

Efecto del Ultrasonido y la reducción de NaCl sobre los Parámetros de Calidad de Emulsiones Cárnicas

Andrea Galván-Navarro, Julián A. Gómez-Salazar, María E. Sosa-Morales

Departamento de Alimentos División de Ciencias de la vida, Universidad de Guanajuato Campus Irapuato-Salamanca.
julian.gomez@ugto.mx

RESUMEN

En la última década, se han estudiado diversas estrategias para la reducción de sal en productos cárnicos y evaluar el efecto que tienen en sus propiedades físicas, químicas y sensoriales, así como su rendimiento, vida útil y calidad final. Dentro de estas estrategias, se encuentran el uso de tecnologías como los ultrasonidos de potencia. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de los ultrasonidos de potencia sobre los parámetros de calidad en emulsiones cárnicas reducidas en sal, con diferentes niveles de NaCl (1, 1.5, 2 y 2.5 %) las cuales fueron sonicadas en un baño ultrasónico (40 kHz, 200 W y una intensidad calculada de 9.55 W/cm²) a diferentes tiempos (0, 15 y 45 min). Posterior a los tratamientos, se evaluó el potencial óxido-reducción, la estabilidad de la emulsión y actividad de agua (a_w) para cada una de las formulaciones. Los resultados obtenidos arrojaron que la aplicación de ultrasonido puede atenuar los efectos de la reducción de NaCl, siendo el tratamiento con 1 % NaCl en combinación con la aplicación de ultrasonido a 15 y 45 minutos el más apegado a la formulación estándar (2.5 % NaCl), reduciendo un 60 % el contenido de sal. Demostrando que el ultrasonido puede ayudar a alcanzar niveles de reducción de sal más elevados sin comprometer las propiedades tecnológicas de los productos cárnicos.

Palabras clave: ultrasonido, contenido de sal, emulsión cárnica.

ABSTRACT

In the last decade, different strategies for salt reduction in meat products have been studied to evaluate the effect on their physical, chemical, and sensory properties as well as their yield, shelf life and final quality. Among these strategies are the use of technologies such as power ultrasound. The aim of this research was to evaluate the effect of ultrasound on the quality parameters of reduced sodium meat emulsions, made with different levels of NaCl (1, 1.5, 2 and 2.5 %) which were sonicated in an ultrasonic bath (40 kHz, 200 W & calculated intensity of 9.55 W/cm²) at different times (0, 15 and 45 min). After the treatments, oxidation-reduction potential, emulsion stability and water activity (a_w) were evaluated for each of the formulations. The results showed that the formulation with 1 % NaCl combined with the effect of ultrasound at 15 and 45 min had similar results compared to the standard formulation (2.5 % NaCl), achieving a 60 % reduction in salt content. Supporting ultrasound as a technology that can accomplish higher salt reduction without compromising the technological properties of meat products.

Keywords: ultrasound, salt content, meat emulsion.

Área: Cárnicos

INTRODUCCIÓN

Los productos cárnicos han tenido un crecimiento en su consumo en los últimos años, ya que son una fuente alta de proteína de costo accesible, variada y práctica (Inguglia *et al.*, 2018). Sin embargo, contribuyen con alrededor del 16.3 % en el consumo de sal (NaCl) en la dieta a nivel mundial, y se ha comprobado que el consumo excesivo de sal está relacionado con diversas condiciones de salud como el cáncer, hipertensión y complicaciones con enfermedades cardiovasculares (Petit *et al.*, 2019). Por ello, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido como objetivo reducir la ingesta de sodio en un 30 % para 2025, siendo esta una de las medidas más efectivas y asequibles para mejorar la salud e incrementar la calidad de vida de la población mundial. Cerca de 2.5 millones de muertes al año podrían ser prevenidas si la ingesta global de sal se reduce al nivel recomendado (OMS, 2020).

En las últimas décadas, se han estudiado diversas estrategias para la reducción de sal en productos cárnicos y evaluar el efecto que tiene en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del producto, así como su rendimiento, vida útil y calidad final. Dentro de estas estrategias, se encuentran las tecnologías emergentes, de las cuales el ultrasonido es una de ellas (Petit *et al.*, 2019). El ultrasonido se ha implementado como método para la reducción de NaCl en diversos productos cárnicos con éxito, representando una alternativa sustentable y asequible para resolver esta problemática debido a los fenómenos de transferencia de masa que se suscitan (Pintón *et al.*, 2021). De entre los cuales destacan la cavitación y el efecto esponja, derivados de las variaciones de presión y temperatura en el medio (Zhang & Abatzoglou, 2020). No obstante, varios autores han concluido que su aplicación sobre el alimento tiene efectos en los parámetros de calidad del producto final dependiendo de las condiciones experimentales. Asimismo, la problemática de la disminución de la sal recae en su importancia tecnológica y el impacto en los parámetros calidad de los productos cárnicos en general (Zhang & Abatzoglou, 2020). Uno de ellos es la estabilidad de la emulsión que se define como la capacidad del sistema de resistir cambios en sus propiedades fisicoquímicas en el tiempo y es considerada la propiedad más importante de una emulsión cárnica (Leães *et al.*, 2020).

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de los ultrasonido de potencia sobre los parámetros de calidad en emulsiones cárnicas reducidas en sal. Los resultados obtenidos arrojaron que el tratamiento con 1% NaCl y aplicación de ultrasonido (US) a 15 y 45 minutos es el más apegado a la formulación estándar. Demostrando que el ultrasonido es una tecnología que puede ayudar a alcanzar niveles de reducción de sal más elevados sin comprometer las propiedades tecnológicas de manera significativa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de emulsiones cárnicas

Para la elaboración de las emulsiones cárnicas, se siguió la metodología de Cichoski *et al.* (2019) con las siguientes proporciones: pierna de puerco molida (77.5 %), grasa molida de puerco (15 %), hielo (5 %) y diferentes concentraciones de sal de mesa (2.5, 2, 1.5 y 1 %).

Aplicación de ultrasonidos de potencia (US)

Se utilizó un baño ultrasonido (VelaQuin, Mod. 8892, 200 W, 40 kHz, 6 L de capacidad), con 4 L de agua purificada manteniéndose a 10 ± 1 °C con la adición de hielo durante 0, 15 y 45 minutos para todas las concentraciones de NaCl (Tabla I). Posteriormente, se almacenaron a 4°C hasta su análisis.

Tabla I. Diseño experimental de las emulsiones cárnicas con reducción de NaCl y aplicación de ultrasonido (US).

Tratamientos	NaCl (%)	Reducción NaCl (%)	US (min)
C2.5			0
2.5 US ₁₅	2.5	Estándar*	15
2.5 US ₄₅			45
C2			0
2 US ₁₅	2	20	15
2 US ₄₅			45
C1.5			0
1.5 US ₁₅	1.5	40	15
1.5 US ₄₅			45
C1			0
1 US ₁₅	1	60	15
1 US ₄₅			45

*De Oliveira Paula et al (2019).

Determinación del potencial óxido-reducción (ORP)

El ORP de las emulsiones se determinó en un potenciómetro (HI 2550 pH/ORP & EC/TDS/NaCl) realizando un extracto de carne (1:2) con agua destilada. La medición de cada tratamiento se realizó por triplicado.

Estabilidad de la emulsión y actividad de agua (a_w)

La estabilidad de la emulsión se determinó de acuerdo a la metodología descrita por Cichoski *et al.* (2019). La liberación de grasa y agua se calculó de acuerdo a la Ec. (2) y (3). La a_w se determinó utilizando un higrómetro eléctrico (Decagon Devices, Mod. Aqualab Series 3, Estados Unidos), calibrado con agua destilada a 21.6°C (a_w= 0.914). Todas las mediciones de las muestras se realizaron por triplicado.

$$(\%) \text{ grasa liberada} = \frac{\text{peso de la grasa liberada}}{\text{peso total}} \cdot 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

$$(\%) \text{ agua liberada} = \frac{\text{peso del agua liberada}}{\text{peso total}} \cdot 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La intensidad acústica calculada para la aplicación del baño ultrasónico fue de 9.55 W/cm², con una frecuencia de 40 kHz. De acuerdo con Alarcón-Rojo *et al.* (2019), la mayoría de los estudios realizados para este fin, se centran en ultrasonidos de alta potencia (HIU) y en los efectos que tiene sobre las propiedades de los productos cárnicos. Mientras que la frecuencia utilizada no varía, la intensidad (2.39-109.7 W/cm²) y los tiempos (1-120 min) sí, lo que hace que los resultados obtenidos tengan variaciones importantes, además de que los parámetros del HIU están relacionados con la difusión de la sal siendo una tecnología que ayuda a obtener niveles de reducción de NaCl más altos en los productos cárnicos (Gómez-Salazar *et al.*, 2020).

El efecto de la reducción de sal y la aplicación de distintos tiempos de ultrasonido para cada tratamiento mostrados en la Tabla II demostraron ser significativos para el agua liberada, siendo C2.5 y C1.5 (40 % reducción NaCl), mientras que el resto de los tratamientos no tuvo diferencias significativas entre ambos grupos. Sin embargo, a partir de 1% NaCl se observa una reducción de agua liberada de los tratamientos sonicados. Por lo que se podría asumir que la aplicación de ultrasonido coadyuva a una mejor estabilidad de la emulsión conforme se reduce la concentración de sal.

Tabla II. Efecto de la reducción de NaCl y aplicación de ultrasonidos sobre de la estabilidad de la emulsión (agua y grasa liberada) y actividad de agua (a_w) de los tratamientos. Superíndices diferentes en cada columna indican diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$).

Tratamiento	Agua liberada (%)	Grasa liberada (%)	a_w
C2.5	3.01 ± 3.24 ^b	0.38 ± 0.43 ^a	0.85 ± 0.03 ^c
2.5 US₁₅	5.69 ± 4.77 ^{ab}	0.56 ± 0.42 ^a	0.89 ± 0.01 ^c
2.5 US₄₅	6.16 ± 2.00 ^{ab}	0.59 ± 0.19 ^a	0.91 ± 0.05 ^b
C2	5.40 ± 3.00 ^{ab}	0.67 ± 0.48 ^a	0.89 ± 0.01 ^a
2 US₁₅	11.15 ± 2.98 ^{ab}	3.43 ± 2.22 ^a	0.90 ± 0.02 ^a
2 US₄₅	10.48 ± 2.01 ^{ab}	1.72 ± 1.21 ^a	0.88 ± 0.03 ^a
C1.5	12.38 ± 1.74 ^a	2.35 ± 1.32 ^a	0.90 ± 0.00 ^d
1.5 US₁₅	11.17 ± 5.76 ^{ab}	3.25 ± 2.60 ^a	0.89 ± 0.00 ^{cd}
1.5 US₄₅	10.54 ± 1.60 ^{ab}	2.24 ± 1.20 ^a	0.89 ± 0.00 ^c
C1	9.58 ± 0.68 ^{ab}	1.67 ± 1.26 ^a	0.92 ± 0.03 ^f
1 US₁₅	9.22 ± 1.59 ^{ab}	1.59 ± 0.99 ^a	0.90 ± 0.01 ^e
1 US₄₅	8.42 ± 1.07 ^{ab}	1.51 ± 1.05 ^a	0.90 ± 0.01 ^e

En cuanto a la grasa liberada, C2.5 tuvo los valores más bajos, debido a que tiene una mayor estabilidad de emulsión al ser la formulación estándar, sin embargo estas diferencias no son significativas con el resto de los tratamientos.

Leães *et al.* (2020) tuvieron resultados similares con la aplicación de baño de US (25 kHz, 175 W; 10 y 20 min) sobre la reducción de NaCl (2.5, 2.25, 2, 1.75, 1.50 y 1.25 %), con 20 min lograron reducir la exudación de agua y grasa para 1.75 % NaCl. Atribuyendo al fenómeno de cavitación una mejor distribución y homogenización de la sal dentro de la emulsión. Para el efecto de la reducción aislado de NaCl, Rodrigues *et al.* (2019) obtuvieron resultados similares a concentraciones de 1, 1.25, 1.50, 1.75 y 2 % NaCl, siendo 1.75 % NaCl la concentración límite para no alterar las propiedades tecnológicas de la emulsión. La sal interfiere en la solubilización de las proteínas (miosina), las cuales están relacionadas con las propiedades emulsionantes de las mismas cuando se reduce su concentración (De Oliveira Paula *et al.*, 2019).

La a_w tuvo diferencias significativas con respecto a la formulación estándar (C2.5) y las diferentes concentraciones de NaCl y aplicación de ultrasonido (US). Para las concentraciones de 1.5 % y 1 %, el ultrasonido redujo significativamente la a_w en comparación con los tratamientos no sonificados a la misma concentración, en ambos tiempos, demostrando que el US puede coadyuvar por la difusión de la sal y una mejor fijación del ion cloruro en los filamentos de las proteínas (Leães *et al.*, 2020).

El potencial óxido-reducción (ORP) de las emulsiones se vio alterado por la reducción de NaCl y la aplicación de US de manera significativa, teniendo mayores niveles de ORP en 2 % NaCl sin importar el tiempo de US. Para la concentración de 1 % NaCl (C1), los valores de los tratamientos sonificados incrementaron con respecto al control, pero siendo significativamente menores que los de 2.5 % NaCl (C2.5), demostrando el efecto pro-oxidante de la sal; a mayor concentración, mayor oxidación. Y siendo este una variable de mayor peso para la oxidación que la aplicación de ultrasonido.

Amaral *et al.* (2018), por su parte, concuerdan que el NaCl incrementa los niveles de oxidación lipídica en concentraciones que van hasta 2 %, mientras que por encima de 3 % se observa un efecto pro-oxidante bajo o nulo. Este efecto pro-oxidante no se ha comprendido por completo, algunas de las teorías explican que mediante ósmosis, el NaCl penetra la membrana celular activando la catálisis y teniendo acceso a otros sustratos. Por otro lado, es bien sabido que uno de los efectos del US es la formación de radicales libres, que llevan a la oxidación lipídica (Domínguez *et al.*, 2019; Zhang & Abatzoglou, 2020).

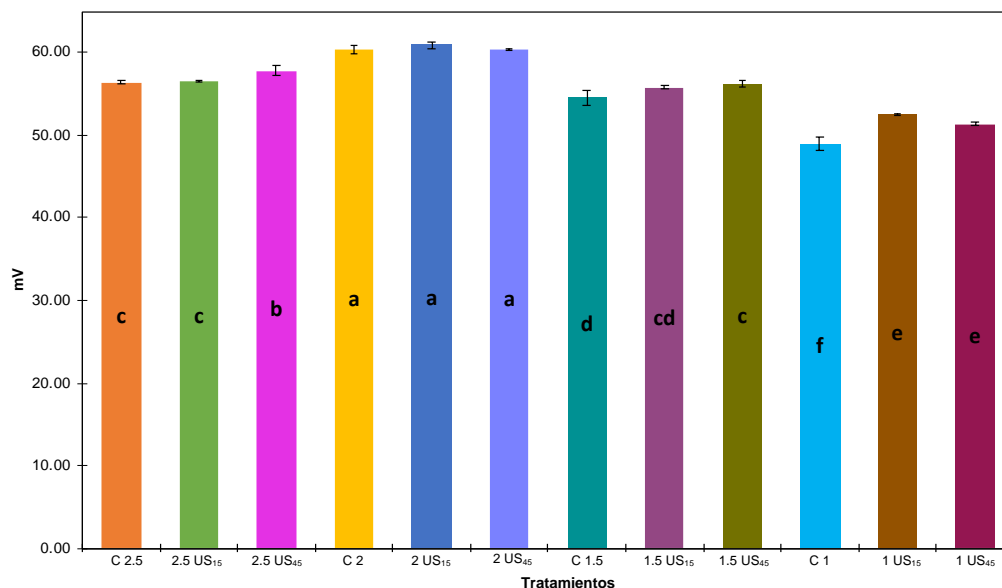


Figura 1. Efecto de la reducción de sal y aplicación de ultrasonidos sobre el ORP (mV) de las emulsiones a distintos días de almacenamiento. Letras diferentes muestran grupos homogéneos establecidos a partir de los intervalos de Tukey ($p < 0.05$).

Para Leães *et al.* (2020), los valores de ORP son mayores ya que sus determinaciones se realizaron en muestras cocidas, siendo más susceptible a la oxidación que la carne cruda, debido a que las altas temperaturas de cocción llevan a la liberación de oxígeno, proteínas hemo y hierro conduciendo a la formación de radicales libres (Amaral *et al.*, 2018). El comportamiento de los valores ORP fue mayor en concentraciones sin sonicación, reduciendo significativamente en aquellos tratados con US para todos los tratamientos, siendo 20 minutos el tiempo de sonicación más efectivo.

El efecto combinado del US con la reducción de NaCl garantiza la viabilidad de productos cárnicos más saludables. Estudios para homogeneizar los parámetros del ultrasonido (tiempo, frecuencia, amplitud, intensidad, potencia y geometría) para cada tipo de producto son necesarios para tener mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón-Rojo, D., Carrillo-López, L.M., Reyes-Villagrana, R., Huerta-Jiménez, M. & García-Galicia, I.A. 2019. Ultrasound and meat quality, a review. *Ultrason Sonochem*, 55:369-382.
- Amaral, A. B., Silva, M. V. da, & Lannes, S. C. da S. 2018. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review. *Food Sci Tech*, 38(Suppl. 1): 1-15.
- Cichoski, A.J., Silva, M., Leães, Y.S., Brasil, C.C., de Menezes C., Barin, J.S., Wagner, R. & Campagnol, P.C.B. 2019. Ultrasound: A promising technology to improve the technological quality of meat emulsions. *Meat Science*, 148: 150-155
- De Oliveira Paula, M. M., de Barros Silva Haddad, G., Rodrigues, L. M., Júnior, A. A. B., de Lemos Souza Ramos, A. & Ramos, E. M. 2019. Effects of PSE meat and salt concentration on the technological and sensory characteristics of restructured cooked hams. *Meat Sci*, 52: 961-03.
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F.J., Zhang, W. & Lorenzo, J.M. 2019. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8: 429.

- Gómez-Salazar, J. A., Galván-Navarro, A., Lorenzo, J. M. & Sosa-Morales, M. E. 2020. Ultrasound effect on salt reduction in meat products: a review. *Curr Opin Food Sci*, 2021, 38:71–78.
- Gómez-Salazar, J.A., Ochoa-Montes, D.A., Cerón-García, A., Ozuna, C. & Sosa-Morales, M.E. 2018. Effect of acid marination assisted by power ultrasound on the quality of rabbit meat. *J Food Qual*, 1–6.
- Kameník, J., Saláková, A., Vyskočilová, V., Pechová, A. & Haruštiaková, D. 2017. Salt, sodium chloride or sodium? Content and relationship with chemical, instrumental and sensory attributes in cooked meat products. *Meat Sci*, 131: 196-202.
- Leães, Y.S.V., Pinton, M.B., Rosa, C.T.A., Robalo, S.S., Wagner, R., de Menezes, C.R., Barin JS, Campagnol, P.C.B. & Cichoski, A.J. 2020. Ultrasound and basic electrolyzed water: a green approach to reduce the technological defects caused by NaCl reduction in meat emulsions. *Ultrason Sonochem*, 61:104830.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) 2020. Salt reduction. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction> (Acceso el 23 de junio, 2020).
- Petit, G., Jury, V., de Lamballerie, M., Durantou, F. & Martin, J.L. 2019. Salt Intake from Processed Meat Products: Benefits, Risks and Evolving Practices. *Compr Rev Food Sci Food Saf* (en prensa). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12478>.
- Pintón, M., dos Santos, B., Lorenzo, J.M., Cichoski, A.J., Boeira, C. & Campagnol, P.C.B. 2021. Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: an overview. *Curr Opin Food Sci*, 40,1-5.
- Rodrigues, I., Gonçalves, L.A., Carvalho, F.A.L., Pires, M., Rocha, Y.J.P, Barros, J.C., Carvalho L.T. & Trindade, M.A. 2019. Understanding salt reduction in fat-reduced hot dog sausages: Network structure, emulsion stability and consumer acceptance. *Food Sci and Tech Int* 0(0) 1–9.
- Zhang Y. & Abatzoglou N. 2020. Review: Fundamentals, applications and potentials of ultrasound assisted drying. *Chem Eng Res Des*, 154: 21-56.