pasteurización, si bien elimina los microorganismos alterantes, puede afectar las características sensoriales de los productos y en este sentido las tecnología emergentes como presiones elevadas, pulsos eléctricos de alta intensidad, irradiación de alimentos, son una alternativa para la eliminación de microorganismos esporulados (Santa María, 2005).

La luz ultravioleta (UV) es un tipo de radiación no ionizante con una longitud de onda entre 100 y 400 nm. Puede clasificarse en tres tipos: onda larga, UVA (313-400 nm), onda media, UVB (280-315

nm) y onda corta, UVC (200-280 nm).

La UVC tiene su pico de emisión a 254 nm y es, de las tres, la que mayor acción germicida posee (FAD/CFSAN, 2000). En relación al peligro directo de la exposición a la luz UV, las fuentes muy intensas de luz UVC (particularmente las de longitudes de onda inferiores a 230 nm) pueden producir concentraciones peligrosas de ozono y óxidos de nitrógeno en el aire así como un gas de fosgeno en presencia de desengrasantes, razón por la cual muchas lámparas UV germicidas poseen cristales de cuarzo que bloquean longitudes de onda inferiores a 230 nm (ICNIRP, 2004).

El uso de la luz UVC como técnica de conservación de productos alimenticios se conoce desde principios del siglo XX y existen diversos estudios en este sentido (Abshire y Dunton, 1981) (Bintsis *et al.*, 2000). Se ha empleado muy especialmente como una alternativa para el tratamiento de aguas (Chang

et al., 1985). Además, se considera una alternativa adecuada para el tratamiento, en pequeñas dosis, de frutas y hortalizas con el fin de aumentar su vida comercial (Ben-Yehoshua *et al.*, 1992) (Nigro *et al.*, 1998) (Yaun *et al.*, 2004). De igual manera, se ha estudiado su aplicación en otros productos, actuando como alternativa a los tratamientos térmicos, ya que la aplicación de luz UVC no modifica las características organolépticas de los productos, ni da lugar a subproductos peligrosos, ni genera

residuos químicos (Chang *et al.*, 1985) (Guerrero-Beltrán y Barbosa-Cánovas, 2004). Su principal limitación es la

capacidad de penetración, que es mínima, por lo que únicamente es eficaz en superficies o en agua y otros líquidos claros (Guerrero-Beltrán y Barbosa-Cánovas, 2004).

La luz UVC es ineficaz en superficies ocultas, poros u orificios donde puedan encontrarse las bacterias (Bachmann, 1975) (Rodríguez-Romo y Yousef, 2005), por lo que se aconseja emplear un sistema de rotación en las máquinas de higienización (Kuo *et al.*, 1997b) (Chavez *et al.*, 2002).

Es interesante comentar que algunos autores consideran que existe aún otra limitación al empleo de la luz UVC en la higienización de productos alimenticios, como es la capacidad de algunas variantes de bacterias de recuperarse mediante mecanismos de reparación enzimática (Rodríguez-Romo y Yousef, 2005), aunque este efecto no se ha observado en *Salmonella typhimurium* (Kuo *et al.*, 1997) y algunos autores consideran que estos mutantes sólo se producen en condiciones de laboratorio (Rodríguez-Romo y Yousef, 2005). Además, existe el peligro de recuperación de bacterias dañadas subletalmente (que no tienen por qué ser mutantes) y el peligro de producción de mutantes aleatorios en bacterias patógenas que puedan modificar la fisiología de esos clones (resistencia a antibióticos, virulencia, etc). Este peligro es cierto y no solamente se produce en condiciones de laboratorio, sino que depende de la carga microbiana, aunque en condiciones de campo (con poca carga), puede ser despreciable.

Las reacciones más significativas que afectan la supervivencia celular son las que ocurren entre la radiación UVC y los ácidos nucleídos. La interacción entre la UVC y el ADN resulta en la formación de fotoproductos, entre ellos, dímeros de pirimidina (timina y citosina), aductos de pirimidina y entrecruzamientos ADN-proteínas. Los

dímeros de pirimidina se forman entre dos bases adyacentes en la misma rama del ADN impidiéndose el apareamiento normal de bases e imposibilitando la reproducción. Casi todos los seres vivos poseen la habilidad de reparar el daño causado al ADN mediante uno o más mecanismos de reparación, los cuales son principalmente de tres tipos. En la reparación fotoenzimática los dímeros son monomerizados enzimáticamente en la presencia de luz. En el segundo tipo, la reparación por escisión y resíntesis, se remueven secciones de ADN dañado y se resintetizan. En la reparación por replicación las secciones no dañadas del ADN se replican y se combinan de tal manera que se forma una molécula idéntica a la original. A medida que la intensidad de la UVC aumenta la velocidad de daño excede la capacidad de los sistemas de reparación (Guerra, 2007).

La resistencia de los microorganismos a los tratamientos UVC está determinada principalmente por su habilidad para reparar el ADN dañado. En general la resistencia a la irradiación UVC está en el orden Gram-negativos<Gram-positivos<levaduras<esporas bacterianas<hongos<virus. Las curvas de supervivencia son en general sigmoideas, con "hombro" o con "cola" y su forma depende, entre otros factores, de la dosis umbral necesario de UVC para la formación de un número suficiente de entrecruzamientos y de la capacidad del microorganismo de remediar el DNA dañado ("fotoreactivación") (Adam, 1995).

La efectividad de la radiación es una función directa de la dosis que es absorbida por el organismo, las longitudes de onda cercanas a 260 nm son las que específicamente son absorbidas por el ADN celular. Dado que la composición del ADN varía entre las especies, el pico de la absorción UVC está dentro del rango de 253-265 nm. La inactivación por UVC se realiza

utilizando lámparas de baja presión de mercurio lo que elimina patógenos virales, bacterias y protozoos. Estos datos, sin embargo, son sólo indicativos, ya que estos valores pueden verse afectados por la variación en la sensibilidad de las especies a la UV, la edad del organismo, las condiciones de irradiación, el medio en que el microorganismo se encuentra y la fuente de luz UVC.

La dosis a administrar varía dependiendo de si los microbios están presentes como células individuales o si están dentro de partículas. Estos últimos son más resistentes a la UVC (Adam, 1995).

Dosis de UV necesaria para la destrucción del 99,9% de los microorganismos es de 2.5 a 58.0 $\mu\text{W.s/cm}^2$ en bacterias, 11 a 330 en esporas de hongos, virus de 6.0 a 200.0, levaduras 6.6 a 17.8 y protozoos 92.0 a 200.0.

El tratamiento de la luz UVC se ha utilizado para sistemas de desinfección del agua por muchos años. Este proceso es eficaz en la inactivación de las bacterias, protozoos, algas y virus (Begum, *et al.* 2009). Sin embargo, es no tanto eficaz contra levaduras y mohos. La FDA ha aprobado el uso de la luz UV como un agente germicida para la desinfección de los zumos de frutas sobre la base de la investigación publicada datos (Hakgüder, 2009).

Guerrero-Beltran (2008) sostiene que la luz UV es una nueva tecnología no térmica que se puede utilizar para el tratamiento de productos alimentarios líquidos. Los zumos de fruta y néctares suelen ser tratados térmicamente para ofrecer productos microbiológicamente seguros. Sin embargo, el tratamiento térmico puede producir algunos cambios sensoriales en los productos de frutas. Cambios como la caramelización del azúcar puede oscurecer la comida y proporcionar un sabor amargo. Los

productos líquidos de fruta pueden ser tratados con luz UV para obtener productos comercialmente estériles listos para beber. El equipo de procesamiento de luz UV, se puede construir mediante un arreglo en serie para aplicar la dosis necesaria y obtener un producto líquido de frutas microbiológicamente seguro, con buenas características sensoriales. Una ventaja añadida al tratamiento UV es que en comparación con el tratamiento térmico, se requiere menos energía para obtener productos líquidos alimentarios similares a los productos frescos.

En la presente investigación se ha evaluado, el efecto de la dilución de la chicha de maíz y el flujo de ingreso a un sistema de irradiación UV, en el contenido de bacterias mesófilas del producto de salida.

2. Materiales y métodos

Se utilizó chicha de maíz (chicha de jora) con una semana de maduración, adquirida del mercado mayorista de Trujillo-Región la Libertad-Perú, contador de colonias tipo quebec, incubadora 35-37°C, refrigeradora, agar cuenta gérmenes (PCA), solución salina fisiológica peptonada (SSFP), equipo de irradiación UV (Fig. 1 y 2) construido de PVC con un fluorescente UV instalado concéntricamente (86 W, 220V, 30”), el ingreso y salida de la chicha se realizó a través de tubos de ½ pulgada.

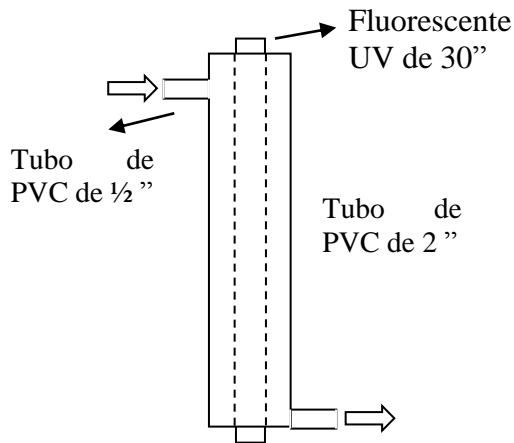


Figura 1. Esquema del equipo de irradiación UV



Figura 2. Vista del extremo del equipo de irradiación UV

Metodología

Se siguió la secuencia experimental mostrada en la Fig. 3. Se tomó dos muestras de chicha, una sin diluir y otra diluida al 50% (1/0 y 1/1), a las que se le realizó un recuento total de bacterias mesófilas viables (RTBMV) mediante diluciones 10^{-2} y 10^{-3} . Posteriormente se sometió a la chicha sin diluir (1/0) y diluida (1/1) con dos niveles de flujo (83 y 166 mL/s) a irradiación UV en el equipo; estableciéndose 4 tratamientos con dos repeticiones (8 unidades experimentales), configurándose un diseño factorial incompleto, con 2 factores ($k=2$), 2 niveles para cada

factor y 2 replicas para cada experimento.

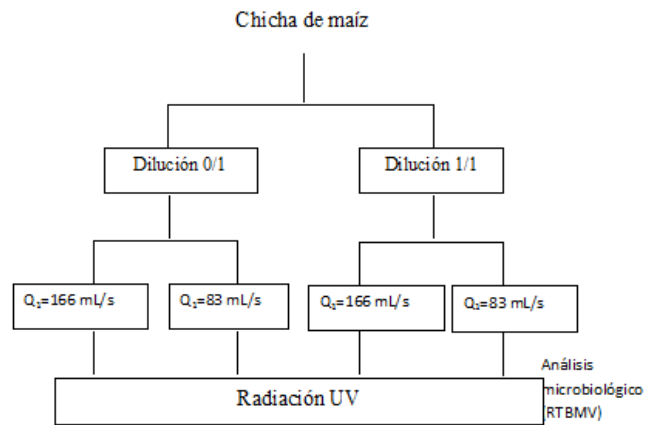


Figura 3. Esquema experimental para evaluar el efecto de la dilución de chicha de maíz y caudal de ingreso al sistema de irradiación UV en el contenido de bacterias mesófilas.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1, se observa el recuento microbiano en placa a 10^{-2} y 10^{-3} (UFC/mL) de muestras de chicha de maíz en forma pura (sin diluir 1/0) y diluida al 50% (1/1), las cuales fueron dosificadas indistintamente al equipo de irradiación UV a dos caudales 166 y 83 mL/s. Los resultados mostraron significancia ($p<0.05$) con respecto a los grupos control (1 y 2).

Tabla 1. RTBMV (UFC/mL) a 10^{-2} y 10^{-3} en chicha de maíz diluida (1/1) y sin diluir (1/0), dosificada con dos caudales al equipo de irradiación UV

Muestras	10^{-2}	10^{-3}
1	444.0 ± 62.2	255.0 ± 69.3
2	216.0 ± 22.6	94.0 ± 65.1
3	180.75 ± 14.8	12.0 ± 7.1
4	41.25 ± 31.0	3.5 ± 2.4
5	169.0 ± 39.8	37.5 ± 23.4
6	45.0 ± 1.4	22.0 ± 25.4

- 1 – Muestra sin dilución 1/0
- 2 – Muestra diluida al 50% 1/1
- 3 – Muestra 1/0, Q= 166 mL/s
- 4 – Muestra 1/1, Q= 166 mL/s
- 5 – Muestra 1/0, Q= 83 mL/s
- 6 – Muestra 1/1, Q= 83 mL/s

En la Fig. 4 se grafica los resultados promedio de la Tabla 1, en donde se observa que la irradiación UV afecta la población microbiana, obteniéndose una disminución cuando la chicha fue diluida (1/1) y el caudal de alimentación fue menor (83 mL/s).

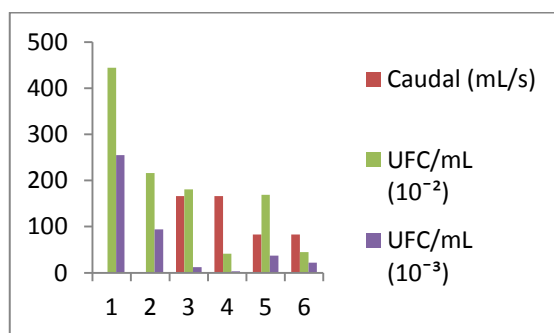


Figura 4. RTBMV (UFC/mL) a 10^{-2} y 10^{-3} , caudal (mL/s) en chicha: (1) sin dilución: 1/0, (2) diluida al 50%: 1/1, (3) dilución 1/0 - caudal 166 mL/s, (4) dilución 1/1 - caudal 166, (5) dilución 1/0 - caudal 83 mL/s, (6) dilución 1/1 - caudal 83 mL/s

En la Tabla 2 se observa con respecto a los microorganismos totales que la dilución (1/1) permite una mayor eficiencia de la acción de la irradiación UV y el efecto del caudal entre estos valores de 83 y 166 mL/s, no ha sido un factor marcadamente influyente en la disminución del recuento microbiano. De acuerdo a lo sostenido por Guerrero-Beltrán y Barbosa-Cánovas (2004) la eficacia de la acción de los rayos UV está limitada a líquidos de baja tramitancia de rayos UV por lo que la esterilización de microorganismos, es mejor en líquidos claros y translúcidos, ya que los haces de los rayos UV no pueden alcanzar zonas de sombra, por lo que la contaminación microbiológica en ellas no es eliminada.

Al respecto se reporta que la cantidad de bacterias mesófilas (UFC/g) en agua y hielo se encuentra entre valores no

mayores de 100 y 20 respectivamente, en alimentos cocidos con manipulación posterior 50000, en helados 100000 (Lerena y Lerena, 2000). Como se observa en la Tabla 2, ha existido disminución de bacterias partiendo de una muestra de chicha con valores relativamente bajos en carga microbiana.

Tabla 2. RTBMV (UFC/mL) en chicha de maíz diluida (1/1) y sin diluir (1/0), dosificada con dos caudales al equipo de irradiación UV

Caudal (mL/s)	Dilución	
	Sin dilución (1/0)	Dilución al 50% (1/1)
Q_1 : 166	17250 ± 1484.9	3968.5 ± 893.1
Q_2 : 83	16540 ± 2064.8	4687.5 ± 1679.4

Begum *et al.* (2009) estudiaron el efecto de la radiación UVC (254 nm) encontrando que esta puede inactivar las esporas de *A. flavus*, *Corylophilum P.*, *Rubrum E.* y *A. niger*, pero la eficacia de la radiación UVC contra las esporas de hongos varía significativamente de acuerdo a los métodos de exposición a la irradiación, y entre los géneros.

Bank *et al.* (1990), diseñaron experimentos evaluar la efectividad de pulsos de onda de luz ultravioleta modulados para matar bacterias. Sometieron cinco cepas de bacterias a UV disminuyendo la población de colonias a <20 . Sin embargo, aproximadamente 2000 colonias sobrevivieron el tratamiento con la misma intensidad y tiempo de exposición a la luz UV.

Keyser *et al.* (2008) realizaron investigaciones en jugos de frutas usando luz ultravioleta UVC usando un novedoso sistema de flujo turbulento el cual aplicaron en jugo de guayaba y piña, néctar de mango, el néctar de fresa y naranja y jugos tropicales. Determinaron que esta nueva tecnología

de rayos UV puede ser una tecnología alternativa, en lugar de tratamiento térmico o la aplicación de compuestos antimicrobianos. UVC puede ser usada efectivamente para reducir el número de bacterias que causan putrefacción y así como los patógenos, levaduras y mohos en los diferentes tipos de zumos de frutas.

Tandon *et al.* (2003) realizaron dos estudios para evaluar el efecto de la pasteurización, a 63°C y la radiación UV a 14 mJ/cm², en la calidad y vida útil de sidra de manzana envasada bajo condiciones controladas con mínima contaminación de empaque, y en condiciones de planta piloto parecidas a operaciones comerciales. Pruebas microbiológicas, químicas y sensoriales se llevaron a cabo semanalmente en las muestras de sidra. Las que no mostraron diferencias significativas entre las sidras frescas procesadas con respecto a los gustos y preferencias. Todos los tratamientos lograron una reducción razonable en los recuentos microbianos. No hubo cambios significativos en el pH, acidez, sólidos solubles y turbidez de las muestras durante el almacenamiento. Hay que precisar que un tratamiento a 63°C es una alternativa comparable a la de pasteurización flash a 71°C durante 6 segundos, para la producción de sidra de buena calidad en fábricas de sidra pequeñas.

Guerrero-Beltran (2009) utilizaron dos sistemas de desinfección líquido acoplados en un arreglo en serie "infinito" ensamblando una unidad de desinfección UVC con dos lámparas de mercurio (intensidad, 25 mW/cm²), las cuales fueron utilizadas como germicidas. Uva pasteurizada, arándanos y jugo de pomelo, inoculadas con *Saccharomyces cerevisiae*, fueron procesados con UV a seis velocidades de flujo (de 0.073 a 1.02 L / min) y seis dosis de luz UV (75-450 kJ/m²). La reducción máximo del registro (UFC/mL) fue de 0.53, 2.51 y 2.42 para

el recuento de levaduras en los zumos de uva, arándanos y pomelo, respectivamente, después de 30 minutos de tratamiento de la luz UV en el caudal máximo (1,02 L / min). La diferencia total de color (AE*) en los tres zumos de frutas analizados incrementa cuando el tratamiento con luz UV aumenta en el tiempo.

Los resultados de la Tabla 2, inducen a la propuesta de recircular la chicha, determinándose de acuerdo a la carga microbiana de ingreso al equipo de irradiación UV, a través de ensayos experimentales, las veces que podría ser necesario realizar la recirculación. Por otro lado es necesario evaluar las características sensoriales de la chicha irradiada con UV en relación a chicha sometida a un proceso de pasteurización a efectos de determinar las ventajas de este método. Existe el antecedente de Keyser *et al.* (2008) que comparó el proceso térmico de zumos con tratamientos con UV encontrado que no cambiaron los perfiles de sabor y color.

4. Conclusiones

Caudales de dosificación de chicha de maíz a un equipo de irradiación UV de 166 y 83 mL/s diluida con agua destilada al 50% y sin diluir, producen una disminución de 3.5 a 4.0 veces en el contenido de bacterias mesófilas viables.

Referencias

- Abshire, R.L. y Dunton, H. (1981). Resistance of selected strains of *Pseudomonas aeruginosa* to low intensity ultraviolet radiation. Applied Environmental Microbiology, 41: 1419-1423.
- Adam, M. (1995). Food Microbiology. The Royal Society of Chemistry, UK.

- Bank, H. L., John, J.; Schmehl, M. K.; Dratch R. J. (1990). Bacteridal Effectiveness of Modulated UV Light. *Applied and Environmental Microbiology*, 56: 3888-3889
- Bachmann, R. (1975). Sterilization by intense UV radiation. *Brown Boveri Review*, 62: 206-209.
- Begum, M.; Hocking, A. D.; Miskelly, D. (2009). Inactivation of food spoilage fungi by ultra violet (UVC) irradiation. *International Journal of Food Microbiology* 129: 74–77.
- Ben-Yehoshua, S.; Rodov, V.; Jin, K. J.; Carmeli, S. (1992). Performed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 1217-1221.
- Bintsis, T.; Litopoulou-Tzanetaki, E.; Robinson, R. K. (2000). Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry-a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 637-645.
- Chang, C. H.; Ossoff, S. F.; Lobe, D. C.; Dorfman, M. H.; Dumais, C. M.; Qualls, R. G.; Johnson, J. D. (1985). UV inactivation of pathogenic and indicator microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*, 49: 1361-1365.
- Chavez, C.; Knape, K. D.; Coufal, C. D.; Carey, J. B. (2002). Reduction of eggshell aerobic plate counts by ultraviolet radiation. *Poultry Science*, 81: 1132-1135.
- FDA/CFSAN (2000). Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies. Disponible en: <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift-uv.html> [acceso: 23-2-2009].
- Guerra, H. (2007). Guía de asistencia para la gestión de la inocuidad de procesadores de jugos y néctares pasteurizados de frutas (HACCP). Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2628.pdf [acceso: 20-2-2011].
- Guerrero-Beltrán, J. A.; Barbosa-Cánovas, G. V. (2004). Review: Advantages and limitations of processing foods by UV Light. *Food Science and Technology International*, 10: 137-147.
- Guerrero-Beltrán, J.; Welti-Chanes, J.; Barbosa-Cánovas, G. V. (2009). Ultraviolet-C light processing of grape, cranberry and grapefruit juices to inactive *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Food Process Engineering*, 32: 916–932
- Hakgüder, B. 2009. UV disinfection of some of the fruit juices. Disponible en: <http://library.iyte.edu.tr/tezler/master/gidamuh/T000781.pdf> [acceso: 20-2-2011].
- ICNIRP (2004). The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). *Health Physics Society*. 171-186.
- Kuo, F.L.; Ricke, S. C.; Carey, J. B. (1997). Shell egg sanitation: UV radiation and egg rotation to effectively reduce populations of aerobes, yeasts and molds. *Journal of Food Protection*, 60: 694-697.
- Lerena, C.; Lerena, J. (2000). Manual de estándar de límites críticos. Fundación Agustina Lerena - Nueva y Mas. Disponible en: http://blogs.clarin.com/blogfiles/fundacion-agustina-lerena/221508_CienciasNaturales1.50ManualdeL%C3%ADmitesCr%C3%ADticos.pdf [acceso: 20-2-2011].

- Manrique, A. (1987). El maíz en el Perú. Programa cooperativo de Investigaciones en maíz, 1980-92 Informes anuales. CONCYTEC, Lima.
- Nigro, F.; Ippolito, A.; Lima, G. (1998). Use of UV-C light to reduce *Botrytis* storage rot of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 13: 171-181.
- Keyser, M.; Müller, I. A.; Cilliers, F. P.; Nel, W.; Gouws, P.A. (2008). Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 9: 348-354.
- Rodríguez-Romo, L. A.; Yousef, A. E. (2005). Inactivation of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis on shell eggs by ozone and UV radiation. *Journal of Food Protection*, 98: 711-717.
- Santa María, M. (2005). *Industria Alimentaria Tecnológicas Emergentes*. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL. Ediciones UPC. Pgs 210. Disponible en: <http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/CT00800C.pdf> [acceso: 20-2-2011].
- Tandon, K.; Worobo, R. W.; Churey, J. J.; Padilla-Zakour, O. I. (2003). Storage quality of Pasteurized and UV treated apple cider. *Journal of Food Processing and Preservation*, *Journal of Food Processing and Preservation*. 27: 21-35.
- Yaun, B.R., Sumner, SS., Eifert, J.D. y Marcy, J.E. (2004). Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *International Journal of Food Microbiology*, 90: 1-8.

