



CÁMARA DE IRRADIACIÓN UV-C ECONÓMICA Y SUS POTENCIALES APLICACIONES EN LA DESINFECCIÓN DE ALIMENTOS

RICARDO RODRÍGUEZ MIJANGOS*, GILBERTO GONZALEZ BOUÉ, FELIPE BARFFUSON DOMINGUEZ, JUAN MANUEL VARGAS LÓPEZ, MARIA SUSANA YÉPIZ GÓMEZ

En este trabajo se propone la utilización en potenciales alimentos, de una cámara portátil de irradiación con luz ultravioleta, en el rango de longitudes de onda de alta energía denominado rango C, que es la parte energética del espectro de luz. La amplia experiencia en varias partes del mundo ha demostrado que es la más eficiente para inhibir el crecimiento de bacterias en un material biológico. Hay métodos químicos para obtener el mismo resultado, pero tiene el inconveniente de la posible contaminación del material, lo cual en nuestro caso no sucede, ya que nos interesa inhibir bacterias en alimentos con irradiación, que no requiere un tratamiento químico.

Se presentan resultados preliminares del potencial uso de la cámara germicida para desinfección de posibles alimentos. De interés regional en la zona del yaqui, Sonora, se ha identificado a la moringa y al frijol germinado. En este artículo se dan resultados preliminares de irradiación en frijol germinado.

Lo presentado en este escrito da la pauta para posibles investigaciones; incluso dado el bajo costo de la cámara de irradiación, puede ser útil en la enseñanza.

DR. RICARDO RODRÍGUEZ MIJANGOS
Depto. de Investigación en Física,
Universidad de Sonora
Correo: mijangos@cifus.uson.mx
M.C. GILBERTO GONZÁLEZ BOUÉ
Departamento de Física,
Universidad de Sonora
Correo: gonzalez@fisica.uson.mx

M.C. FELIPE BARFFUSON
Departamento de Física,
Universidad de Sonora
Correo: fbarffuson@gmail.com

DR. JUAN MANUEL VARGAS LÓPEZ
Depto. de Investigación y Posgrado en
Alimentos, Universidad de Sonora
Correo: vargasra@hotmail.com
DRA. MARÍA SUSANA YÉPIZ GÓMEZ
Depto. de Investigación y Posgrado en
Alimentos, Universidad de Sonora
Correo: msyepiz@gmail.com

*Autor para correspondencia: Ricardo Rodríguez Mijangos
Correo electrónico: mijangos@cifus.uson.mx
Recibido: 12 de marzo de 2013
Aceptado: 23 de mayo de 2014
ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

La optimización de la buena estabilidad de las materias alimenticias pasa por las metodologías que permiten ejercer un riguroso control sobre la "población microbiana", reducir el número inicial de microorganismos y evitar el desarrollo del mismo. Para conseguir la reducción de la carga inicial basta con extremar, desde un principio, la higiene en todas las manipulaciones. En cambio, para luchar contra el desarrollo de microorganismos existe la alternativa de escoger entre dos tipos de métodos: físicos y químicos.

Un método físico utilizado en la conservación de alimentos es la radiación ultravioleta con propiedades germicidas, conocida como región UV-C (región del espectro electromagnético: 200-280 nm), en esta región hay una energía típica con una longitud de onda de 253 nm, muy pernicioso para el material biológico. Las reacciones químicas inducidas por estas radiaciones pueden causar la detención de las reacciones metabólicas esenciales para la supervivencia de los microorganismos. De esta forma se inducen modificaciones tales como la ruptura de enlaces, lo que llega a impedir la transcripción y la replicación del ADN.

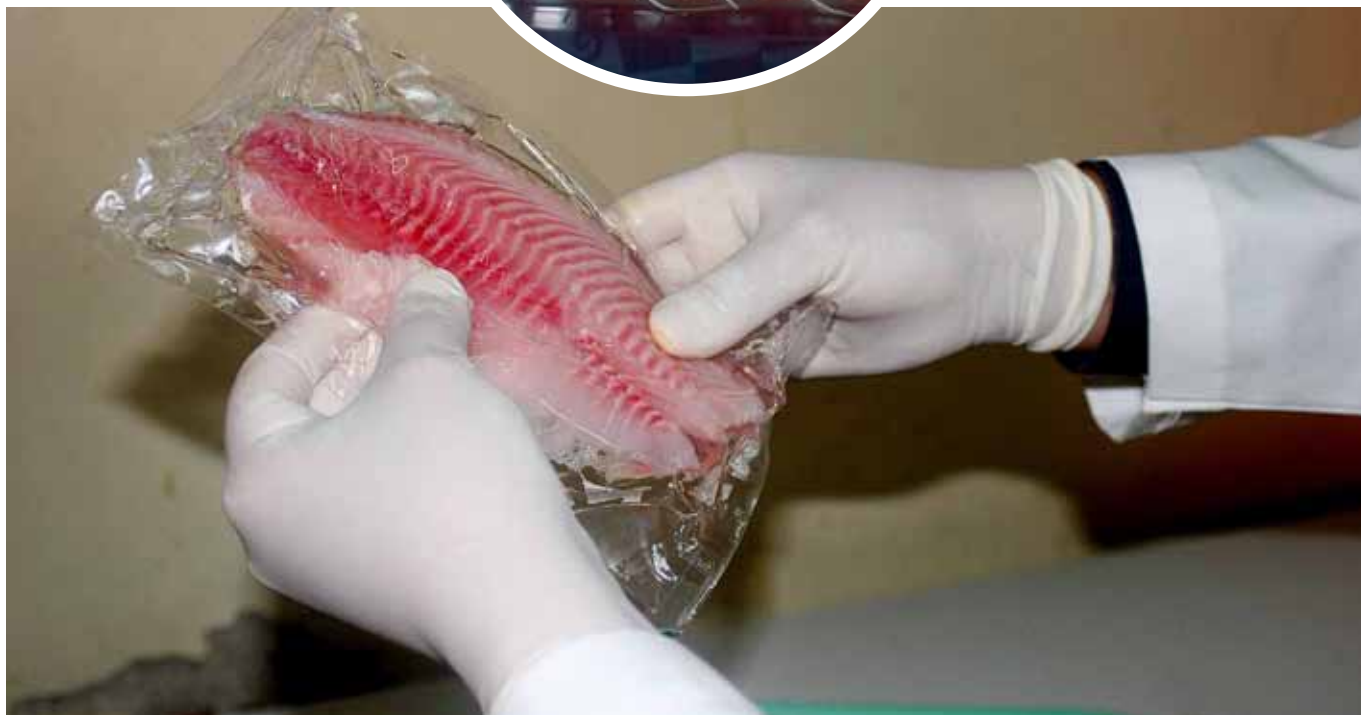
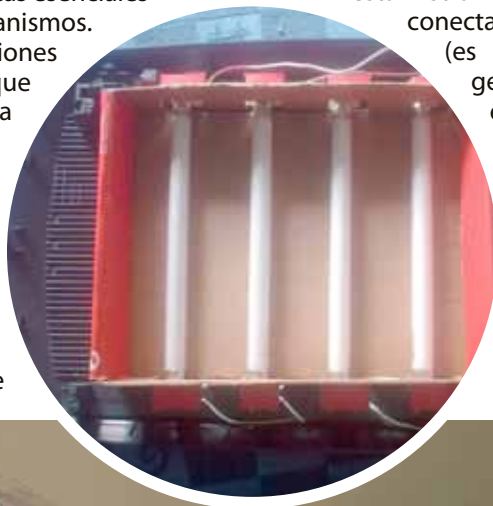
La resistencia de los microorganismos a esta radiación queda determinada por sus capacidades para reparar estos daños. Por lo que algunos tipos de microorganismos son eliminados con la intensidad o energía asociada a la radiación UV-C, la energía que

afecta la muestra se cuantifica en la denominada dosis, la cual está definida por unidad de energía/unidad de área que incide sobre el material. Posibles unidades son joules/cm². Conviene introducir el tiempo de exposición que aparecería en las unidades para la dosis como watts X segundo/cm². Esta dosis puede variar, puede ser menor o mayor según el microorganismo (1). Las radiaciones UV penetran poco en los líquidos y casi nada en los sólidos, por eso se utilizan para destruir los microorganismos presentes en el aire o en la superficie.

Para realizar este trabajo se instrumentó una cámara para irradiación de muestras de alimentos con luz ultravioleta con la finalidad de estudiar su eficacia en la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos.

EXPERIMENTAL

En la figura 1 se muestra la cámara de irradiación, cuyo material es un plástico opaco a la luz UV, la cual está instrumentada con una lámpara fluorescente conectada con balastos, UV-C de 15 watt (es una lámpara comercial denominada germicida ULTITECH T8 que se consigue en ciudades con establecimientos comerciales que venden lámparas de iluminación, en nuestro caso en Hermosillo, Sonora, México) y un termómetro digital que da lecturas de la temperatura exterior e interior de la cámara. Las muestras pueden colocarse en posiciones de 5, 10, 15 y 20 cm, distantes de la lámpara.



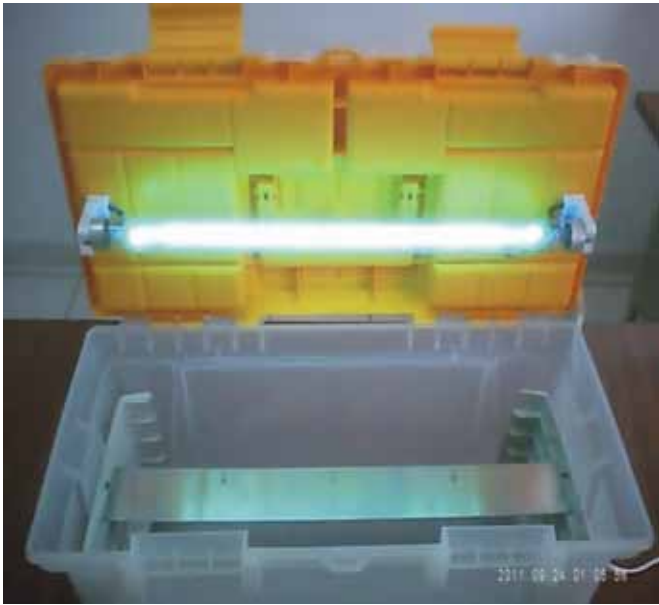


Figura 1. Cámara de irradiación UV germicida portátil.

La dosis se controla por la distancia de la fuente de UV a la muestra y el tiempo de exposición en esta. Las dosis recibidas por los alimentos en cada una de las posiciones se calculan con el programa de cómputo realizado por el primero de los autores, denominado GUS-UVC. Dada un área, una distancia y un tiempo de exposición, el programa calcula la dosis a la que estaría sujeta una muestra colocada sobre esa área. El efecto decrece con la distancia según la figura 2.

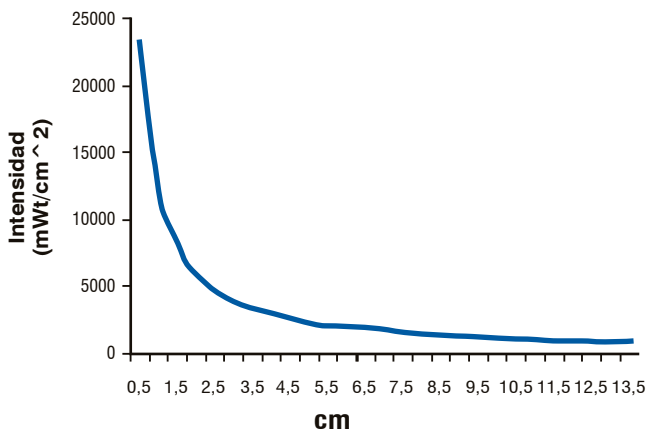


Figura 2. Intensidad de UV vs Distancia a la lámpara.

Para checar la homogeneidad de la radiación a lo largo del tubo fluorescente de UV, colocamos en la cámara de esterilización tres muestras cristalinas de halogenuro alcalino (2), en particular KCl:Eu²⁺, una a cada extremo del tubo y otra en el centro, para ver qué tan homogéneo es el campo de radiación emitido por el tubo. A continuación

sometimos las muestras a la radiación ultravioleta a diferentes tiempos y luego le hicimos a los cristales un estudio de termoluminiscencia. En la figura 3 se muestra el resultado del análisis, notándose lo siguiente: a) el tubo sí emite radiación UV, la intensidad es mayor en el centro e igual en la parte izquierda y derecha. A un minuto de irradiación en la muestra se crean tantas trampas (emisores luminiscentes microscópicos) que el equipo de Termoluminiscencia se satura, ya que es muy sensible.

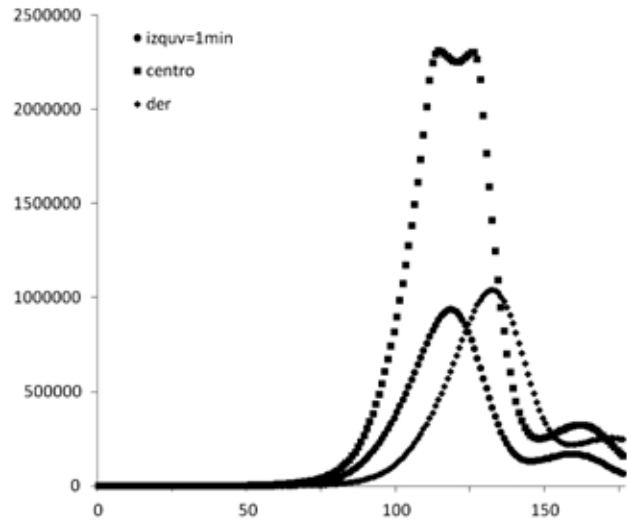


Figura 3. Curvas de TL del KCl:Eu²⁺. En esta curva únicamente nos interesa en forma relativa cuál región del tubo (asociada a la posición de la muestra) produce mayor radiación UV y las secciones en que ésta es homogénea.





La distancia de las muestras a la lámpara y el tiempo de exposición permiten controlar la dosis, se espera que realizando varios experimentos según el material biológico expuesto, se encontrará la dosis óptima. Un comportamiento es un decremento exponencial de la población microbiana en función de la dosis.

Para experimentar con el prototipo como una cámara de esterilización, se adecuó el programa de cómputo a un modelo de decaimiento exponencial, el cual toma en cuenta un factor de sobrevivencia que determina el porcentaje de agentes patógenos vivos con respecto al tiempo de exposición que depende de la sensibilidad del microorganismo (3)

De los dos candidatos a irradiar para realizar el estudio preliminar, la moringa y el frijol germinado, se decide trabajar en detalle con muestras de frijol germinado, el cual se consigue fresco diariamente, en varias tiendas de abastos alimenticios de la ciudad.

En lo que sigue, mencionamos reiteradamente a la moringa como una de las muestras candidatas a estudiar, pero los resultados que se presentan aquí son únicamente para el frijol germinado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Además de las aplicaciones mencionadas al inicio, el prototipo o cámara de irradiación UV portátil también es útil para realizar investigación de interés en el tema de preservación de alimentos. Irradiar con gammas es un método muy seguro (4), pero menos accesible y más costoso que irradiar con UV-C. Con esta idea se realizó un experimento preliminar, en el que se determinó la Cuenta Total de Mesófilos Aerobios de dos muestras

de frijol germinado (*Mungus alubia*): uno irradiado con UV-C a una dosis de $30 (\mu W*s)/cm^2$ y la otra sin irradiar. Antes de someter a irradiación las muestras, se realizó un tratamiento térmico para disminuir en lo posible la humedad natural del material.

En la figura 4 mostramos la fotografía de una muestra de frijol germinado y en la figura 5 su colocación en la cámara de irradiación. En forma parecida se colocaron hojas secas de moringa *oleifera*. En ambas muestras biológicas, en las mediciones iniciales antes y después de irradiar, hubo un comportamiento equivalente en la inhibición de las bacterias.



Figura 4. Cepa de frijol germinado colocada en caja de Petri lista para ser irradiada.

Tanto el frijol germinado como la moringa se cultivan en Sonora. Esta última es muy utilizada para fabricar medicinas naturistas, por sus propiedades medicinales.

En la figura 5 se puede apreciar en la parte superior la alargada lámpara fluorescente de UV-C y abajo las cajas de Petri con las muestras biológicas de frijol germinado, útil como alimento consumible comercialmente.



Figura 5. Muestras colocadas en la cámara germicida. Las irradiaciones y el conteo de bacterias por métodos químicos se hicieron en las muestras de los extremos, dónde la irradiación es homogénea.

En la figura 6 se aprecia una planta de moringa, una de sus variedades se cultiva en el sur de Sonora. Los efectos de la UV sobre este vegetal es potencial tema de estudio.



Figura 6. Planta de moringa *oleífera*.

En una primera irradiación se encontró una reducción del 95% en la población microbiana en el producto irradiado (frijol o moringa) en comparación con el producto sin irradiar, por lo que este resultado abre la posibilidad de continuar esta línea de investigación en forma detallada y ésta se inicia con el frijol germinado o mungo. A continuación resultados preliminares:

La tabla 1 muestra la actividad antimicrobiana de radiación UV-C en frijol germinado mungo a diferentes dosis, las ufc/g son unidades formadoras de colonias por gramo de muestra de base seca. Tiempo (días). La intensidad de la lámpara es un referente, a partir del cual, se obtiene con el programa de computo las dosis a que están expuestas las muestras, según su colocación o distancia respecto a las regiones homogéneas de la lámpara elegida (derecha e izquierda).



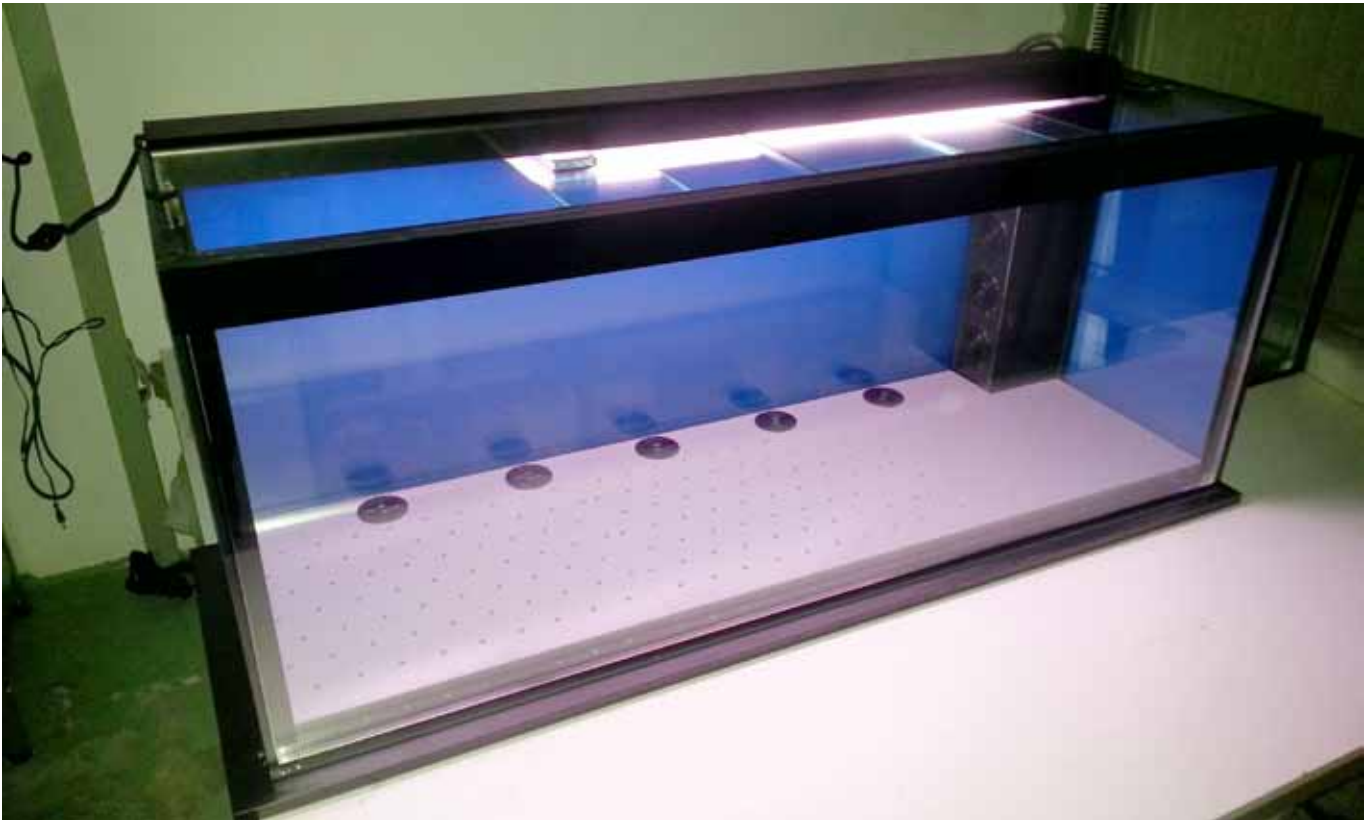


Tabla 1. Actividad antimicrobiana de radiación UV-C en frijol germinado a diferentes dosis.

Almacenamiento (días) a 8 °C						
Dosis	Cero	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco
($\mu\text{W}^*\text{s}$)/ cm^2	ufc/g	ufc/g	ufc/g	ufc/g	ufc/g	ufc/g
Control	3.78E+06	5.65E+06	5.57E+06	5.62E+06	7.60E+06	5.30E+06
1	5.29E+06	3.20E+06	4.52E+06	8.71E+06	7.01E+06	3.81E+06
3	3.00E+06	1.14E+06	6.28E+06	1.06E+07	4.02E+06	3.30E+06
2	4.55E+06	5.07E+06	4.35E+06	1.28E+07	1.24E+07	1.05E+07

La evaluación de la actividad antimicrobiana de la radiación UV-C en frijol germinado se realizó en el laboratorio de Microbiología y Micotoxinas del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos DIPA de la Universidad de Sonora, mediante la prueba de Mesófilos Aerobios, utilizando la Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994 (5), la cual refleja el contenido microbiano de materiales crudos e ingredientes, la eficiencia del procedimiento de elaboración/proceso, la condición de higiene del equipo y utensilios y la relación tiempo-temperatura de almacenamiento y la distribución (6).

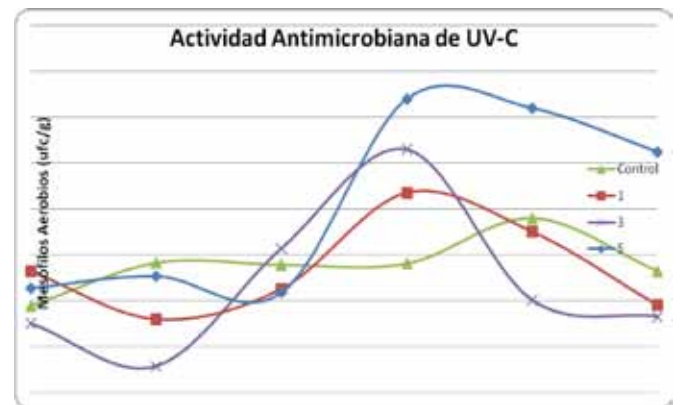


Figura 7. Comportamiento de la población microbiana en el tiempo a distintas dosis. El eje X subdividido en cinco partes iguales, son los días de almacenamiento (5); el eje Y son los ufc/g.

De la tabla 1 y de la figura 7 se observa que:

No hubo un efecto antimicrobiano para ninguna de las dosis de radiación utilizado, por eso se observan niveles de microorganismos similares para todos los tratamientos en el día cero.

Hubo ligera reducción en la población microbiana al primer día de almacenamiento, sobre todo en las dosis 1 y 3.

Tanto el control como la dosis 5 presentaron un ligero incremento, pero permanecen relativamente constantes hasta el día dos.

En el segundo día de almacenamiento la población microbiológica fue muy similar para todos los tratamientos (promedio: $5.18E+06$). Aunque los niveles no disminuyeron, respecto al día cero, al menos se mantuvieron constantes.

A partir del día 3, todas las muestras irradiadas presentaron un incremento en los niveles de microorganismos debido posiblemente al binomio: condensación de humedad, a pesar de que las muestras estaban cubiertas con plástico con perforaciones y a alteraciones bioquímicas ocasionadas por el proceso de irradiación, las cuales podrían haber incrementado la disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento de los microorganismos. En la gráfica se puede observar que a mayor dosis suministrada, mayor es el nivel de microorganismos en el día tres.

A partir del día 4 y hasta el 5, hubo un decaimiento en las poblaciones microbiológicas, sin embargo la dosis 5 sigue permaneciendo más alta. Como muchos fenómenos en la naturaleza que suben, tienen un máximo y después bajan, la dosis puede ser más eficiente (subir) y llegar a un valor óptimo (el máximo), posteriormente mayor dosis da por resultado pérdida de eficiencia (bajada). Esto puede deberse a que mayor dosis afecta el material biológico y se vuelve más vulnerable a los microorganismos. En este caso la dosis 1 puede ser la óptima o estar cercana a la óptima.

CONCLUSIONES

- I. Los niveles de radiación UV-C utilizados aparentemente no ejercieron algún efecto antimicrobiano en las muestras.
- II. Se presentó un efecto inhibitor del crecimiento microbiano por al menos 2 días de almacenamiento similar al presentado por la muestra sin irradiar, por lo que dicho efecto pudo haberse debido más bien a la temperatura de almacenamiento (8°C).
- III. La muestra control permaneció relativamente estable durante los 5 días de almacenamiento, en cambio, las muestras irradiadas presentaron mucha inestabilidad, aunque los niveles al final del almacenamiento fueron muy similares a los del día cero. IV. La muestra 5, irradiada con la dosis más alta, presentó los mayores niveles de contaminación, sobre todo a partir del día tres y hasta el cinco, lo cual puede indicar afectación del material biológico de la muestra.
- V. El comportamiento observado en la figura 7 es equivalente al observado en irradiación de espinacas por UV-C (7).
- VI. La cámara germicida de bajo costo que se diseñó, tiene posibilidades de ser útil en investigación de inhibición de bacterias en material biológico, en particular con la muestra aquí estudiada, se pretende realizar más mediciones a las que se les aplicaría un análisis estadístico es la puerta a la investigación o utilizar las

ideas expuestas (perfectibles) para la enseñanza.

El escrito únicamente tiene el propósito de difusión, no pretende ser un trabajo especializado.

En el tiempo transcurrido en el envío de este artículo y su aparición se realizó un estudio detallado que permitió la realización de una tesis de licenciatura (8).

*IN MEMORIAN. Dedicamos este trabajo a nuestro querido colega Gustavo Vázquez-Polo, quien falleció inesperadamente por lo que no se tuvo la oportunidad de terminarlo con su participación (Q.E.P.D.).

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Abshire, R.L., Dunton, H. (1981). Resistance of selected strains of *Pseudomonas aeruginosa* to low-intensity ultraviolet radiation. *Applied Environmental Microbiology*, 41 (6), 1419-23.
- 2) Rodríguez Mijangos, R. and Pérez Salas, R. (2007). Ion size effect on the glow peak temperature in europium mixed crystals, *Physica Status Solidi (c)*, 4, 954-958.
- 3) Kowalski, W. J., Banhfleth, W. P., Witham, D. L., Severin P. F., Whittham, T. S. (2000). Mathematical modeling of ultraviolet germicidal irradiation for air disinfection, *Quantitative Microbiology* 2, 249-270.
- 4) Cruz Zaragoza, E., Ruiz Gurrola, B., Wachter, C., Flores Espinosa, T., Barboza-Flores, M. (2011). Gamma radiation effects in coriander for consumption in Mexico, *Rev. Mex. de Física*, 557, 80-85.
- 5) *Diario Oficial de la Federación*. Sufragio Efectivo. No Reección (1995). México, D.F., a 10 de noviembre de 1995.
- 6) Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica, ANMAT (2003). Guía de Interpretación de Resultados Microbiológicos de Alimentos, en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/Guia_de_interpretacion_resultados_microbiologicos.pdf
- 7) Escalona, V. H., Aguayo, E., Martínez-Hernández, G. B., 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.
- 8) García Romo, J. S. (2013). Irradiación con Luz UV-C como Método de Desinfección de Germinados de Frijol Mungo (Vigna radiata). *Tesis profesional*. Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Universidad de Sonora.

