

Tratamientos con microondas en semillas de girasol y chile pasilla contra *Aspergillus flavus*

Microwave treatment on sunflower seeds and *pasilla* peppers against *Aspergillus flavus*

Fernández-Villanueva Isaac¹, Flores-Sánchez Mitzi Guadalupe¹, Sosa-Morales, María Elena¹

¹ Departamento de Ambiental, Departamento de Alimentos, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, México.
mg.floressanchez@ugto.mx, i.fernandezvillanueva@ugto.mx, msosa@ugto.mx

Resumen

Los mohos del género *Aspergillus* contaminan cultivos de cereales, leguminosas y oleaginosas, tanto en el campo como durante su almacenamiento cuando las condiciones ambientales lo permiten, lo cual provoca pérdidas y riesgo de micotoxinas. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tratamientos con microondas en semillas de girasol y chile pasilla contra *Aspergillus flavus*, así como en propiedades fisicoquímicas importantes. Los tratamientos con microondas se aplicaron hasta alcanzar la temperatura objetivo de 60°C, seguido de un enfriamiento con corriente de aire. Se obtuvo una efectividad del 100% en el caso del chile pasilla al disminuir la población de *A. flavus* en 4 ciclos logarítmicos, mientras que en el caso de la semilla de girasol se obtuvo la disminución de 1 ciclo logarítmico. El tratamiento con microondas no afectó el contenido de humedad de chile pasilla, y tampoco tuvo efecto en la humedad, la actividad de agua y el color de semillas de girasol ($p>0.05$).

Palabras clave: Semillas de girasol, chile pasilla, calentamiento con microondas, *Aspergillus flavus*.

Abstract

Molds of the genus *Aspergillus* contaminate cereal, legume, and oilseed crops, both in the field and during storage when environmental conditions permit, causing losses and risk of mycotoxins. The present study aimed to evaluate the effect of microwave treatments on sunflower seeds and *pasilla* peppers against *Aspergillus flavus*. Microwave treatments were applied until the target temperature of 60°C was reached, followed by cooling with air. Effectivity of 100% was reached reducing the *A. flavus* population by 4 log cycles. Meanwhile, in sunflower seeds, population was reduced by 1 log cycle. Microwave treatment did not affect the moisture content of *pasilla* pepper, and had no effect on the moisture content, water activity and color of sunflower seeds ($p>0.05$).

Keywords: Sunflower seeds, *pasilla* pepper, microwave heating, *Aspergillus flavus*.

Introducción

La pérdida postcosecha representa una problemática en la actualidad para la seguridad alimentaria a nivel global, el 25% de las cosechas agrícolas pueden verse afectadas por la presencia de micotoxinas, impactando la disponibilidad de los productos y a la salud humana (WHO, 2023). Los mohos *Aspergillus* crecen en suelo, cereales y vegetación en degradación, *A. flavus* y *A. parasiticus* son productores de micotoxinas peligrosas debido a que pueden contaminar a diversos cultivos. Los más vulnerables a estas especies son cereales, oleaginosas, especias, nueces y chiles (WHO, 2023).

Los tratamientos de calentamiento con microondas han sido utilizados e investigados como alternativas no químicas para controlar plagas postcosecha en productos secos tales como cereales y legumbres (Yadav et al., 2014). Las microondas interactúan sobre las moléculas de agua que se encuentran presentes en los alimentos; la energía de las microondas es absorbida principalmente por el agua de la muestra sometida, lo que provoca que las moléculas de agua vibren y agiten rápidamente. Esta vibración genera fricción interna, convirtiendo la energía electromagnética en calor, lo que aumenta la temperatura del alimento de manera

eficiente y rápida, este proceso provoca la muerte de microorganismos: el calor elevado que se alcanza rápidamente es letal para bacterias, virus y otros microorganismos, logrando su inactivación o destrucción (Feng et al., 2002).

Las semillas de girasol pertenecen a la familia de las *Asteráceas* y a la especie *Helianthus annuus* L. se encuentran en el centro de la flor, con una cubierta oscura y rayas blancas. Esta semilla es originaria de América, en México, se cultiva junto con maíz, frijol y calabaza dentro del sistema de milpa. Además, son una fuente rica en minerales esenciales como manganeso, calcio, cobre, fósforo y selenio, contribuyen a la salud ósea y otras funciones vitales del organismo. Contienen ácido linoleico, una grasa saludable que favorece la salud cardiovascular a diferencia de las grasas menos beneficiosas presentes en carnes y frituras. Además, su alto contenido de fibra las convierte en una botana nutritiva y completa (Espinoza, 2018).

El chile pasilla, también conocido como chile negro, es un tipo de chile obtenido al deshidratar al chile chilaca; la palabra “pasilla” viene del aspecto arrugado que presenta, siendo parecido al de una pasa. El chile pasilla es una variedad de la especie *Capsicum annum* L., es menos picante que otros chiles, aunque tiene un toque picante suave y agradable, su nivel de pungencia está entre 1,000 y 2,500 en escala Scoville, este tipo de chile destaca más por su sabor de notas terrosas ligeramente afrutadas con toque ahumado que por su picor (Tko, 2024). Este chile es un fruto de cuerpo largo y ondulado cuya terminación puede ser puntiaguda o chata (NMX-FF-107/1-SCFI-2006).

El presente proyecto tiene como objetivo analizar la efectividad del tratamiento térmico con microondas en semilla de girasol y chile pasilla para la inactivación del moho *Aspergillus flavus* y el cambio en las propiedades fisicoquímicas de las muestras analizadas antes y después de ser sometidas al tratamiento diseñado.

Metodología

Análisis físicoquímico

Se adquirió chile pasilla y semilla de girasol en la central de Abastos de Irapuato, Gto. Las pruebas fisicoquímicas (contenido de humedad, color y actividad de agua) fueron determinadas antes y después de los tratamientos.

El contenido de humedad se determinó siguiendo la NOM-116-SSA1-1994 introduciendo 1 g de muestra por duplicado al horno durante 24 h a 105°C en cajas a peso constante, transcurrido el tiempo se pesó la muestra seca.

El color se midió por triplicado con un colorímetro (Color Flex EZ, CFE204483 HunterLab, USA) utilizando la escala CIELab para evaluar el color de las muestras de chile pasilla y semilla de girasol.

La actividad de aw se determinó introduciendo 0.25 g de muestra en un higrómetro eléctrico (Aqua Lab, CX2, Decagon Devices, WA, USA), previamente calibrado con carbón activado.

Inoculación del moho *Aspergillus flavus*

El moho *A. flavus* se sembró en medio sólido (agar papa dextrosa) y se dejó incubar durante 5 días en incubadora a temperatura ambiente de 25°C. Se hizo un lavado de esporas con agua estéril y se inocularon 10 g de semilla de girasol y 2 g chile pasilla. Las muestras fueron previamente limpiadas con algodón y alcohol. Las muestras fueron incubadas durante 3 días en incubadora a una temperatura de 25 °C para asegurar el crecimiento y fijación del moho.

Tratamiento con microondas y enfriamiento

Se pesaron 490 g de semilla de girasol + 10g de semilla de girasol inoculada y 98 g de chile pasilla + 2g de chile pasilla inoculado. Las muestras inoculadas se envolvieron en gasa estéril para su identificación y recuperación después del tratamiento.

El tratamiento térmico se llevó a cabo usando un horno de microondas doméstico (LG, Modelo MS-0745VS, México), y su potencia de salida se determinó usando el método IEC 60705 (George, 2008) utilizando una potencia de 392 W para la semilla de girasol y 520 W para el chile pasilla. Se trabajó con 500 g de semilla de

girasol y 100 g de chile; inicialmente se midió la temperatura en cinco áreas diferentes de la muestra. Posteriormente, se sometieron al tratamiento de microondas durante 40 s en el caso del chile pasilla y 120 s para la semilla de girasol, generando movimiento cada 20 s para homogenizar la muestra, hasta alcanzar la temperatura objetivo de 60°C. Seguido del calentamiento se aplicó un enfriamiento, distribuyendo la muestra en un recipiente con orificios y recibiendo aire forzado utilizando un ventilador eléctrico colocado a 1 m de distancia durante 270 s para la semilla de girasol y 120 s para el chile pasilla. Los perfiles de temperatura se muestran en las figuras 1 y 2. Los tratamientos se realizaron por duplicado.

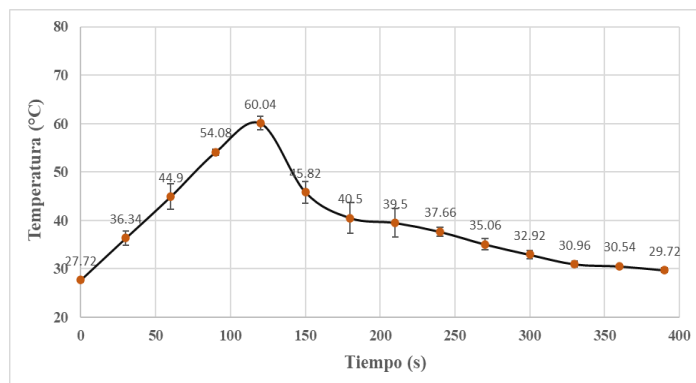


Figura 1. Curva de Calentamiento - Enfriamiento en tratamiento de semillas de girasol con 50% de potencia (392 W, respectivamente) con MW.

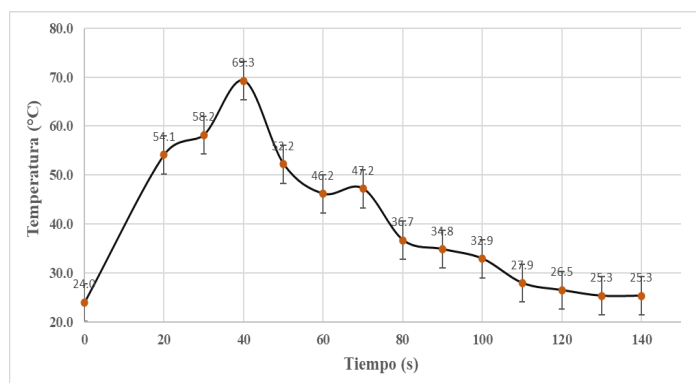


Figura 2. Curva de Calentamiento - Enfriamiento en tratamiento de chile pasilla con 100% de potencia (874 W, respectivamente) con MW.

Recuento microbiano

En tubos previamente esterilizados con 9 mL de agua, se colocaron 1 g de cada una de las siguientes muestras: muestra control, muestra identificada como Lote 1 y muestra identificada como Lote 2. Los tres tubos se agitaron y, utilizando una micropipeta, se extrajeron 1000 µL de cada uno para transferirlos a nuevos tubos, obteniendo así la dilución 1×10^{-1} . Posteriormente, se repitió el procedimiento: se tomaron 1000 µL de los tubos con dilución 1×10^{-1} y se transfirieron a otros tubos, logrando la dilución 1×10^{-2} .

Al terminar la siembra, las muestras se dejaron secar en el área aséptica y después se llevaron a incubar durante 5 días a temperatura de 25°C, manteniendo las cajas con la base hacia arriba.

Se realizó un conteo de las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de acuerdo con la NOM-210-SSA1-2014, para las muestras testigo y las muestras tratadas.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), aplicando una prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% por medio del programa Statgraphics, considerando que no hay diferencias significativas en los tratamientos si el valor de ($p > 0.05$), mientras que si el valor ($p < 0.05$) indica que sí existen diferencias significativas en los tratamientos, esto para evaluar los efectos del tratamiento de calentamiento y enfriamiento en las propiedades fisicoquímicas de las semillas de girasol y del chile pasilla seco antes y después de aplicar el calentamiento por microondas.

Resultados y discusión

Análisis de propiedades fisicoquímicas

De acuerdo a la Tabla 1, la actividad de agua presenta un descenso significativo después del tratamiento con microondas en chile pasilla ($p < 0.05$). En cuanto al contenido de humedad, no hubo cambio al compararlo entre los lotes tratados y el control ($p > 0.05$), debido principalmente a la variación entre muestras. Este fenómeno ha sido documentado en estudios previos: Feng et al. (2002) explican que, durante el secado por microondas, la movilidad del agua dentro de los tejidos vegetales puede variar, provocando redistribuciones internas que alteran las mediciones del contenido de humedad total. Esta redistribución puede ocasionar un aumento aparente en dicho contenido, sin representar necesariamente una variación real de la humedad presente en la muestra. Conforme a la Norma Mexicana NMX-FF-107/1-SCFI-2006, el contenido máximo permitido de humedad para chile pasilla es de 13.5%. Tanto la muestra control como la tratada cumplen con este valor.

Tabla 1. Análisis de las propiedades Fisicoquímicas del Chile Pasilla antes y después del tratamiento con microondas.

Tratamiento	a_w	Contenido de humedad (% b.h.)	Color CIELab		
			L	a	b
Control	0.548 \pm 0.00a	11.54 \pm 0.52 a	14.99 \pm 0.86 a	1.33 \pm 0.06 a	1.19 \pm 0.21 a
Tratamiento con MW Lote #1	0.535 \pm 0.00bc	12.21 \pm 1.07 a	19.24 \pm 1.69 b	4.27 \pm 1.88 b	5.90 \pm 3.30 b
Tratamiento con MW Lote #2	0.525 \pm 0.01c	13.30 \pm 3.54 a	20.23 \pm 1.57 b	4.80 \pm 1.26 b	5.23 \pm 1.41b

**Letras iguales indican que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

El color del chile pasilla fue afectado por el tratamiento con microondas ($p < 0.05$). Existe un incremento en la luminosidad (L) presentando una apariencia más clara, en el parámetro a (rojo-verde) refleja una intensificación del tono rojizo, y el parámetro b (amarillo - azul) hay mayor tonalidad amarilla.

Tabla 2. Análisis de las propiedades Fisicoquímicas de la Semilla de Girasol con cáscara antes y después del tratamiento con microondas.

Tratamiento	a_w	Contenido de humedad (% b.h.)	Color CIELab		
			L	a	b
Control	0.616 \pm 0.00a	7.94 \pm 0.52 a	36.33 \pm 1.98 a	3.04 \pm 0.06 a	9.57 \pm 0.49 a
Tratamiento con MW Lote #1	0.616 \pm 0.01b	7.54 \pm 1.45 a	33.30 \pm 1.15 a	2.69 \pm 1.88 b	8.17 \pm 0.60 b

**Letras iguales indican que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Para la semilla de girasol, la actividad de agua no fue afectada por el tratamiento con microondas manteniendo el mismo valor (0.616), al igual que el contenido de humedad ($p > 0.05$), con valores de 7.5 a 7.9%. El color de la cáscara de semilla de girasol demuestra cambios significativos después del tratamiento con microondas ($p < 0.05$).

Inactivación microbiológica

En chile pasilla se contabilizaron en promedio 4×10^4 UFC en la muestra inoculada, sin tratamiento (Figura 3) y nulo crecimiento en la muestra inoculada que recibió tratamiento con microondas (Figura 4), por lo cual, se logró reducir 4 ciclos logarítmicos tras el tratamiento con microondas bajo las condiciones indicadas.

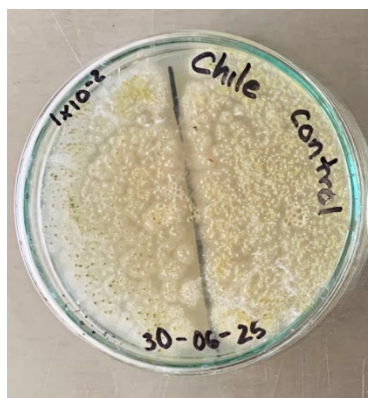


Figura 3. Muestra de chile pasilla inoculado con *Aspergillus flavus*, sin tratamiento.

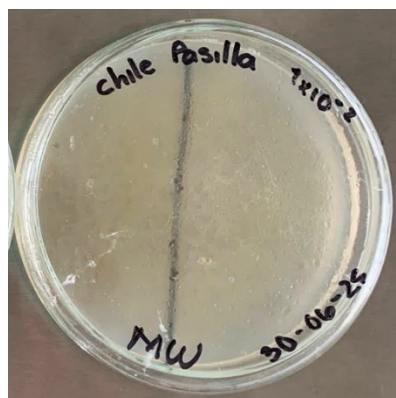


Figura 4. Muestra de chile pasilla inoculada con *Aspergillus flavus* después del tratamiento con microondas.

En semilla de girasol se contabilizaron un promedio de 5×10^3 UFC en la muestra inoculada (Figura 5) y 4.2×10^2 UFC en la muestra inoculada y que recibió tratamiento con microondas (Figura 6), por lo que se logró reducir solamente 1 ciclo logarítmico tras el tratamiento con microondas aplicado.



Figura 5. Muestra de semilla de girasol inoculada con *Aspergillus flavus*, sin tratamiento.

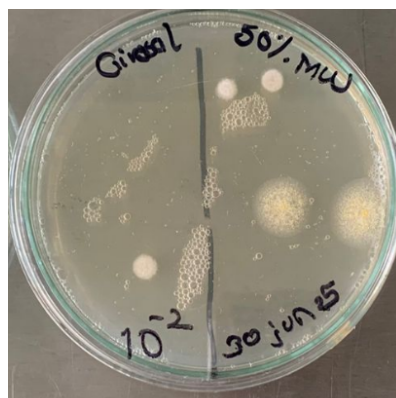


Figura 6. Muestra de semilla de girasol inoculada con *Aspergillus flavus* después del tratamiento con microondas.

Conclusiones

El tratamiento con microondas a 520 W en chile pasilla inoculado con *Aspergillus flavus* resultó efectivo para reducción en 4 ciclos logarítmicos la población del moho, el tratamiento no afectó el contenido de humedad, el cual cumple con la Norma NMX-FF-107/1-SCFI-2006. En el caso de la semilla de girasol con cáscara, el tratamiento con microondas a 392 W logró una reducción de 1 ciclo logarítmico en la población de *A. flavus*, y no se hubo cambios significativos en su actividad de agua y contenido de humedad, el cual cumple con la Norma Mexicana NOM-247-SSA1-2008; sin embargo, se observó una disminución del parámetro b (cromaticidad en el eje amarillo-azul) de color en la escala CIELAB. El tratamiento con microondas propuesto resultó efectivo para chile pasilla, y se requerirá mayor tiempo o temperatura para el tratamiento de semillas de girasol con la intención de reducir más la población de este moho.

Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto CBF-2023-2024-1220 por el apoyo otorgado para la adquisición de materiales, al Dr. Jorge Welti Chanes del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey por la donación de la cepa de *A. flavus* y a la DAIP-UG (Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado de la Universidad de Guanajuato) por el apoyo para los estudiantes I. Fernández-Villanueva y M.G. Flores-Sánchez.

Bibliografía/Referencias

- Blandino, M., Mancini, M. C., Peila, A., Rolle, L., Vanara, F., & Reyneri, A. (2010). Determination of maize kernel hardness: comparison of different laboratory tests to predict dry-milling performance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(11), 1870-1878.
- Espinosa, F. (2018). Elpoderdelconsumidor.org. <https://elpoderdelconsumidor.org/2018/01/poder-la-semilla-girasol/>
- Feng, H., Tang, J., & Cavalieri, R. P. (2002). Dielectric properties of dehydrated apples as affected by moisture and temperature. *Transactions of the ASAE*, 45(1), 129-135. <https://doi.org/10.13031/2013.7855>
- George, M. (2008). Factors affecting power and uniformity of heating un microwave ovens. IMPI 42 Symposium June 25-27, 2008th Microwave Technology and Food Safety.
- Soto-Reyes, N., Rojas-Laguna, R., & Sosa-Morales, M. (2012). Modelación del calentamiento dieléctrico (microondas y radiofrecuencia) en sistemas alimenticios modelo. *Temas selectos de ingeniería alimentos*, 6(2), 19-31.
- NOM-111-SSA1-1994. (1994). Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Norma Oficial Mexicana. Gobierno de México.
- NOM-116-SSA1-1994. (1994). Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa. Norma Oficial Mexicana. Gobierno de México.
- NMX-FF-107/1-SCFI-2006 PRODUCTOS ALIMENTICIOS – CHILES SECOS ENTEROS (GUAJILLO, ANCHO, MULATO, DE ÁRBOL, PUYA Y PASILLA) – PARTE 1 – ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA
- Tko, A. (2024). Tkotacos.com. Recuperado el 24 de mayo de 2025, <https://tkotacos.com/blog/chile-pasilla-que-es-picante-sabor-recetas/>
- World Health Organization. (2023, 2 de octubre). *Mycotoxinas*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>
- Yadav, D. N., Anand, T., Sharma, M., & Gupta, R. K. (2014). Microwave technology for disinfestation of cereals and pulses: An overview. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 3568-3576.