

Modificación estructural y fisicoquímica de *Longissimus dorsi* Bovino por efecto de ultrasonido

L.M. Carrillo-López^{1,2}, M. Huerta-Jiménez^{1,2}, A.D. Alarcón-Rojo², I.A. García-Galicia².

1 Catedrático, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. **2** Tecnología de Alimentos de Origen Animal, Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. lmcarrillo@uach.mx

RESUMEN: Se realizó un estudio multifactorial para evaluar el efecto de tres intensidades ultrasónicas (16, 28 y 90 W*cm⁻²), dos tiempos de ultrasonificación (20 y 40 min) y dos periodos de almacenamiento (0 y 7 días) sobre las propiedades fisicoquímicas y la microestructura de *longissimus dorsi* bovino. Los resultados mostraron que el ultrasonido (US) no modifica la luminosidad (P=0.4262), la tendencia al rojo (a*, P=0.4564) ni la tendencia al amarillo (b*, 0.9415), sin embargo el tono (hue) se incrementó significativamente durante el almacenamiento (P=0.042) en muestras tratadas con US, observando una degradación importante del color rojo en muestras tratadas con 16 W*cm⁻². El pH y el esfuerzo de corte disminuyeron durante el almacenamiento a 4 °C (P=0.0189). A pesar de que el US no causó ningún efecto significativo en la terneza de *longissimus dorsi* bovino, las áreas interfibrilares se incrementaron drásticamente en muestras tratadas con 16 y 90 W*cm⁻² (P<0.0001).

Palabras clave: Baño ultrasónico, espacios interfibrilares, vida de anaquel.

ABSTRACT: A multifactorial study was carried out to evaluate the effect of three ultrasonic intensities (16, 28 and 90 W * cm⁻²), two ultrasonication times (20 and 40 min) and two storage periods (0 and 7 days) on the physicochemical and microstructural properties of bovine *Longissimus dorsi*. The results showed that ultrasound (US) does not modify luminosity (P = 0.4262), red intensity (a *, P = 0.4564) and the yellow intensity (b *, P = 0.9415) of the meat, however the tone (hue) of US treated samples increased significantly during storage (P = 0.042), showing a significant degradation of the red color in samples treated with 16 W * cm⁻². The pH and the shear force of meat decreased during storage at 4 °C (P = 0.0189). Although US did not cause any significant effect on the tenderness of bovine *longissimus dorsi*, the interfibrillary areas increased drastically in samples treated with 16 and 90 W * cm⁻² (P <0.0001).

Keywords: ultrasonic bath, interfibrillar areas, shelf live.

Área: Cárnicos

INTRODUCCIÓN

Muchos estudios han demostrado que el ultrasonido de baja frecuencia y alta intensidad modifica las propiedades bioquímicas y funcionales de la carne y productos cárnicos, siendo las de mayor relevancia la capacidad de retención de agua y la textura del músculo, ya que son responsables del incremento en el rendimiento, jugosidad y blandura de la carne (Saleem y Ahmad, 2016). Sin embargo, son necesarios más estudios que permitan entender con mayor precisión el efecto que tienen las ondas sónicas en la estructura del músculo, ya que si bien se han obtenido resultados favorables en la disminución de la dureza, muchos investigadores no han encontrado efectos positivos, por lo que han recurrido a tecnologías acompañantes al US para obtener resultados positivos en el ablandamiento de la carne, tal es el caso del uso de papaína reportado por Barekat y Soltanizadeh (2017), cuyas proteasas exógenas tienen la capacidad de digerir los tejidos conectivos y las proteínas musculares. Además, no se han estandarizado las variables para dirigir las nuevas investigaciones de acuerdo con los resultados obtenidos, pues la diversidad de equipos de ultrasonido (tipos: baños y sondas, marcas comerciales y especificaciones) limitan el control preciso de intensidades, frecuencias, tiempos, amplitudes, temperaturas, capacidad del equipo, volumen de líquido de transmisión acústica, tamaño y tipo de músculo, tipo de empaque (material y calibre), etc. Por esto, en este estudio se ha diseñado un experimento multifactorial que incluyen tres intensidades ultrasónicas, dos tiempos de ultrasonificación

y dos tiempos de almacenamiento, y su efecto en las propiedades fisicoquímicas y estructurales de *longissimus dorsi* bovino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cuatro lomos congelados de bovino fueron cortados en rebanadas de 1 pulgada y descongelados a 20 °C durante 48 h. Se retiró hueso, grasa y tejido conectivo antes de la asignación azarosa de los tratamientos. Se estudiaron tres factores en un diseño experimental completamente al azar: intensidad ultrasónica (0, 16, 28 y 90 W*cm⁻²), tiempos de ultrasonido (20 y 40 min) y almacenamiento a 4 °C (0 y 7 días). Las muestras fueron empacadas al vacío en bolsas de polietileno antes de la aplicación del ultrasonido (US). Se utilizaron 3 baños ultrasónicos Elmasonic® con intensidades ultrasónicas de 16, 28 y 90 W*cm⁻². La temperatura se mantuvo a 4 °C. Después del tratamiento con US, las muestras fueron abiertas para realizar las evaluaciones fisicoquímicas y microestructurales (0 días de almacenamiento). Otro grupo de muestras fueron almacenadas a 4 °C durante 7 días y posteriormente fueron evaluadas. Se determinó el espacio de color utilizando un colorímetro (Konica Minolta, CR 400, USA) previa oxigenación de la mioglobina durante 30 minutos. El pH de las muestras fue medido con un electrodo de inserción acoplado a un pH-metro digital (Sentron, Modelo 1001, Netherlands), a una profundidad de 5 cm. Para el esfuerzo de corte, las muestras fueron cocinadas a 71 ± 1 °C y se obtuvieron ocho cilindros de 10 mm de diámetro para cortarlos con una cuchilla Warner Bratzler a una velocidad de 100 mm/min, registrando los picos de fuerza (en kg) con un analizador de textura TA-XT-plus (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK). Se obtuvieron tres cubos (0.5 cm³) de la superficie del músculo y fueron fijados en glutaraldehído al 2.5 % en amortiguador de fosfatos de Sorensen (pH 7.2). Posteriormente los cubos fueron deshidratados, secados a punto crítico (Samdri-780A Tousimis dryer) y recubiertos con oro-paladio para observarlos en un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM 6390 SEM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La luminosidad (L*) se incrementó significativamente después de 7 días de almacenamiento a 4 °C (P=0.0155). No se encontraron diferencias en el valor de luminosidad en *longissimus dorsi* bovino por efecto de la intensidad ultrasónica (P=0.4262) ni tiempos de ultrasonificación (P=0.6085). Las tendencias al rojo (a*) y amarillo (b*) no mostraron diferencias estadísticas por efecto de la intensidad ultrasónica (P=0.4564, P=0.9415), tiempo de ultrasonificación (P=0.8470, P=0.1717) ni tiempo de almacenamiento (P=0.9709, P=0.4932).

La interacción de intensidad ultrasónica*tiempo de almacenamiento resultó significativa (P=0.0350), mostrando un aumento significativo en el tono del músculo durante el almacenamiento en muestras ultrasonificadas a intensidades de 16 y 28 W*cm⁻². En el espacio de color CIEL*a*b* un aumento en el tono (ángulo hue) indica una pérdida del color rojo, de manera que tonos con valores mayores a 30 (intensidad de 16 W/cm²) indican tendencia al naranja (Figura 1), lo cual representa una característica de calidad no deseada al utilizar US. Estos resultados también fueron encontrados por Pohlman et al. (1997), al describir una deterioro del color rojo durante el almacenamiento de *biceps femoris* bovino.

El pH disminuyó significativamente después de 7 días de almacenamiento a 4 °C (P=0.0189). No se encontraron diferencias estadísticas en el pH

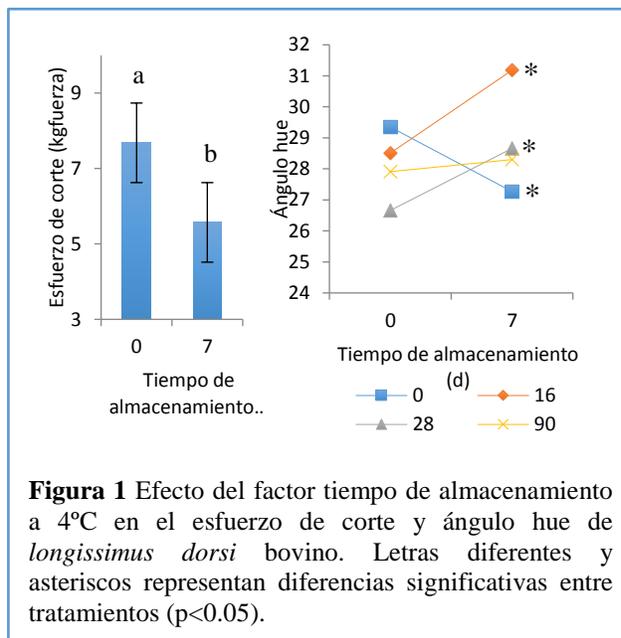


Figura 1 Efecto del factor tiempo de almacenamiento a 4°C en el esfuerzo de corte y ángulo hue de *longissimus dorsi* bovino. Letras diferentes y asteriscos representan diferencias significativas entre tratamientos (p<0.05).

del músculo por efecto de intensidad ultrasónica ($P=0.7261$) ni tiempo de ultrasonificación ($P=0.6388$).

Después de 7 días de almacenamiento a 4 °C, la dureza del músculo disminuyó significativamente ($P<0.0001$). La intensidad ultrasónica y tiempo de ultrasonificación no tuvieron ningún efecto en la suavidad del músculo ($P=0.239$). Existe mucha controversia sobre el efecto del tratamiento ultrasónico en la terneza del músculo; muchas investigaciones que han utilizado el sistema de baño ultrasónico no han encontrado ningún efecto significativo en la terneza músculo ni mejora en la proteólisis debido a calpaínas lisosomales y catepsinas. Sin embargo, otros investigadores han encontrado una disminución significativa del esfuerzo de corte, tal es el caso de Jayasooriya *et al.*, (2007) en músculo *semitendinosus* y *longissimus* tratados con intensidades de 12 $W\cdot cm^{-2}$, quienes explicaron

el efecto de blandura al calentamiento del tejido (15-30 °C) por efecto del tratamiento con US, lo que ocasionó el aumento en la actividad de proteasas en el músculo.

Si bien la ultrasonificación a intensidades de 16 causó grandes áreas en los espacios interfibrilares ($P<0.0001$), durante el almacenamiento se incrementaron dichos espacios en muestras tratadas con 16 $W\cdot cm^{-2}$ (Figura 2). A pesar de los cambios microestructurales observados en el músculo por efecto del tratamiento con US, no se mejoró la terneza en *longissimus dorsi* bovino. A este respecto, Got *et al.*, (1999) también encontró que el ultrasonido de alta intensidad (10 $W\cdot cm^{-2}$) causó cambios en la microestructura en fase pre-rigor sin conducir a una mejora en la terneza de músculo *semimembranosus* bovino.

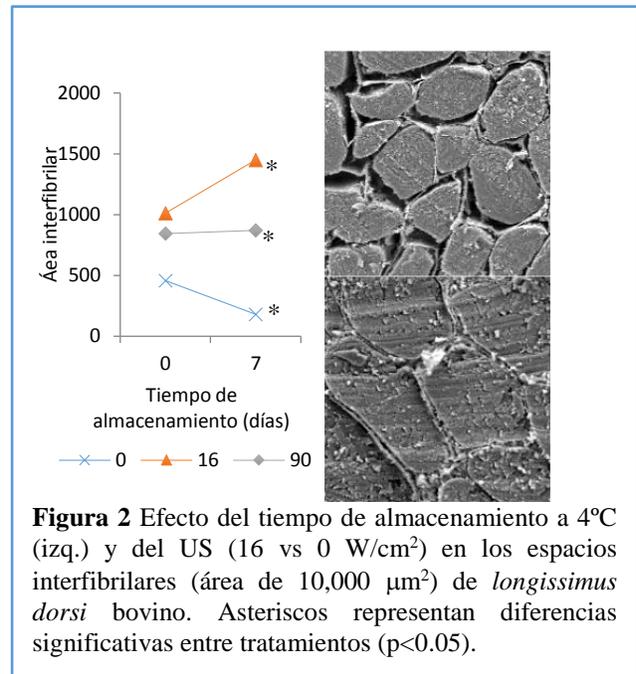


Figura 2 Efecto del tiempo de almacenamiento a 4°C (izq.) y del US (16 vs 0 $W\cdot cm^{-2}$) en los espacios interfibrilares (área de 10,000 μm^2) de *longissimus dorsi* bovino. Asteriscos representan diferencias significativas entre tratamientos ($p<0.05$).

BIBLIOGRAFÍA

- Barekat, S., & Soltanizadeh, N. 2017. Improvement of meat tenderness by simultaneous application of high-intensity ultrasonic radiation and papain treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 39, 223-229.
- Got, F., Culioli, J., Berge, P., Vignon, X., Astruc, T., Quideau, J., & Lethiec, M. 1999. Effects of high intensity high-frequency ultrasound on ageing rate, ultrastructure and some physico-chemical properties of beef. *Meat Science*, 51, 35-42.
- Jayasooriya, S., Torley, P., D'Arcy, B., & Bhrandari, B. 2007. Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine *Semitendinosus* and *Longissimus* muscles. *Meat Science*, 75, 628-639.
- Pohlman, F., Dikeman, M., & Zayas, J. 1997. The effect of low intensity ultrasound treatment on shear properties, color stability and shelf-life of vacuum- packaged beef semitendinosus and biceps femoris muscles. *Meat Science*, 45, 329-337.
- Saleem R., & Ahmad, R. 2016. Effect of ultrasonication on secondary structure and heat induced gelation of chicken myofibrils. *Journal of Food Science and Technology*, 53(8), 3340-3348.