UNIVERSIDAD DE SONORA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO EN ALIMENTOS

Programa de Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos

Efecto Del Ultrasonido De Alta Intensidad En La Elaboración De Nanoemulsiones De Proteína Estromal Del Manto De Calamar-Aceite Esencial De Canela, Evaluación De Su Capacidad Antioxidante.

TESIS

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS

Presenta

Juan Pablo García Encinas

Hermosillo, Sonora, México 26 de Junio del 2026

RESUMEN

El estrés oxidativo constituye una problemática mundial relevante tanto en la industria alimentaria como en el ámbito de la salud, debido a su relación con la degradación de nutrientes, el deterioro de la calidad sensorial de los alimentos y el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas. Este fenómeno se origina por un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno y los mecanismos antioxidantes, lo que provoca daño oxidativo en lípidos, proteínas y otras biomoléculas. Ante esta situación, la búsqueda de antioxidantes naturales y de sistemas de vehiculización eficientes ha cobrado especial interés, particularmente como alternativa a los conservadores sintéticos.

Por este motivo, las proteínas de origen marino y los aceites esenciales representan una fuente prometedora de compuestos bioactivos. La proteína estromal del manto de calamar gigante (*Dosidicus gigas*), rica principalmente en colágeno, presenta propiedades funcionales, mientras que el aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) destaca por su contenido de compuestos fenólicos con reconocida actividad antioxidante. La incorporación de estos componentes en forma de nanoemulsión permite mejorar su estabilidad fisicoquímica, aumentar el área interfacial y favorecer la liberación controlada de compuestos bioactivos.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto del ultrasonido de alta intensidad en la elaboración de nanoemulsiones de proteína estromal del manto de calamar–aceite esencial de canela, así como caracterizarlas fisicoquímicamente y evaluar la capacidad antioxidante. Para ello, se aisló proteína estromal del manto de calamar y se elaboraron emulsiones con una concentración proteica de 1 mg/mL y una relación agua/aceite de 20:1 (v/v). Las emulsiones fueron sometidas a ultrasonido de alta intensidad bajo un diseño factorial completamente al azar 4×3, considerando tiempos de sonicación de 0, 3, 5 y 10 minutos y amplitudes de 40, 70 y 100 %, obteniéndose un total de 10 tratamientos.

La caracterización fisicoquímica incluyó la determinación de la capacidad de retención de aceite, tamaño de partícula, potencial zeta, índice de polidispersidad y propiedades reológicas. Asimismo, se evaluó la capacidad antioxidante mediante los ensayos DPPH, ABTS y FRAP, además del efecto protector frente a la hemólisis inducida por radicales libres en eritrocitos. Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Los resultados mostraron que la aplicación de ultrasonido de alta intensidad incrementó significativamente la capacidad de retención de aceite de las nanoemulsiones en comparación con el control, observándose un efecto dependiente del tiempo y la amplitud de sonicación. Asimismo, se evidenció una reducción en el tamaño de partícula, alcanzando valores característicos de nanoemulsiones, así como una distribución de tamaño relativamente homogénea y una carga superficial negativa moderada, indicativa de estabilidad coloidal. En conjunto, los parámetros fisicoquímicos demostraron que condiciones intermedias de ultrasonido favorecieron la formación de sistemas más estables.

En cuanto a la actividad antioxidante, las nanoemulsiones tratadas con ultrasonido presentaron una mayor capacidad para neutralizar radicales libres y un efecto protector significativo frente a la hemólisis inducida, lo que se atribuye tanto a la presencia del aceite esencial de canela como a las modificaciones estructurales inducidas en la proteína estromal por el ultrasonido. Estos resultados confirman que el ultrasonido de alta intensidad es una herramienta efectiva para mejorar las propiedades funcionales de sistemas emulsionados basados en proteínas marinas.

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que el ultrasonido de alta intensidad favoreció la obtención de nanoemulsiones de proteína estromal del manto de calamar–aceite esencial de canela con mayor estabilidad fisicoquímica y capacidad antioxidante, lo que resalta su potencial aplicación en el desarrollo de ingredientes funcionales de origen natural para la industria alimentaria.