

Efecto de tratamientos con UV-C y tratamientos con cloro sobre el contenido de biocompuestos en germinados de amaranto

García Mosqueda C.^a, Cerón García A.^a, León Galván M.F.^a, Ozuna López C.^a, López-Malo A.^b, Sosa Morales M.E.^{a*}

^a Posgrado en Biociencias, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Ex-Hacienda el Copal, Carretera Irapuato-Silao km 9, Irapuato, Gto. 36500 México.

^b Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas Puebla. Ex-Hacienda Sta. Catarina Mártir, San Andrés Cholula, Pue. 72810 México

* c.garciamosqueda@ugto.mx, msosa@ugto.mx

RESUMEN:

Actualmente, la salud y el bienestar de la población son altamente valorados a nivel mundial. Los germinados se reconocen como alimentos ricos en nutrientes y con importantes biocompuestos. Sin embargo, debido a que son alimentos frescos y mínimamente procesados, están expuestos a contaminación microbiológica y pueden causar enfermedades. Generalmente se utilizan productos químicos para la desinfección y éstos generan residuos y contaminan el ambiente, por lo que es importante desarrollar nuevas metodologías amigables con el medio ambiente y libre de residuos. La radiación UV-C ha sido estudiada como tecnología emergente con efecto germicida en productos alimentarios. El objetivo de la presente investigación es desarrollar tratamientos con luz UV en germinados de amaranto, efectivos para garantizar la calidad de los productos, comparándolos con tratamientos con cloro y evaluar su efecto sobre el contenido de biocompuestos. Se aplicaron tratamientos con UV-C a distancia de 3 y 5 cm y tiempos de 2.5, 5, 10, 15, 20 y 30 min. Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos con UV-C resultaron en germinados con mayor contenido de biocomponentes que los tratamientos con cloro. Con tiempos de 10 min hay aumento significativo ($p < 0.05$) en fenoles totales y en 15 o 20 min en flavonoides totales, con las dos distancias utilizadas.

Palabras clave: germinados, biocompuestos, cloro, radiación UV-C.

ABSTRACT:

Nowadays, the health and well-being are highly valued worldwide. Sprouts are recognized as foods rich in nutrients and with important biocompounds. However, because they are fresh and minimally processed foods, they are exposed to microbiological contamination and they may cause illness. Chemical products are generally used for disinfection and these generate waste and pollute the environment. Thus, it is important to develop new methodologies that are friendly to the environment and free of waste. UV-C radiation has been studied as an emerging technology with a germicidal effect in food products. The aim of this work was to develop treatments with UV light in amaranth sprouts, effective to guarantee the quality of products, comparing them with chlorine treatments and evaluating their effect on the content of biocompounds. UV-C treatments were applied at a distance of 3 and 5 cm and times of 2.5, 5, 10, 15, 20 and 30 min. The results showed that UV-C treatments resulted in sprouts with higher biocompounds content than chlorine treatments. Treatment of 10 min significantly increased ($p < 0.05$) total phenolic compounds, and 15 or 20 min of treatment time significantly increased in total flavonoids, with both employed distances.

Key words: sprouts, biocompounds, chlorine, UV-C radiation.

Área: Alimentos Funcionales

INTRODUCCIÓN

El amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) es un pseudocereal que pertenece a la clase dicotiledónea de la familia Amaranthaceae; es una alternativa de alimentación para las personas intolerantes a algunos cereales debido a que no contiene gluten. Además de su valor nutritivo contiene compuestos bioactivos que favorecen la salud y esto lo convierte en una fuente de alimento de alta calidad (Pasko *et al.*, 2015; Aphalo *et al.*, 2015). Es considerado un cultivo con gran variabilidad genética y, por lo tanto, se adapta a diversos hábitats agroclimáticos y condiciones edafológicas (Nascimento *et al.*, 2014).

Las semillas de amaranto forman parte importante en la alimentación en varios países latinoamericanos, principalmente en forma de harina, como ingrediente en productos de panadería, en bebidas o en forma de barras nutritivas (Ozuna *et al.*, 2018). Aunque el consumo de amaranto en forma de germinados no es tan común, su popularidad está aumentando actualmente entre las personas que desean mantener un estilo de vida saludable (Ozuna *et al.*, 2018). Diferentes estudios han demostrado que los compuestos fenólicos, antocianinas y flavonoides aumentan con la germinación de semillas de amaranto bajo ciertas condiciones (Aphalo *et al.*, 2015).

El consumo de germinados provenientes de semillas crudas, ha llevado a un aumento en los brotes de enfermedades, debido a que son un buen vehículo para el crecimiento y transmisión de patógenos en alimentos. La fuente primaria de contaminación microbiana en los germinados se considera que se origina a partir de las semillas, que es más bien una contaminación durante o después del proceso de germinación. Además, el proceso de germinación generalmente se realiza en condiciones de humedad y temperatura que favorece el crecimiento de patógenos (Zhang *et al.*, 2011).

Algunos productos químicos han sido evaluados para uso como agentes desinfectantes en los productos, como el agua clorada y el dióxido de cloro. Sin embargo, en los últimos años el uso de cloro ha sido asociado con la formación de compuestos carcinogénicos y se ha demostrado que algunos patógenos son más resistentes a la acción letal de estos compuestos (Bermúdez-Aguirre y Barbosa-Cánovas, 2013). Por lo tanto, es de crucial importancia desarrollar métodos o tecnologías de descontaminación para reducir efectivamente los patógenos en las semillas y los germinados, manteniendo la calidad sensorial de los mismos (Zhang *et al.*, 2011; Mhole-Boetani *et al.*, 2009; Ngnitcho *et al.*, 2017).

La radiación ultravioleta se considera un método de desinfección no térmico, utilizado para la descontaminación de varios productos alimentarios (Jeon y Ja 2020); tiene numerosas ventajas sobre varios métodos de sanitización existentes, esto es debido a que en esta tecnología no se utilizan productos químicos ni se emplea calor, además de que no es costoso. Comparado con un tratamiento térmico, la radiación UV afecta menos la calidad nutricional y sensorial de los alimentos. Por lo tanto, la tecnología UV se utiliza como alternativa de esterilización química, en productos alimentarios (Chun *et al.*, 2010; Roselló-Soto *et al.*, 2018). En particular, UV-C (254 nm) ha sido aprobada por la FDA para controlar microorganismos en la superficie de productos alimenticios (FDA, 2007). Estudios de inactivación usando 254 nm han demostrado efectividad en la reducción de bacterias patógenas en frutas, vegetales y ensaladas listas para consumir (Chun *et al.*, 2010).

El objetivo de la presente investigación es desarrollar tratamientos con luz UV en germinados de amaranto, efectivos para garantizar la calidad de los productos, comparándolos con tratamientos con cloro y evaluar su efecto sobre el contenido de biocompuestos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas de amaranto (originarias del municipio de Puebla, 2019) fueron lavadas con agua purificada y jabón comercial, posteriormente se enjuagaron y se dejaron en reposo por 10 min en alcohol etílico. Después se enjuagaron con agua purificada, se retiró el exceso de agua y se dejaron a temperatura ambiente hasta el secado de las mismas.

Germinado de las semillas. Se colocaron 3 g de semillas de amaranto sanitizadas en una charola plástica de 5 x 15 cm (por triplicado), posteriormente se dejaron germinar durante 7 días en un germinador comercial (Easy-green, USA) en condiciones de luz/oscuridad de 12/12 h, dispuesto de un sistema de riego por aspersión cada 8 h (riegos de 15 min).

Tratamiento con cloro. Se mezcló agua purificada con hipoclorito de sodio para tener una concentración de 100 y 200 ppm. 10 g de germinado se sumergieron en 50 mL del agente sanitizante durante 15 min por duplicado.

Tratamiento con UV-C. Los germinados se trataron con irradiación UV-C en cámara de luz UV (254 nm, lámparas modelo Crob/4S, Instrumart, Ciudad de México), a una dosis de 10 mW/cm², con distancias entre la lámpara y el alimento de 3 y 5 cm, colocando las cajas con el germinado en el centro de la cámara de tratamiento a tiempos de 2.5, 5, 10, 15, 20 y 30 min (por duplicado). Antes y después de los tratamientos con UV-C, se obtuvieron imágenes infrarrojas de los germinados con una cámara térmica (FLIR, modelo A310, Suecia), para detectar las temperaturas en las muestras y posibles cambios debidos a la radiación por luz UV-C.

Determinación de color. Se utilizó un colorímetro Color Flex EZ (modelo CFE20483 Hunter Lab, Estados Unidos), midiendo en la escala L* a* b* de CIELAB, utilizando 5 g de germinado se expone tanto la parte aérea como la radícula del mismo. Las pruebas de color se realizaron por triplicado antes y después de los tratamientos.

Obtención de extractos bioactivos. Se determinaron compuestos fenólicos totales (CFT) y flavonoides totales (FT). Estas determinaciones se realizaron en los germinados antes y después de los tratamientos con cloro y UV-C.

Compuestos fenólicos totales. Se molió 1 g de germinado con 5 mL de metanol al 80 %, las muestras fueron agitadas por 1 h en oscuridad y se centrifugaron a 10000 rpm, 10 min. Se hicieron reaccionar 200 µL del extracto metanólico con 200 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu (1:4) y 2 mL de Na₂CO₃ (al 0.5%), La mezcla resultante fue homogenizada y después de 1 h se midió la absorbancia a 760 nm, usando ácido gálico como estándar (Slinkard y Singleton, 1977).

Flavonoides totales. Se molió 1 g de muestra con 5 mL de metanol al 80 %, la mezcla se llevó a ebullición (80-85 °C) por 1 h y se enfrió, posteriormente se centrifugó a 10000 rpm, 10 min, Se hicieron reaccionar 250 µL de extracto metanólico con 50 µL de AlCl₃ (al 10%), 50 µL de Acetato potásico (1M), 800 µL de metanol y 1.4 mL de agua destilada. Posteriormente se midió la reacción a 415 nm y se usó quercetina como estándar de referencia (Marianova et al., 2005).

Análisis estadístico. Los valores de compuestos bioactivos fueron obtenidos por triplicado para cada condición experimental evaluada. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza simple (ANOVA) y una prueba de comparación de medias por el método de Tukey con una p≤0.05 para encontrar diferencias significativas, mediante el software estadístico Statgraphics.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla I. Resultados de color en germinados de amaranto con tratamientos UV-C

Tratamiento Parámetro/Tiempo	3 cm			5 cm		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	39.7 ± 0.5 ^b	5.0 ± 0.4 ^c	17.7 ± 0.8 ^a	42.7 ± 1.2 ^a	4.1 ± 0.8 ^a	21.9 ± 0.6 ^a
2.5 min	42.7 ± 0.9 ^a	4.8 ± 0.1 ^{bc}	17.8 ± 0.3 ^a	43.7 ± 0.3 ^a	4.9 ± 0.04 ^{ab}	21.7 ± 0.7 ^a
5 min	40.7 ± 0.1 ^{ab}	5.5 ± 0.1 ^c	20.5 ± 0.4 ^b	43.6 ± 0.8 ^a	4.9 ± 0.4 ^{ab}	21.4 ± 0.5 ^a
10 min	42.7 ± 0.7 ^a	3.9 ± 0.3 ^a	21.8 ± 0.6 ^{bc}	43.2 ± 0.4 ^a	4.9 ± 0.1 ^{ab}	22.1 ± 0.4 ^{ab}
15 min	41.4 ± 1.6 ^{ab}	4.1 ± 0.5 ^{ab}	21.1 ± 0.5 ^b	43.2 ± 0.8 ^a	4.8 ± 0.2 ^{ab}	22.3 ± 0.7 ^{ab}
20 min	40.7 ± 0.9 ^{ab}	6.6 ± 0.1 ^d	23.8 ± 0.2 ^d	42.3 ± 1.3 ^a	4.9 ± 0.1 ^{ab}	23.1 ± 0.8 ^{ab}
30 min	36.6 ± 0.2 ^c	7.2 ± 0.04 ^d	23.0 ± 0.1 ^{cd}	41.5 ± 0.7 ^a	5.3 ± 0.2 ^b	22.7 ± 0.3 ^b

*La diferencia en las literales significa diferencia estadísticamente significativa (p<0.05)

Tabla II. Resultados de color en germinados de amaranto con tratamientos con cloro a dos concentraciones.

Tratamiento/Parámetro	L*	a*	b*
Sin tratamiento	41.2 ± 1.8 ^a	4.6 ± 0.8 ^a	19.8 ± 2.4 ^a
100 ppm	46.5 ± 0.3 ^b	4.7 ± 0.4 ^a	22.5 ± 0.7 ^b
200 ppm	46.3 ± 0.4 ^b	5.1 ± 0.3 ^b	24.0 ± 0.4 ^b

*La diferencia en las literales significa diferencia estadísticamente significativa (p<0.05)

En la determinación de color de los germinados sin tratamiento, los resultados indican que presentan valores de luminosidad entre 39.7 y 42.7, en cuanto a la coordenada a* se percibe una ligera tonalidad rojiza, la cual es baja presentando valores de 4.1 a 5.0 y en la coordenada b* se obtuvieron resultados de 17.7 a 21.9, lo que indica que presenta tonalidades amarillas (Tabla I). Li *et al.* (2015), reportan resultados de color en los germinados de amaranto los cuales son similares en L (48.24 ± 0.58), pero difieren en las coordenadas a* (12.75 ± 0.29) y b* (10.35 ± 0.13), debido a que ellos utilizaron *Amaranthus caudatus*; mientras que los datos obtenidos para esta investigación fueron de germinados de *Amaranthus cruentus* (mayores tonalidades amarillas en *A. cruentus* que las tonalidades rojizas de germinados de *A. caudatus*). Al aplicar los tratamientos con UV-C, se observa diferencia significativa (p<0.05) a distancia de 3 cm, a los diferentes tiempos, presentando mayor diferencia en el tratamiento de 30 min, donde se percibe una reducción en la luminosidad mientras que en la distancia de 5 cm, no se presenta diferencias significativas. En cuanto a la coordenada a* se percibe que al realizar los tratamientos (3 y 5 cm) a los diferentes tiempos aumenta la tonalidad rojiza, siendo mayor la diferencia en los tratamientos de 20 min (3 cm) y 30 min (3 y 5 cm). En la coordenada b* se presentan diferencias significativas a partir del tratamiento de 5 min a distancia de 3 cm y a partir del tratamiento de 10 min a distancia de 5 cm (Tabla I). Al realizar los tratamientos con cloro se percibe un aumento en la luminosidad y la coordenada a* aumenta significativamente después del tratamiento con 200 ppm, es decir aumentan las tonalidades rojizas y en cuanto a la coordenada b* hay cambios significativos en los dos tratamientos (100 y 200 ppm), aumentando las tonalidades amarillas, tornándose hacia tonalidades café, en la Figura 1, se muestran imágenes de los germinados antes y después de aplicar los tratamientos con cloro. Bermúdez-Aguirre y Barbosa-Cánovas 2013, reportan que lechuga tratada con UV-C (0.65 mW / cm²) mostró un aumento en el color rojo, que podría deberse a una degradación de la clorofila. El color amarillo también se vio afectado, aumentando con los tratamientos UV-C y con tratamientos con cloro a 100 y 200 ppm se

mostraron cambios en luminosidad (disminuyó) y aumentó la tonalidad roja.

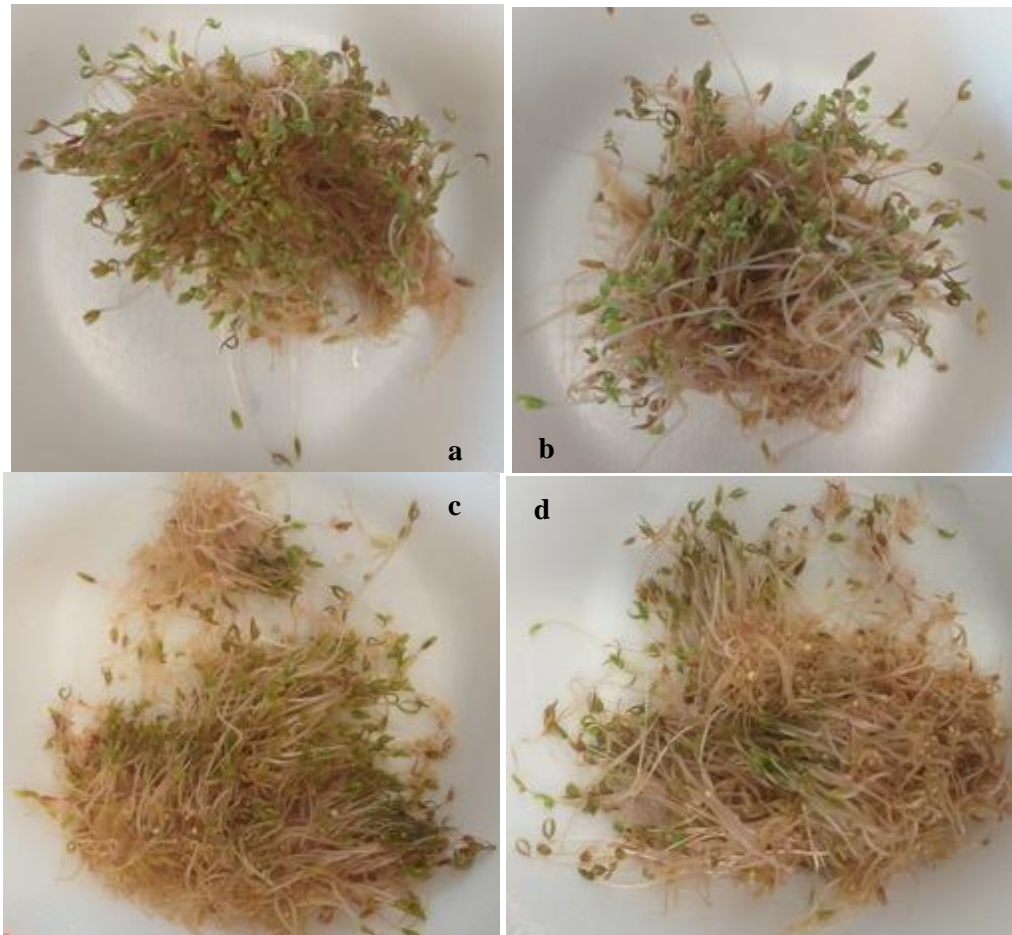


Figura 1. Germinado de amaranto (tratamiento con cloro, 15 min). a) imagen antes de tratamiento (100 ppm), b) imagen antes de tratamiento (200 ppm), c) imagen después de tratamiento con cloro (100 ppm) y d) imagen térmica después de tratamiento con cloro 200 ppm.

Antes y después de realizar los tratamientos con UV-C se tomaron imágenes térmicas como el ejemplo que se muestra en la Figura 2 para verificar el efecto de la temperatura debido a los tratamientos aplicados. De acuerdo a los resultados (Tabla III) a distancia de 3 cm existe diferencia significativa ($p < 0.05$) a partir del tratamiento de 10 min, con un aumento de 6 °C, que representa el 52% del incremento total de temperatura del tratamiento; sin embargo, el mayor aumento se da en los tratamientos de 20 y 30 min con 10.2 °C y 11.5 °C respectivamente. A distancia de 5 cm el incremento significativo ($p < 0.05$) se aprecia desde el tratamiento de 5 min con 6.6°C que representa más del 60% del incremento total de temperatura, llegando a 10.9 °C en 30 min de tratamiento.

Se han realizados varias investigaciones para inhibir la maduración y mejorar la calidad de frutas y verduras, sin embargo, el tratamiento térmico puede provocar el deterioro del tejido y la calidad de la textura antes de obtener el efecto bactericida. Por lo que la radiación ha sido enfocada como una técnica de desinfección física, con el uso específico de infrarrojo (IR) e irradiación ultravioleta (Imaizumi *et al.*, 2018).

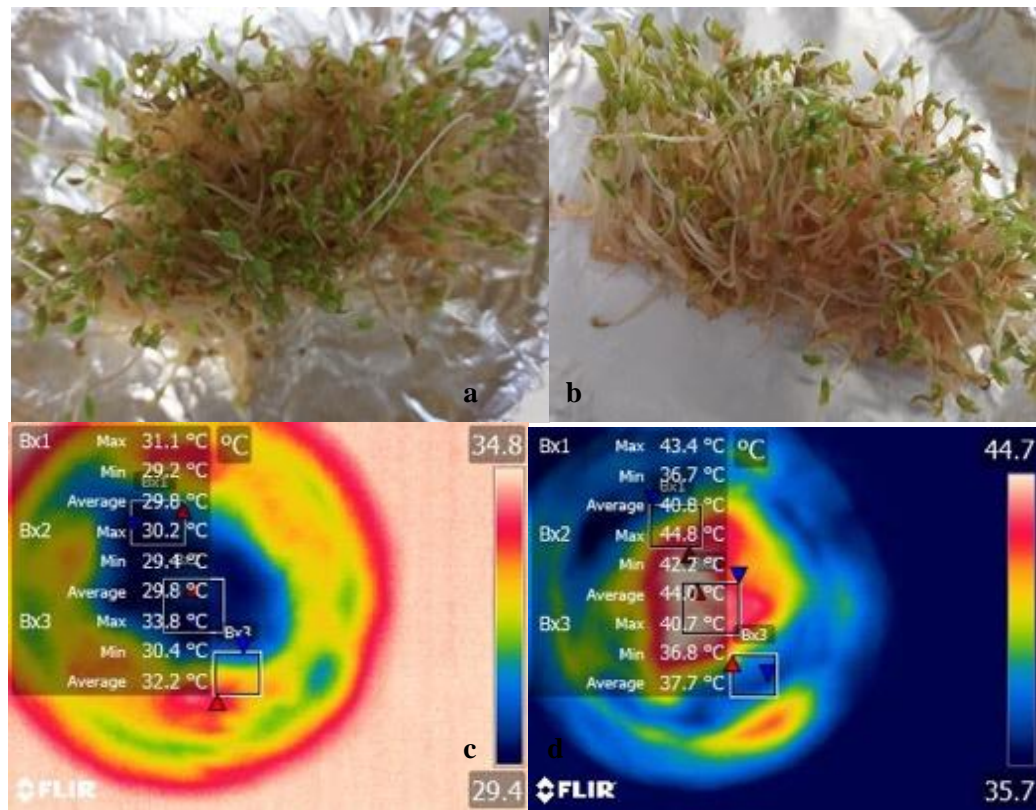


Figura 2. Germinado de amaranto con tratamiento UV-C (3 cm, 20 min). a) Aspecto antes de tratamiento con UV-C, b) aspecto después de tratamiento con UV-C, c) imagen térmica antes de tratamiento con UV-C y d) imagen térmica después de tratamiento con UV-C.

Tabla III. Efecto de temperatura con tratamientos UV-C

Tratamiento	3 cm			5 cm		
	Temperatura antes tratamiento (°C)	Temperatura después de tratamiento (°C)	ΔT	Temperatura antes tratamiento (°C)	Temperatura después de tratamiento (°C)	ΔT
2.5 min	29.1 ± 0.4	31.4 ± 0.6	2.3 ^a	25.9 ± 0.4	30.2 ± 0.1	4.3 ^a
5 min	32.2 ± 0.4	33.5 ± 0.8	1.3 ^a	26.1 ± 0.3	32.7 ± 0.3	6.6 ^{ab}
10 min	32.6 ± 0.4	38.6 ± 2.5	6.0 ^{ab}	27.0 ± 0.4	36.6 ± 1.5	9.6 ^b
15 min	30.5 ± 1.8	36.8 ± 1.8	6.3 ^{ab}	28.8 ± 0.9	37.8 ± 1.6	9.0 ^{ab}
20 min	30.6 ± 1.4	40.8 ± 3.1	10.2 ^b	30.8 ± 0.8	40.7 ± 0.8	9.9 ^b
30 min	31.9 ± 1.1	43.4 ± 3.3	11.5 ^b	30.1 ± 0.2	41.0 ± 2.5	10.9 ^b

*La diferencia en las literales significa diferencia estadísticamente significativa (p<0.05)

El contenido de compuestos fenólicos totales (Figura 3) se determinó después de haber realizado los diferentes tratamientos con UV-C y tratamientos con cloro. Se aprecian diferencias significativas (p<0.05), en base al control (0.44 ± 0.0 mg GAE PF) hay incremento desde el primer tratamiento llegando a 0.130 ± 0.0 mg GAE PF a los 10 min con distancia de 3 cm, posteriormente hay una disminución considerable en los tiempos de 15, 20 y 30 min. Para la distancia de 5 cm el comportamiento es similar, ya que el mayor incremento es a los 10 min con un valor de 0.102 ± 0.017 mg GAE PF y después disminuye en los tratamientos posteriores (15, 20 y 30 min). Comparado con los tratamientos con cloro se aprecia que ambos biocompuestos disminuyen después de la inmersión por 15 min en las soluciones

de 100 ppm (0.037 ± 0.033 mg GAE/g PF) y $0.026 \text{ mg} \pm 0.037$ GAE/g PF en 200 ppm.

Chang-hong *et al.* (2012) realizaron tratamientos con UV-C (4 y 8 kJ/m^2) en tomates y mencionan que el contenido de fenoles totales incrementó significativamente durante los primeros 21 días de almacenamiento y que posteriormente decrece después 7 días más. Wang *et al.* (2016) realizaron tratamientos con UV-B (1.845 kJ/m^2 , por 2 h) en germinados de frijol mungo, mencionan que se incrementa el contenido de compuestos fenólicos con el tratamiento aplicado, obteniendo resultados de compuestos fenólicos de $10741.33 \pm 68.04 \text{ mg/100 g}$.

Moreira-Rodríguez *et al.* (2017) realizaron tratamientos con radiación UVA (9.47 W/m^2) y UVB (7.16 W/m^2) por 120 min en germinados de brócoli de 7 días, encontrando que la radiación UVA incrementa diferentes compuestos fenólicos tales como el ácido gálico ($\sim 57\%$) y un glucosósido de kaempferol ($\sim 25.4\%$).

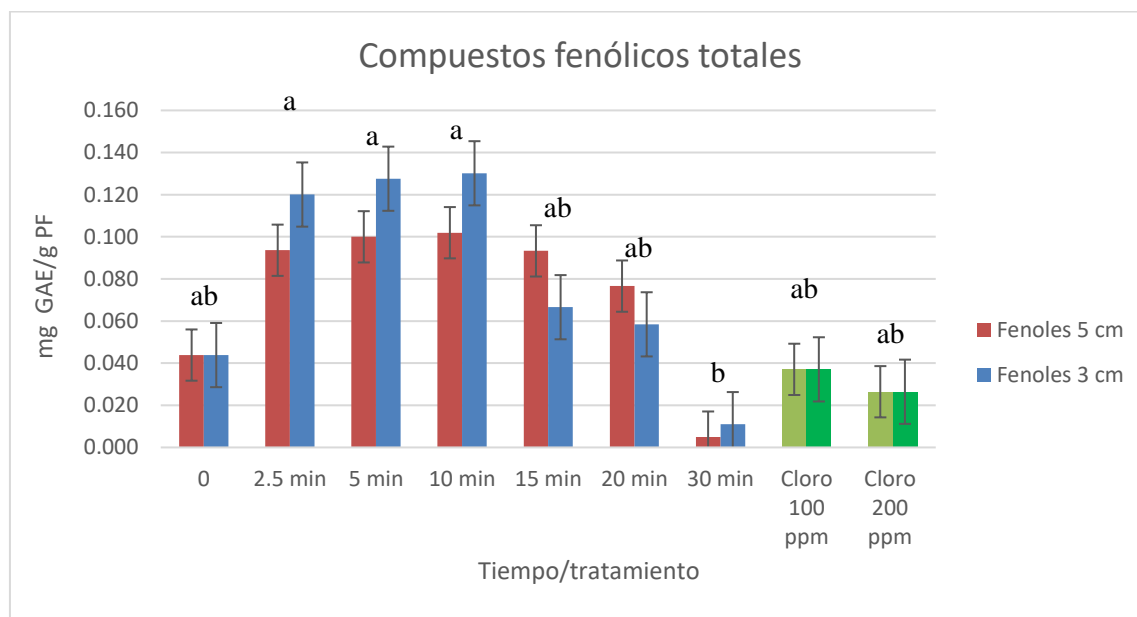


Figura 3. Compuestos fenólicos totales presentes en los germinados de amaranto con tratamientos UV-C a dos distancias y tratamientos con cloro a dos concentraciones.

*La diferencia en las literales significa diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$)

Los resultados muestran que el contenido de flavonoides totales (Figura 4), presenta diferencia significativa ($p < 0.05$) en algunos tratamientos realizados; ya que aumenta en 15 ($8.74 \pm 0.25 \text{ mg EQ PF}$) y 20 min ($8.63 \text{ mg} \pm 0.93 \text{ mg EQ PF}$) de tratamiento con UV-C a distancia de 3 cm con respecto al control ($8.48 \pm 0.11 \text{ mg EQ PF}$), mientras que en los tratamientos de 2.5, 5 y 10 min se mantiene en niveles similares al control y disminuye en el tratamiento de 30 min ($7.31 \pm 1.11 \text{ mg EQ PF}$). En los tratamientos a 5 cm, en la mayoría, el contenido de flavonoides aumenta. El mayor incremento se presentó en el tratamiento de 15 min ($9.93 \pm 2.0 \text{ mg EQ PF}$) y disminuye a los 30 min ($7.71 \pm 1.56 \text{ mg EQ PF}$). Con los tratamientos con cloro a 100 y 200 ppm disminuyen los flavonoides a $6.78 \pm 0.45 \text{ mg EQ PF}$ y $4.39 \pm 0.79 \text{ mg EQ PF}$ respectivamente.

Pajak *et al.* (2014) reportan valores en germinados de girasol (45.6 mg/g peso seco), rábano (34.8 mg/g peso seco) y frijol mungo (13.7 mg/g peso seco), donde se menciona que con la germinación se incrementa cerca de 3 veces el nivel de flavonoides totales comparado con las semillas secas y tal incremento depende de la variedad del frijol mungo.

Ozuna *et al.* (2018) reportan incrementos en germinados de 6 días de amaranto ($15.44 \pm 0.56 \text{ mg RE/g}$ peso seco) de hasta 20 veces comparado con la semilla ($0.78 \pm 0.13 \text{ mg RE/g}$ peso seco). Perales-Sánchez *et al.* (2014) también reportan un incremento de 3 veces de flavonoides totales en amaranto después de 3 días de germinación.

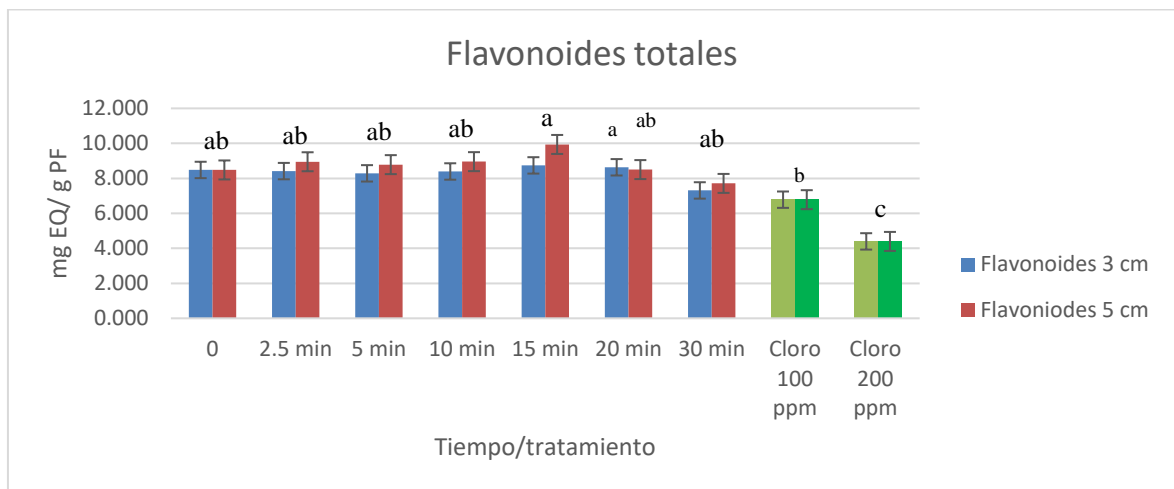


Figura 4. Flavonoides totales presentes en los germinados de amaranto con tratamientos UV-C a dos distancias y tratamientos con cloro a dos concentraciones.

*La diferencia en las literales significa diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$)

CONCLUSIÓN

Con los tratamientos con UV-C aplicados en los germinados, se obtuvo el mayor incremento de compuestos fenólicos totales en el tiempo de 10 min a distancia de 3 cm (0.130 ± 0.016 mg GAE/g PF), comparado con el germinado sin tratamiento (0.04 ± 0.07 mg GAE/g PF); para flavonoides, el mayor incremento se presentó en el tratamiento de 15 min (9.93 ± 2.00 mg EQ PF) a distancia de 5 cm, comparado con el germinado sin tratamiento con un valor de 8.48 ± 0.11 mg EQ/g PF. Para los tratamientos con cloro durante 15 min a concentraciones de 100 y 200 ppm, se obtuvo una disminución en ambos biocompuestos en comparación con el control. Se logró determinar que los tratamientos con UV-C promueven el incremento de biocompuestos (fenólicos y flavonoides totales) sin afectar significativamente la apariencia y el color de los germinados. Por lo tanto, puede ser una metodología adecuada para la desinfección de germinados de amaranto utilizando hasta 20 min de tratamiento a distancias de 3 y 5 cm de las lámparas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aphalo P., Martínez E.N. y Añón M. C. (2015). Amaranth Sprouts: A Potential Health Promoting and Nutritive Natural Food. *International Journal of Food Properties*. 18, 2688-2698.
- Bermúdez-Aguirre D. y Barbosa-Cánovas G.V. (2013). Disinfection of selected vegetables under nonthermal treatments: Chlorine, acid citric, ultraviolet light and ozone. *Food Control*. 29, 82-90.
- Chang-hong L., Lu-yun C, Xian-ying L, Xiao-xu H y Tie-jin Y. (2012). Effect of Postharvest UV-C Irradiation on Phenolic Compound Content and Antioxidant Activity of Tomato Fruit During Storage. *Journal of Integrative Agriculture* 11(1): 159-165
- Chun H.H., Kim J.Y. y Song K.B. (2010). Inactivation on foodborne pathogens in ready-to-eat salad using UV-C irradiation. *Food Science Biotechnology*. 19 (2), 547-551.
- Imaizumi T., Yamauchi M., Sekiya M., Shimonishi Y., y Tanak F. (2018). Responses of phytonutrients and tissue condition in persimmon and cucumber to postharvest UV-C irradiation Tepppei. *Postharvest Biology and Technology Journal*. 145, 33-40.
- Jeon M.J. y Ja J.W. (2020). Inactivating foodborne pathogens in apple juice by combined treatment with fumaric acid and ultraviolet-A lighth, and mechanisms of their synergistic bactericidal action. *Food Microbiology*. 87, 103387.
- Li H., Deng Z., Liu R., Zhu H., Draves J., Marcone M., Sun Y., y Tsao R. (2015). Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidants activities of the seed, leaf, sprout, flower, and stalk extracts of three *Amaranthus* species. *Journal of Food Composition and Analysis*. 37, 75-81.

- Marianova D., Rivarova F., y Atannasova M. (2005). Total phenolics and total flavonoids in bulgarian fruits and vegetables. *J. V. Chemistry Technology* 40, 255-260.
- Mohle-Boetani J.C., Farrar J., Bradley P., Barak J.D., Miller M., Mandrell R., Mead P., Keene W.E., Cummings K., Abbott S., y Werner S. B. (2009). Salmonella infections associated with mung bean sprouts: epidemiological and environmental investigations. *Epidemiological Infection* (2009). 137, 357–366.
- Moreira-Rodríguez, M., Nair, V., Benavides, J., Cisneros-Zevallos, L., y Jacobo-Velázquez, D. A. (2017). UVA, UVB light, and methyl jasmonate, alone or combined, redirect the biosynthesis of glucosinolates, phenolics, carotenoids, and chlorophylls in broccoli sprouts, *International Journal Molecular Science*. 18(11): 1–20.
- Nascimento A.C., Mota C., Coelho I., Gueifão S., Santos M., Matos A. S., Gimenez A., Lobo M., Samman N. y Castanheira I. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*. 148, 420-426.
- Ngnitcho P.F.K., Khan I., Tango C. N., Hussain M.S. y Oh D. H. (2017). Inactivation of bacterial pathogens on lettuce, sprouts, and spinach using hurdle technology. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 43, 68-76.
- Ozuna C., Cerón-García, Sosa-Morales M.E., Gómez-Salazar J.A., León-Galván M.F. y Abraham-Juárez M.R. (2018). Electrically induced changes in amaranth seed enzymatic activity and their effect on bioactive compounds content after germination. *Journal Food Science Technology*. 55 (2): 648–657.
- Pajak P., Socha R., Gałkowska D., Rożnowski J., y Fortuna T. (2014). Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. *Food Chemistry*. 143, 300-306
- Pasko P., Gdula-Argasinska J., Podporska-Carroll J., Quilty B., Wietecha-Posluszny R., Tyszka-Czochara M. y Zagrodzki P. (2015). Influence of selenium supplementation on fatty acids profile and biological activity of four edible amaranth sprouts as new kind of functional food. *Journal Food Science Technology*. 52(8), 4724–4736.
- Perales-Sánchez J. X. K., Reyes-Moreno C., Gómez-Favela M.A., Milán-Carrillo J., Cuevas-Rodríguez E.O., Valdez-Ortiz A., y Gutiérrez-Dorado R. (2014). Increasing the Antioxidant Activity, Total Phenolic and Flavonoid Contents by Optimizing the Germination Conditions of Amaranth Seeds. *Plant Foods Human Nutrition*. 69,196–202.
- Roselló-Soto E., Poojary M. M., Barba F. J., Koubaad M., Lorenzo J. M., Mañes J., y Moltó J. C. (2018). Thermal y non-thermal preservation techniques of tiger nuts' beverage “horchata de chufa”. Implications for food safety, nutritional and quality properties. *Food Research International*. 105, 945-951.
- Slinkard K., y Singleton V.L. (1977). Total phenol analysis automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Viticult* 28:49-55.
- Wang, H., Gui, M., Tian, X., Xin, X., Wang, T., y Li, J. (2017). Effects of UVB on vitamin C, phenolics, flavonoids and their related enzyme activities in mung bean sprouts (*Vigna radiata*), *International Journal Food Science Technology*. 52 (3): 827–833
- Zhang C., Lub Z., Lic Y., Shang Y., Zhang G. y Cao W. (2011). Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* on mung bean seeds and sprouts by slightly acidic electrolyzed water. *Food Control*. 22, 792-796.