

## **EFEECTO DEL ULTRASONIDO Y CAMPO MAGNÉTICO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO, QUÍMICAS Y REOLÓGICAS EN UNA SALCHICHA DE ATÚN (*KATSUWONUS PELAMIS*)**

*Lorenzo Fuentes-Berrio<sup>1\*</sup>, Manuel Roca-Argüelles<sup>2</sup>, José L. Rodríguez-Sánchez<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia.*

<sup>2</sup>*Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana, Cuba.*

*E-mail: lfuentesb@unicartagena.edu.co*

*Recibido: 26-03-2020 / Revisado: 13-04-2020 / Aceptado: 24-04-2020 / Publicado: 05-05-2020*

### **RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos del tratamiento con ultrasonido (37 kHz/ W/cm<sup>2</sup>/26 °C) y campo magnético (4,5 mT/26 °C) sobre la textura, la composición química y reológica de una salchicha de atún. Para su elaboración se empleó como materias primas fundamentales: carne de atún, carne magra de cerdo y aceite de oliva virgen. Se realizó un diseño unifactorial, con tres niveles de tiempo de exposición: 3, 4 y 5 min al ultrasonido, campo magnético y tres repeticiones por nivel. Los resultados mostraron que el tratamiento con ultrasonido influyó en los parámetros de dureza y elasticidad, presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), comparadas con la muestra control sometida solo a tratamiento térmico. La aplicación de ultrasonidos y campos magnéticos afectó la textura de la salchicha de atún, los valores de humedad (57,57 %), pH (5,52) y los valores de dureza (36,31).

**Palabras clave:** atún, textura, sensorial, ultrasonido, campo magnético.

### **ABSTRACT**

**Effect of ultrasound and magnetic field on physical, chemical and rheological characteristics in a tuna sauce (*Katsuwonus pelamis*)**

The objective of this research was to evaluate the effects of treatment with ultrasound (37 kHz/ W/cm<sup>2</sup>/26 °C) and magnetic field (4.5 mT/26 °C), on the texture, chemical and rheological composition of a tuna sausage. The main raw materials used in the production of the sausage were tuna, lean pork and virgin olive oil. A unifactorial design was made, with three levels of exposure time: 3, 4 and 5 min to ultrasound, magnetic field and 3 repetitions per level. The results showed that the ultrasound treatment influenced the parameters of hardness and elasticity, presenting significant differences ( $p \leq 0,05$ ), compared to the control sample submitted only to heat treatment. The application of ultrasound and magnetic fields affected the texture in the tuna sausage, the moisture values (57.57%), pH (5.52) and hardness values (36.31).

**Keywords:** Tuna, texture, sensory, ultrasound, magnetic field.

### **INTRODUCCIÓN**

La conservación de los alimentos ha sido el objetivo primordial de la industria procesadora de alimentos, puesto que garantiza la seguridad y la calidad de estos (1). La aplicación en la última década del pasado siglo de las tecnologías no térmicas que se utilizan para inactivar microorganismos se ha desarrollado en respuesta al interés de ser utilizado en productos frescos. Este tipo de tecnologías emergentes no térmicas, como el ultrasonido

---

**\*Lorenzo Fuentes-Berrio:** Ingeniero de Alimentos, docente de la Universidad de Cartagena, magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos (Universidad de Pamplona; Colombia), doctorando en Ciencias de los Alimentos (IFAL, Universidad de La Habana). Su campo de acción es tecnologías no térmicas en conservación de alimentos, desarrollos de nuevos productos. Investigador Junior del Departamento de Ciencia y Tecnología, COLCIENCIAS y Par Académico del Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

(US), campo magnético (CM), la alta presión hidrostática (HHP) y el campo eléctrico pulsante (PEF) tienen la capacidad de inactivar microorganismos a temperaturas cercanas a la del medio ambiente evitando la degradación de los componentes en los alimentos, y por lo tanto la preservación de la calidad sensorial y nutricional de los productos alimenticios (2). Especialmente en los últimos años, algunos investigadores han examinado el potencial del US por sí mismo en combinación con otros métodos para aplicaciones que van desde la mejora de los indicadores de calidad con la modificación de las propiedades funcionales de las proteínas, la mejora de la vida útil, la reducción del cloruro de sodio y el aumento del rendimiento. Por lo tanto, se puede destacar que el US puede constituir un objeto de interés para la industria de la carne; sin embargo, hay muy poca información disponible sobre los efectos del US en las características de la calidad de carnes y estabilidad de la emulsión (3). El tratamiento con CM es una de las alternativas que se propone para el tratamiento de alimentos, especialmente en procesamiento y conservación de alimentos, la eliminación de los microorganismos patógenos que se presentan en los mismos (4). De la mayoría de los métodos de conservación no térmicos, el campo magnético puede aplicarse en la variación de diversas propiedades físicas como la densidad, viscosidad, textura y capacidad emulsificante en los procesos cárnicos (5). El atún es bien conocido como una fuente saludable de proteínas dietéticas ricas en aminoácidos esenciales, grasas, vitaminas y ácidos grasos insaturados que están asociados con la reducción de contraer trastornos neuronales y enfermedades cardiovasculares (6). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del ultrasonido y campo magnético sobre las características físico, químicas y reológicas en una salchicha de atún (*Katsuwonus pelamis*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El atún (*Katsuwonus pelamis*) fue suministrado por la empresa Atunec S.A. (Colombia). La carne magra de cerdo, el aceite de oliva virgen, la harina, los condimentos y las fundas artificiales empleados en la elaboración de la salchicha fueron adquiridos en la ciudad de Cartagena, Colombia.

A las salchichas elaboradas se les aplicó un proceso de cocción (escaldado) escalonado hasta que el producto alcanzó 72 °C en el centro térmico. Posteriormente se

le realizaron los análisis físicos y químicos y la evaluación sensorial, correspondiente a cada variante seleccionada.

La determinación de los diferentes parámetros se realizó por triplicado según métodos oficiales de la Asociación Oficial de Química Analítica, humedad (7); el nitrógeno total se midió usando el método Kjeldahl, grasa, nitrito de sodio, pH y análisis de perfil de textura (8).

El diseño experimental consistió en la aplicación de los tratamientos campo magnético (4,5 mT) y ultrasonido (37 kHz) a temperatura ambiente (20 a 25 °C), sobre la emulsión cárnica de atún (*Katsuwonus pelamis*) con aceite de oliva, para observar la respuesta de nuestro objeto de estudio, sobre las características fisicoquímicas (pH, proteína, humedad, cloruro, reológicas, sensorial sabor, olor, textura y color). Por lo tanto, se presenta un diseño unifactorial, con tres niveles de tiempo de exposición y 3 repeticiones por nivel.

Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa Statistica ver. 8, por análisis de varianza para determinar las diferencias significativas  $\alpha = 0,05$  entre las medias de las muestras tratadas y control, complementándose con la prueba de rangos múltiples de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza y la comparación de medias a través de la prueba de Duncan, para las variables analizadas de las propiedades fisicoquímicas de una salchicha de carne de atún, carne magra de cerdo y aceite de oliva, están acordes al rango establecido por la norma técnica (9).

En cuanto a la humedad con el tratamiento empleando US, se observa una disminución gradual con respecto a la muestra control, este comportamiento se explica a través de microevaporación del agua causada por el fenómeno de cavitación (10).

La aplicación del tratamiento del ultrasonido sobre el pH puede ser el resultado del efecto de las altas presiones y temperaturas de la cavitación, permitiendo la generación de radicales libres (hidrogeniones), cambios en la estructura helicoidal de la proteína y descomposición del agua, con lo que se aumenta la concentración de iones hidronio y por ende, el pH disminuye (10). Con

relación al empleo de CM, pudo deberse a cambios en la estructura de la proteína por hidrólisis, liberándose péptidos y aminoácidos que contienen cadenas laterales y grupos aminos neutralizando los iones hidronios, lo que disminuye la carga positiva (11).

La Tabla 1 muestra el efecto del ultrasonido en las características de dureza, fracturabilidad y elasticidad del perfil de textura de la salchicha de carne de atún, carne magra de cerdo y aceite de oliva.

En la aplicación del tratamiento US se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), en las características de dureza y fracturabilidad a los tiempos de US de 3 min (100 ppm), 5 min (60 ppm) con respecto a la muestra control respectiva. En las características de elasticidad no existieron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con los tratamientos empleados.

**Tabla 1. Efecto del ultrasonido sobre el análisis de perfil de textura en la salchicha**

Nitrito (mg/kg)	US (min)	Dureza (N)	Fracturabilidad (N)	Elasticidad
125	0	38,01 <sup>a</sup>	38,82 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>
125	3	37,92 <sup>a</sup>	38,33 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>
125	5	37,32 <sup>a</sup>	39,73 <sup>a</sup>	0,53 <sup>a</sup>
100	0	37,68 <sup>a</sup>	38,65 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>
100	3	37,92 <sup>a</sup>	39,11 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>
100	5	36,31 <sup>b</sup>	37,42 <sup>b</sup>	0,66 <sup>a</sup>
60	0	37,22 <sup>a</sup>	38,61 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>
60	3	37,95 <sup>a</sup>	40,08 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>
360	5	36,67 <sup>b</sup>	37,23 <sup>b</sup>	0,39 <sup>a</sup>

Letras diferentes en columna difieren significativamente ( $p \leq 0,05$ ). US: ultrasonido.

Este efecto del US es debido a que técnicamente el mismo puede actuar de dos maneras en el tejido de la carne: por romper la integridad de las células musculares y promoviendo reacciones enzimáticas (12), mientras que algunos autores (13) afirmaron que la exposición prolongada a las ondas ultrasónicas de alta intensidad provoca un ablandamiento significativo de la carne y los productos cárnicos.

La Tabla 2 muestra el tratamiento con campo magnético y su efecto en las características de dureza, fracturabilidad y elasticidad del perfil de textura de la salchicha de carne de atún, carne magra de cerdo y aceite de oliva. Los resultados muestran el análisis de varianza y la comparación de medias a través de la prueba de rangos múltiples de Duncan, para el análisis de perfil de textura, en la aplicación del tratamiento CM se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), en la característica de dureza en tiempos de CM 3 min (60 mg/kg), 5 min (60 mg/kg) y la fracturabilidad en los tiempos de CM 5 min (100 mg/kg), 3 min (60 mg/kg), 5 min (60 mg/kg) con respecto a la muestra control. Mien-

tras que, en la característica de elasticidad no existieron diferencias significativas con la aplicación del tratamiento. Otros autores (14) afirmaron que una prolongada exposición de ultrasonidos de potencia causa un ablandamiento de la carne, otros no han podido confirmar este efecto (15). La textura de la carne depende de su capacidad de retención de agua, la cual es afectada por el calentamiento. Los tratamientos térmicos y con ultrasonidos pueden afectar las propiedades texturales de la carne e incrementar su capacidad de retención de agua después de un proceso de descongelación, sin afectar el pH de la matriz alimentaria (16). La aplicación de un tratamiento con ultrasonidos de potencia causa ablandamiento de los productos cárnicos (17).

## CONCLUSIONES

A mayor tiempo de tratamiento con ultrasonido (5 min y 60 mg/kg) y menor contenido de nitrito adicionado, existe efecto significativo en la reducción del contenido de

humedad en la fórmula estudiada, afectando el pH; sin embargo, este mismo efecto resulta contrario en las propiedades de textura, a mayor tiempo de tratamiento y menor cantidad de nitritos adicionados menor dureza y fracturabilidad. No existe efecto significativo de la aplicación de CM en las características sensoriales del producto estudiado. Mientras que en el perfil de textura el mayor tiempo de tratamiento y la menor cantidad de nitritos añadidos disminuyen la dureza y fracturabilidad.

**Tabla 2. Efecto del campo magnético sobre el análisis de perfil de textura en la salchicha**

Nitrito (mg/kg)	CM (min)	Dureza (N)	Fracturabilidad (N)	Elasticidad
125	0	37,95 <sup>a</sup>	39,29 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>
125	3	38,25 <sup>a</sup>	39,42 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>
125	5	37,17 <sup>a</sup>	39,280 <sup>a</sup>	0,53 <sup>a</sup>
100	0	37,68 <sup>a</sup>	39,35 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>
100	3	37,92 <sup>a</sup>	39,42 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>
100	5	36,01 <sup>b</sup>	37,90 <sup>b</sup>	0,66 <sup>a</sup>
60	0	37,69 <sup>a</sup>	39,38 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>
60	3	36,59 <sup>b</sup>	37,39 <sup>b</sup>	0,62 <sup>a</sup>
60	5	35,67 <sup>c</sup>	36,00 <sup>b</sup>	0,39 <sup>a</sup>

Letras diferentes en columna difieren significativamente ( $p \leq 0,05$ ). CM: campo magnético.

## REFERENCIAS

1. Barbosa-Canovas GV, Albaali AG, Juliano P, Knoerzer K. Introduction to innovative food processing technologies: Background, advantages, issues and need for multiphysics modeling. Innovative food processing technologies: Advances in multiphysics simulation. Chicago: Wiley Online Library; 2011. pp. 3-21.
2. Pereira R, Vicente A. Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. Food Res Int 2010; 43:1936-43.
3. Condón S, Mañas P, Cebrián G. Manothermosonication for microbial inactivation. En: Ultrasound technologies for food and bioprocessing. New York: Springer; 2011. pp. 287-319.
4. Barbosa-Cánovas G, Bermúdez-Aguirre D. Procesamiento no térmico de alimentos. Sci Agrop 2010; 1(1):81-93.
5. Pothakamury UR, Barbosa-Canovas GV, Swanson BG. Magnetic-Field inactivation of microorganisms and generation of biological changes. J Food Technol 1993; 47:85-93.
6. Bouffleur LA, Dos Santos CEI, Debastiani R, Yoneama ML, Amaral L, Dias JF. Elemental characterization of Brazilian canned tuna fish using particle induced X-ray emission (PIXE). J Food Comp Anal 2013; 30:19-25.
7. AOAC. Official Methods of Analysis, 12a ed. Washington, D.C: Association of Official Analytical Chemists; 2008.
8. Jambrak A, Mason T, Lelas V, Hecceg Z, Hecceg L. Effect of ultrasound treatment of solubility and foaming properties of whey protein suspension. J Food Eng 2009; 86:281-87.
9. NTC 1325. Norma Técnica Colombiana. Composición de productos cárnicos. Colombia; 2004.
10. Alarcon-Rojo AD, Janacua H, Rodriguez JC, Paniwnyk L, Mason TJ. Power ultrasound in meat processing. Meat Sci 2015; 107:86-93.
11. Pothakamury UR, Barbosa-Canovas GV, Swanson BG. Magnetic-field inactivation of microorganisms and generation of biological changes. J Food Technol 1993; 47:85-93.
12. Liboff A, Williams T, Strong D, Wistair R. Time varying magnetic fields: Effect on DNA synthesis. Science 1984; 223:796-818.

13. Dransfield C. Optimization of tenderization, ageing and tenderness. *Meat Sci* 1994; 36(1-2):105-21.
14. Jayasooriya SD, Bhandari BR, Torley P, D'Arey BR. Effect of high-power ultrasound waves on properties of meat: A review. *Int J Food Prop* 2004; 7:301-319.
15. Lyng JG, Allen P, McKenna BM. The influence of high intensity ultrasound baths on aspects of beef tenderness. *J Muscle Foods* 1997; 8:237-49.
16. Dolatowski Z, Stasiak D, Latoch A. Effect of ultrasound processing of meat before freezing on its texture after thawing. *Electron J Pol Agric Univ* 2000; 3(2):2-12.
17. Dolatowski ZJ, Stadnik J. Effect of sonication on technological properties of beef. *Biosystems Diversity* 2007; 15:220-34.